

Milton Gonçalves da Silva Júnior
Fernando Ernesto Ucker
(Organizadores)

GESTÃO,
MONITORAMENTO E
RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS:

**DO DESENVOLVIMENTO
A SUSTENTABILIDADE**



2020

CAPÍTULO 4

INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HÍDRICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO

Mateus de Leles Lima¹³

João Carlos Medeiros¹⁴

Danilo Gomes de Oliveira¹⁵

Luis Fernando Stone¹⁶

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Beáta Emöke Madari

RESUMO

A utilização de solos do Cerrado em sistemas de integração lavoura-pecuária tem provocado alterações de sua estrutura que, por sua vez, interfere nas propriedades físico-hídricas do solo. O estudo objetivou avaliar as mudanças nos atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho de textura argila em sistemas de integração lavoura-pecuária. Os tratamentos consistiram em duas áreas de pastagem, uma com um ano e a outra com três anos de implantação do pasto. Como área de referência avaliou-se uma área de Cerrado nativo. A amostragem em cada uma das áreas seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A densidade do solo, macro, micro e porosidade total, condutividade hidráulica saturada e a curva de retenção de água do solo foram afetadas pelos diferentes tipos de uso. A área sob floresta, por não ter sofrido influência antrópica, apresentou menores valores de densidade e resistência do solo à penetração, já os valores de macroporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica foram maiores que nos sistemas estudados. O pisoteio animal, associado ao manejo do solo e tratos culturais, alterou os atributos físicos do solo, mas não em intensidade suficiente para serem classificados como degradados em função dos atributos medidos.

Palavras-chave: manejo do solo, pisoteio animal, física do solo, compactação.

INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária (ILP) por meio da sucessão entre pastagem e culturas de grãos vem se tornando uma alternativa para aumentar e diversificar a renda do produtor e melhorar a qualidade do solo, promovendo a recuperação e renovação de pastagens, permitindo o uso racional dos insumos e alterando alguns atributos físicos do solo como porosidade,

¹³ Doutorando em Agronomia, Professor do curso de Engenharia Ambiental – Centro Universitário Araguaia – UniAraguaia

¹⁴ Professor, Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas,

¹⁵ Bolsista; Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, Goiás.

¹⁶ Pesquisador; Embrapa Arroz e Feijão; Santo Antônio de Goiás, Goiás.



velocidade de infiltração de água, densidade do solo, resistência do solo à penetração, entre outros (Schiavo e Colodro, 2012).

Um dos agentes da degradação de pastagens é o pisoteio animal causado quando altas lotações de animais são utilizadas, especialmente em períodos úmidos, sendo um dos grandes entraves à obtenção de elevadas produtividades das pastagens. Em solos argilosos isto se torna particularmente importante, pois eles são os mais sensíveis a esse problema. No entanto, o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível (Cassol, 2003). Devido à compactação na superfície do solo, por conseguinte a diminuição de sua porosidade, constata-se redução na infiltração de água no solo e consequente aumento no escoamento superficial.

A qualidade da superfície do solo tem influência direta na capacidade de infiltração de água, considerando esses como fatores condicionantes dos meios porosos que se relaciona com o movimento da água no solo e encrostamento superficial (Brandão et al., 2006). A taxa de infiltração de água no solo é considerada como um dos mais importantes atributos físico-hídricos do solo, pois integra várias características do solo em um único atributo, tais como: textura do solo, densidade e principalmente, a distribuição do tamanho e continuidade dos poros.

A formação estrutural do solo refere-se ao agrupamento das partículas do solo constituindo um ambiente dinâmico, cuja alteração determinará um novo comportamento dos processos que ocorrem no solo (Ferreira, 2010; Stefanoski et al., 2013). O espaço poroso é responsável de forma direta pelos processos de trocas que ocorrem no solo, principalmente, pelas trocas gasosas e transporte de água. Quando esses fenômenos de troca são prejudicados pela desestruturação do solo, pode haver limitação no desenvolvimento das plantas (Tormena et al., 1998). A deterioração da estrutura física do solo implica em condições desfavoráveis na sua estruturação, com formação de agregados pouco estáveis, interferindo na redução da porosidade, elevando a densidade (Islam e Weil, 2000; Nunes, 2003; Carvalho et al., 2004), e consequentemente, condicionando maior resistência à penetração de raízes (Martins et al., 2002; Carvalho et al., 2004). A infiltração, retenção e disponibilização de água às plantas está agregada à qualidade física do solo, permitindo as trocas de gases com a atmosfera e raízes de plantas e permite o crescimento das raízes (Ferreira et al., 2010).



Este trabalho teve como objetivo caracterizar os processos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho no Cerrado num sistema de ILP, e comparar as alterações ocorridas pelo manejo com o solo de uma floresta preservada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO (16°29' S e 49°17' O). O clima da região é classificado como tropical de savana megatérmico (Aw), com duas estações bem definidas, uma chuvosa de outubro a abril e outra seca de maio a setembro (IBGE, 1978). A precipitação média anual dos últimos 30 anos foi de 1.500 mm (AGRITEMPO, 2019). O solo das áreas estudadas foi um Latossolo Vermelho acriférico típico de textura argila (EMBRAPA, 2013).

Foram avaliadas (tratamentos) duas áreas sob integração Lavoura-Pecuária (ILP) e uma área sob fragmento de vegetação nativa (VN), tomada como referência. As áreas sob ILP fazem parte de uma unidade de referência tecnológica, Unidades de Referência Tecnológica (URT) Santo Antônio de Goiás/GO, da Rede Integração Lavoura-Pecuária-Floresta da Embrapa (2010). Essa URT está composta de seis áreas com tamanhos entre 4,7 e 9,25 ha.

Antes da instalação do ILP, a partir de 1993, toda a área passou a ser cultivada com soja e braquiária (*Urochloa bryzantha*) de forma alternada até 1995, quando foi implantado o ILP com o estabelecimento das seis áreas e gradual introdução da rotação que permanece até o presente. A rotação atual foi consolidada entre 2000 e 2003 e a partir de 2004 todas as áreas seguem a mesma sequência de culturas: fase agricultura (2,5 anos) com soja (*Glycine max*), arroz de terras altas (*Oryza sativa*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) irrigado no inverno e milho (*Zea mays*) em consórcio com capim braquiária (*Urochloa bryzantha* cv Marandú); e fase pecuária (3,5 anos). Cada área encontra-se em uma diferente fase da rotação. Essa estrutura do experimento permite com que as diferentes fases da ILP sejam comparadas entre si diretamente e sob as mesmas condições edafoclimáticas. Desde a implementação da ILP, a semeadura direta prevaleceu na fase agricultura.

No presente trabalho, avaliaram-se as áreas 4 (P3) e 5 (P1) do ILP (Figura 1), de 7,50 e 8,12 ha, respectivamente. No ano de 2013, época das coletas de solo, as áreas avaliadas encontravam-se na fase pastagem do ILP, sendo que a P1 sob pastagem de um e a P3 sob pastagem de três anos de estabelecimento.



Utilizou-se o sistema de pastejo rotacionado. Os animais entravam e saíam das áreas quando a pastagem atingia a altura média de 70 e 30 cm, respectivamente, com lotação média de 7 unidades animal por ha.

A amostragem de solo foi realizada com cinco repetições. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se cilindros volumétricos de 100 cm³ nas profundidades de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. Nestas amostras determinou-se a densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (PT), condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) e as curvas de retenção de água (CRA).

A Ma (m³ m⁻³) foi determinada em mesa de tensão com sucção a -6 kPa. A PT (m³ m⁻³) foi determinada pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo após a secagem em estufa a 105 °C por 48 h. A Mi (m³ m⁻³) foi calculada pela diferença entre PT e a Ma (Embrapa, 1997). A densidade do solo (g m⁻³) foi calculada pela razão da massa do solo seco e o volume do cilindro, utilizado para coletar as amostras indeformadas (Blake e Hartge, 1986). A condutividade hidráulica saturada foi obtida de acordo com o método da carga decrescente (Reynolds e Elrick, 2002).

Após a realização das medidas de K_{sat} as amostras foram subdivididas em oito grupos de três repetições e submetidas aos seguintes potenciais matriciais (ψ): 0, -6, -8, -10, -33, -60, -100 e -1500 kPa para determinar a CRA conforme Freitas Júnior e Silva, (1984) e ajustadas com o auxílio do programa Soil Water Retention Curve (Dourado Neto et al., 2001), utilizando-se o modelo proposto por van Genuchten (1980).

Após o ajuste das CRA com os valores de umidade gravimétricos, utilizaram-se os parâmetros empíricos do modelo de van Genuchten (1980) para o cálculo do índice S proposto por Dexter (2004a).

A resistência do solo à penetração (RP) foi medida utilizando-se um penetrômetro de impacto, conforme descrito em Stolf et al. (2014).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. A relação entre atributos do solo foi interpretada a partir do coeficiente de correlação linear de Pearson e comparação de médias pelo teste t. Utilizou-se o procedimento GLM do pacote estatístico SAS 2.0 (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos estudados não diferiram significativamente com o aumento da profundidade, para os três tratamentos (Tabela 1). A exceção foi a Ma no solo sob VN, que diminuiu em profundidade.

O conteúdo de água do solo na camada de 0-0,10 m foi menor para o solo com VN quando comparado aos tratamentos de ILP (Tabela 1), não havendo diferenças entre os tratamentos nas demais camadas. O menor conteúdo de água no solo da VN pode ser atribuído, à maior interceptação da água da chuva, à maior drenagem profunda, favorecida pela macroporosidade (Albuquerque et al. 2001), e principalmente, à maior evapotranspiração presente na mata. Argenton (2000) observou, em um mesmo tipo de solo, em profundidades até 0,20 m umidade volumétrica de $0,26 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na floresta, onde foi menor quando comparada com os sistemas de preparo reduzido e convencional com umidades de $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Os menores valores de microporos e maiores valores de macroporos e porosidade total foram conferidos à área de VN (Tabela 1), na mesma comparação de profundidade. Estas diferenças se dão pela compactação do solo, pelo uso de máquinas e implementos, com a redução dos teores de matéria orgânica e menor estabilidade estrutural do solo (Aratani, 2008).

A Mi foi alterada com a mudança de uso do solo apenas na área superficial. Verifica-se que nessa camada da área de VN que a quantidade de microporos é menor quando comparados com as áreas de ILP (Tabela 1). Não se observou diferenças entre os valores de Mi nas camadas estudadas, com aumento em profundidade, em nenhum dos tratamentos (Tabela 1). Houve correlação negativa entre Mi e Ma (Tabela 2), atribui-se o aumento da Mi nos solos devido a ações antrópicas, está relacionado com o processo de compactação do solo, em que os macroporos são transformados em microporos.

Na Ma não se observa diferença entre as distintas fases da pastagem, entretanto, ambas tiveram redução comparando com o solo sob VN (Tabela 1). O aumento da Mi e redução da Ma indica processo de degradação da estrutura física do solo. Nesse processo, os macroporos são transformados em microporos pela compactação do solo, seja pelo pisoteio animal na fase da pastagem ou pelo tráfego de máquinas e implementos na fase de agricultura. Isto se justifica pelo fato de que os macroporos são mais sensíveis as mudanças impostas pelo manejo, fato também observado em um Latossolo Vermelho por Aratani (2008) e em um Nitossolo Vermelho por Albuquerque et al. (2001). No solo sob VN, a Ma diminuiu em profundidade, possivelmente devido ao maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo.



A redução na Ma alterou os valores da PT do solo, apresentando menores valores nos solos sob ILP quando comparado à VN. A PT não diferiu entre as três camadas estudadas, para os três tratamentos, em geral, observa-se que é maior nas camadas superficiais. Este fato pode ser relacionado com o maior conteúdo de carbono e atividade biológica existente naturalmente nesta camada. Estas diferenças mostram a estreita relação entre a intensidade de uso do solo e sua degradação física, ou seja, quanto maior intensidade de uso, maior a compactação, conforme apresentado por Beutler et al. (2001), Secco et al. (2004) e Araújo et al. (2007).

Na média das profundidades, a Ma no sistema com VN foi aproximadamente 50% superior a dos solos de P1 e P3 (Tabela 1). A Ma na primeira camada foi de $0,12 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento P1 e de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no P3, enquanto na VN ela foi de $0,27 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

A redução da PT nos solos em sistema ILP gerou aumento nos valores da Ds nas duas pastagens (Tabela 1). Valores semelhantes foram encontrados em Latossolos do Cerrado sob sistemas agropastoris por Tormena et al. (1999) e Marchão et al. (2007). O aumento excessivo da Ds provoca redução da permeabilidade e da infiltração de água e aumento da RP, ocasionando prejuízos e comprometendo a qualidade física do solo (Jakelaitis et al., 2008), sendo um dos principais atributos que influenciam a qualidade física do solo com diferentes níveis de degradação em pastagens (Pignataro Netto et al., 2009).

As alterações na Ds refletiram em aumento na RP. Analisando-se os valores de umidade no momento dos testes de RP (Tabela 1) e as CRA (Figura 3), verifica-se que, mesmo em condição de umidade do solo próximo à capacidade de campo, os valores de RP ficaram acima do valor crítico de 2 MPa, que é considerado como limite máximo para o bom desenvolvimento das culturas (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1998).

Verificou-se correlação negativa entre Ma e PT (Tabela 4), que é explicada pela compactação provocada pelo intenso tráfego de máquinas e pelo pisoteio animal que ocasionou a redução do espaço poroso (Figura 1). Camadas compactadas promovem alterações na qualidade física do solo, reduzindo as trocas gasosas e a infiltração da água no solo, circunstância que pode reduzir a produtividade das culturas (Albuquerque et al., 2001).

Maiores valores de RP foram encontrados nos solos utilizados com ILP quando comparados com os da VN (Tabela 1). Esse resultado deve-se, principalmente, ao histórico de manejo da área, onde a semeadura direta foi adotada por vários anos consecutivos, sem nenhum tipo de operação mecânica para reduzir a compactação do solo. Salire et al. (1994) afirmam que a compactação abaixo da camada arável é função da carga excessiva de maquinários e a



compactação em superfície é causada pela pressão dos pneus. Silva et al. (2005), trabalhando em uma área sob plantio direto por 15 anos, observou valores de RP variando de 2,8 a 4,4 MPa na camada de 0 - 0,60 m.

A RP apresentou correlação positiva com a Ds (Tabela 2). Segundo Cintra e Mielniczuk (1983), a redução da Ma e o aumento da Ds contribuem para maior RP, porém a capacidade de penetração das raízes nas camadas compactadas do solo pode variar com o tipo de cultura utilizada. Em geral, observa-se redução na PT e aumento da Ds nas áreas utilizadas com ILP em relação à condição de cerrado nativo, independentemente da profundidade considerada. Estudos mostram que depois de cessada a mobilização do solo com preparo convencional, inicia-se um processo de compactação do solo pelo rearranjo das partículas, acarretando no aumento da Ds e conseguinte incremento dos valores da RP (Silva et al., 2005; Spera et al., 2012; Schiavo e Colodro, 2012).

A K_{sat} no ILP foi 20 vezes menor do que na VN, atribuído à diminuição dos macroporos (Figura 2), os quais são responsáveis pela drenagem da água (Silva et al., 1986). Observa-se que, quando a Ma encontra-se em $0,06 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, a K_{sat} será nula (Figura 2). Deve-se considerar que o solo avaliado apresenta textura argilosa, já em solos de textura arenosa, essa relação pode não ser verificada, pois eles apresentam elevado volume de macroporos, mesmo quando compactados (Trein et al., 1991).

As curvas de retenção de água no solo nas três camadas estudadas, para os diferentes tratamentos, são apresentadas na Figura 3. Verifica-se que na primeira camada, principalmente para os tratamentos sob ILP, há maior quantidade de água retida pelo solo. Isto se deve, principalmente, a maior quantidade de M_i nessa camada de solo e maior compactação na camada inferior, conseqüentemente, uma menor K_{sat} (Tabela 1).

Figueiredo et al., (2009), caracterizando um Latossolo do Cerrado em diferentes tipos de manejo aponta que a baixa capacidade de retenção de água no solo sob cerrado nativo se deve à menor Ds, conferindo maior PT e Ma, influenciando positivamente a K_{sat} e a infiltração da água no perfil do solo.

Comparando as CRA observa-se que as alterações em função da mudança de uso do solo, ocorreram com maior magnitude na camada superficial do solo. Nessa camada verifica-se redução dos poros de maior diâmetro (próximo à saturação) e aumento dos menores poros, poros de retenção de água (próximo ao ponto de murcha permanente). Nas demais camadas de solo estudadas, as diferenças foram menos pronunciadas (Figura 3). Além disso, verifica-se que



nas camadas de solo mais profundas, as diferenças entre as CRA do ILP e da VN, mesmo nos pontos de maior umidade, são pouco pronunciadas (Figura 3).

Para os valores no ponto de inflexão da CRA (índice S), indicador de qualidade da estrutura do solo, proposto por Dexter (2004b), os solos estudados apresentam, em sua grande maioria, uma boa qualidade estrutural ($S > 0,035$). Entretanto, a camada superficial do solo no ILP de 1º ano foi classificada como ruim, com valores de S igual a 0,031. Além disso, verifica-se que a pastagem de 3º ano apresenta maior valor de S em relação à pastagem de 1º ano (Figura 3). Esses resultados podem ser explicados pela capacidade de recuperação da estrutura do solo na fase da pastagem, ou seja, a fase de lavoura degrada a estrutura do solo com maior intensidade do que a fase da pastagem, principalmente pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas. Já o solo sob mata apresentou classificação muito bom segundo os critérios propostos por Dexter (2004b).

CONCLUSÃO

O manejo do solo de forma intensiva no sistema de ILP provoca modificações dos atributos físicos do solo, evidenciado pelo aumento da Ds e RP e redução da Ma e PT observado nas áreas com diferentes fases da pastagem.

A maior capacidade de retenção de água em ILP observado na CRA está relacionada à compactação do solo que resultou no aumento de Mi e redução da condutividade saturada de água.

Embora o solo sob ILP, de modo geral, apresente qualidade física inferior ao solo sob vegetação natural de Cerrado, sua estrutura não é degradada a níveis considerados críticos para o desenvolvimento das culturas.

A fase pastagem dentro da rotação do ILP tem papel importante na manutenção da qualidade física do solo, o que foi evidenciado pela evolução nas propriedades físicas do solo e índice S do 1º ano da pastagem após a fase agricultura até seu 3º ano de desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

O trabalho obteve fomento do CNPq (562.601/2010-4), Embrapa (02.11.05.001) e FAPEG/CNPq-Pronex para o desenvolvimento do experimento e do convênio

CAPES/Embrapa e CAPES/CNPq na forma de bolsas de mestrado, doutorado e pós-doutorado. B.E.M. é bolsista de produtividade em PQ do CNPq (306 912/2011-2).

REFERÊNCIAS

AGRITEMPO (2019). **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Embrapa Informática Agropecuária, <http://www.agritempo.gov.br/index.php>. Acessado em 30 Acesso em: 29 Jan. 2019.

ALBUQUERQUE J.A.; SANGOI. L.; ENDER. M. Efeitos da integração lavoura pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.717-723, 2001.

ARATANI, R. G. **Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no estado de São Paulo**. 2008. 112p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

ARAÚJO R.; WENCESLAU. J. GOEDERT. W. J.; LACERDA. M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.

ARGENTON. J. **Propriedades físicas do solo em dois sistemas de cultivo com plantas de cobertura de verão intercalares à cultura do milho**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do estado de Santa Catarina, Lages.

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

BLAKE. G.R. e HARTGE. K.H. Bulk density. In: KLUTE. A. **Methods of soil analysis – physical and mineralogical methods**. 2 ed. Madison. p.363-375. 1986.

BRANDÃO. V.S.; CECILIO. R.A.; PRUSKI. F. F.; SILVA. D.D. **Infiltração da água no solo**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2006. 120p.

CARVALHO. R.; GOEDERT. W.J.; ARMANDO. M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.

CASSOL. L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CINTRA. F.L.D. e MIELNICZUK. J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.197-201, 1983.

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

DEXTER A.R. Soil physical quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma. Amsterdam**, v.120, p.227-239, 2004b.

DOURADO NETO. D.; NIELSEN. D. R.; HOPMANS. J. W.; REICHARDT. K.; BACCHI. O. O. S.; LOPES. P. P. **Programa para confecção da curva de retenção de água no solo. modelo Van Genuchten. Soil Water Retention Curve. SWRC (version 3.00 beta)**. Piracicaba: Universidade de São Paulo. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3º ed. Brasília, DF, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. **Descrição Morfológica de Perfis de Solos da Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão**. 1.ed. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA. 2010. 51p.

FERREIRA, M. M. **Caracterização física do solo**. In: LIER, Q. J. VAN (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27, 2010.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M.. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, p. 913-932, 2010.

FREITAS JÚNIOR. E.; SILVA. E.M. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água do solo. em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, p.1423-1428, 1984.

IBGE. **Climas do Brasil**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencia/default_prod.shtm. Acesso em: 12 abr. 2013.

ISLAM. K.R.; WEIL. R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.

JAKELAITIS. A.; SILVA. A. A.; SANTOS. J. B.; VIVIAN. R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata. pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.118-127, 2008.

MARCHÃO R. L.; BALBINO L. C.; SILVA E. M.; SANTOS JR. 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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.

MARTINS. S.G; SILVA. M.L.N; CURI. N; FERREIRA. M.M. Avaliação de atributos de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, v.8, p.32-41, 2002.

NUNES. L.A.P.L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no Município de Viçosa-MG**. 102p. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

REYNOLDS. W.D.; ELRICK. D.E. **Falling head soil core (tank) method**. In: DANE. J.H.; TOPP. G.C. *Methods of soil analysis*. 3rd ed. Madison: SSSA. p.809-812. 2002.

SALIRE. E.V.; HAMMEL. J.E. e HARDCASTLE. J.H. Compression of intact subsoils under short-duration loading. **Soil & Tillage Research**, v.31, p.235-248, 1994.

SECCO. D.; REINERT. D.J.; REICHERT. J.M. e DA ROS. C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.797-804, 2004.

SILVA. A.P.; KAY. B.D.; PERFECT. E. Characterization of the least limiting water range of soils. [Soil Science Society of America Journal](#), v.58, p.1775-1781, 1994.

SILVA. R. R.; SILVA. M. L. N.; FERREIRA. M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande - MG. **Ciência agrotecnologia**, v.29, p.719-730, 2005.

SPERA. S.T.; SANTOS. H.P.; FONTANELI. R.S.; GEIZON DREON. G. Efeito de sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto em alguns atributos físicos do solo. **Revista Brasileira Ciência Agrária Recife**, v.7, p.388-393, 2012.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.1301-1309, 2013.

STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L.G.; SILVA, L.C.F.;

MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto Stolf – Programa Computacional de dados em EXCEL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.774-782, 2014.

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

TREIN. C.R.; COGO. N.P. e LEVIEN. R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo. na rotação aveia + trevo/milho. após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.105-111, 1991.

van GENUCHTEN. M.T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

Tabela 1. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

Profundidade <i>cm</i>	K_{sat} <i>mm h⁻¹</i>	Ma -----	Mi <i>m³ m⁻³</i> -----	PT	Ds <i>Mg m⁻³</i>	RP <i>MPa</i>	θ <i>m³ m⁻³</i>
Vegetação Nativa							
0 - 0,10	308,14 Aa	0,27 Aa	0,28 Ba	0,55 Aa	1,00 Ba	0,58 Ba	0,29 Ba
0,10 - 0,20	114,33 Aa	0,21 Aab	0,32 Aa	0,53 Aa	1,11 Ba	0,74 Ba	0,30 Aa
0,20 - 0,40	284,68 Aa	0,18 Ab	0,33 Aa	0,52 Aa	1,15 Ba	1,04 Ba	0,30 Aa
Área de pasto no 1º ano							
0 - 0,10	16,04 Ba	0,12 Ba	0,39 Aa	0,51 ABa	1,33 Aa	2,51 Aa	0,36 Aa
0,10 - 0,20	6,36 Ba	0,12 Ba	0,37 Aa	0,49 Ba	1,35 Aa	2,83 Aa	0,34 Aa
0,20 - 0,40	7,14 Ba	0,09 Ba	0,38 Aa	0,47 ABa	1,36 Aa	2,42 Aa	0,35 Aa
Área de pasto no 3º ano							
0 - 0,10	30,06 Ba	0,10 Ba	0,37 Aa	0,47 Ba	1,38 Aa	2,67 Aa	0,35 Aa
0,10 - 0,20	5,38 Ba	0,12 Ba	0,35 Aa	0,46 Ba	1,39 Aa	3,15 Aa	0,32 Aa
0,20 - 0,40	22,41 Ba	0,11 ABa	0,34 Aa	0,45 Ba	1,36 Aa	2,98 Aa	0,31 Aa

K_{sat}: condutividade Hidráulica; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; PT: porosidade total; Ds: densidade do solo; RP: resistência à penetração; θ: umidade volumétrica. Nas colunas, médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre os tratamentos em uma mesma profundidade e as seguidas por letra minúscula não diferem entre as profundidades de um mesmo tratamento, pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Correlação de Pearson para as propriedades físicas de um Latossolo Vermelho acriférico argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

	K_{sat}	Ma	Mi	PT	Ds
Ma	0,548*				
Mi	-0,398*	-0,850*			
PT	0,519*	0,811*	-0,389*		
Ds	-0,596*	-0,909*	0,775*	-0,735*	
RP	-0,616*	-0,674*	0,447*	-0,656*	0,713*

K_{sat}:condutividade hidráulica saturada; Ds: densidade do solo; RP: resistência à penetração; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; PT: porosidade total, * significativo a 5% de probabilidade.

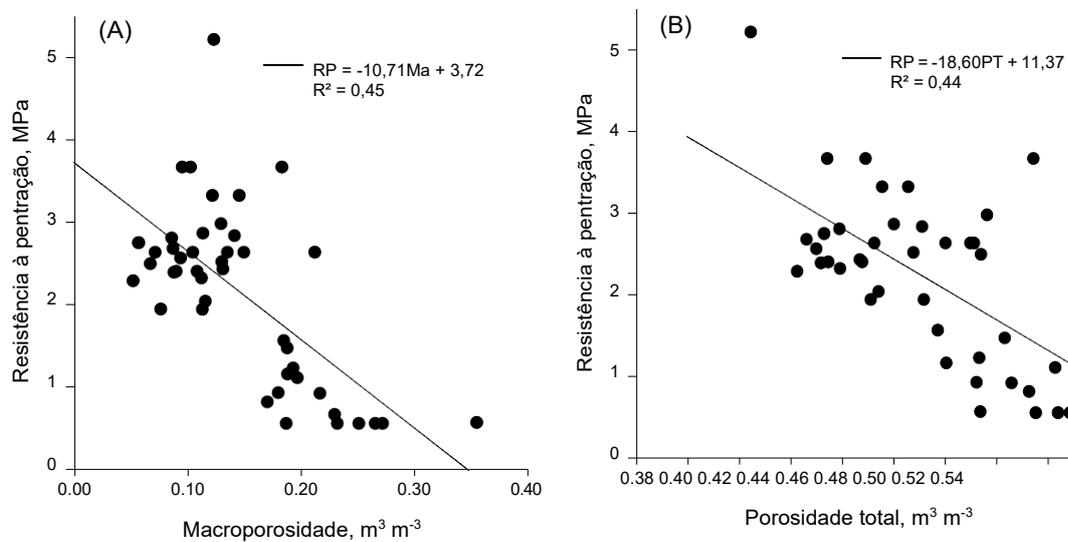


Figura 1. Relação entre resistência à penetração e macroporosidade (A) e resistência à penetração e porosidade total (B) de um Latossolo Vermelho acriférico de textura argila em sistema integração Lavoura-Pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

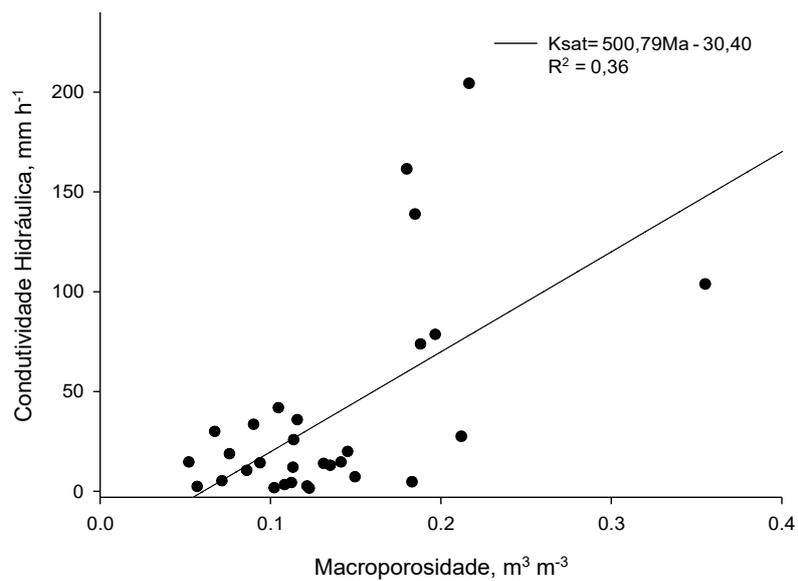


Figura 2. Relação entre condutividade hidráulica saturada e macroporosidade de um Latossolo Vermelho argiloso em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, Santo Antônio de Goiás, GO.

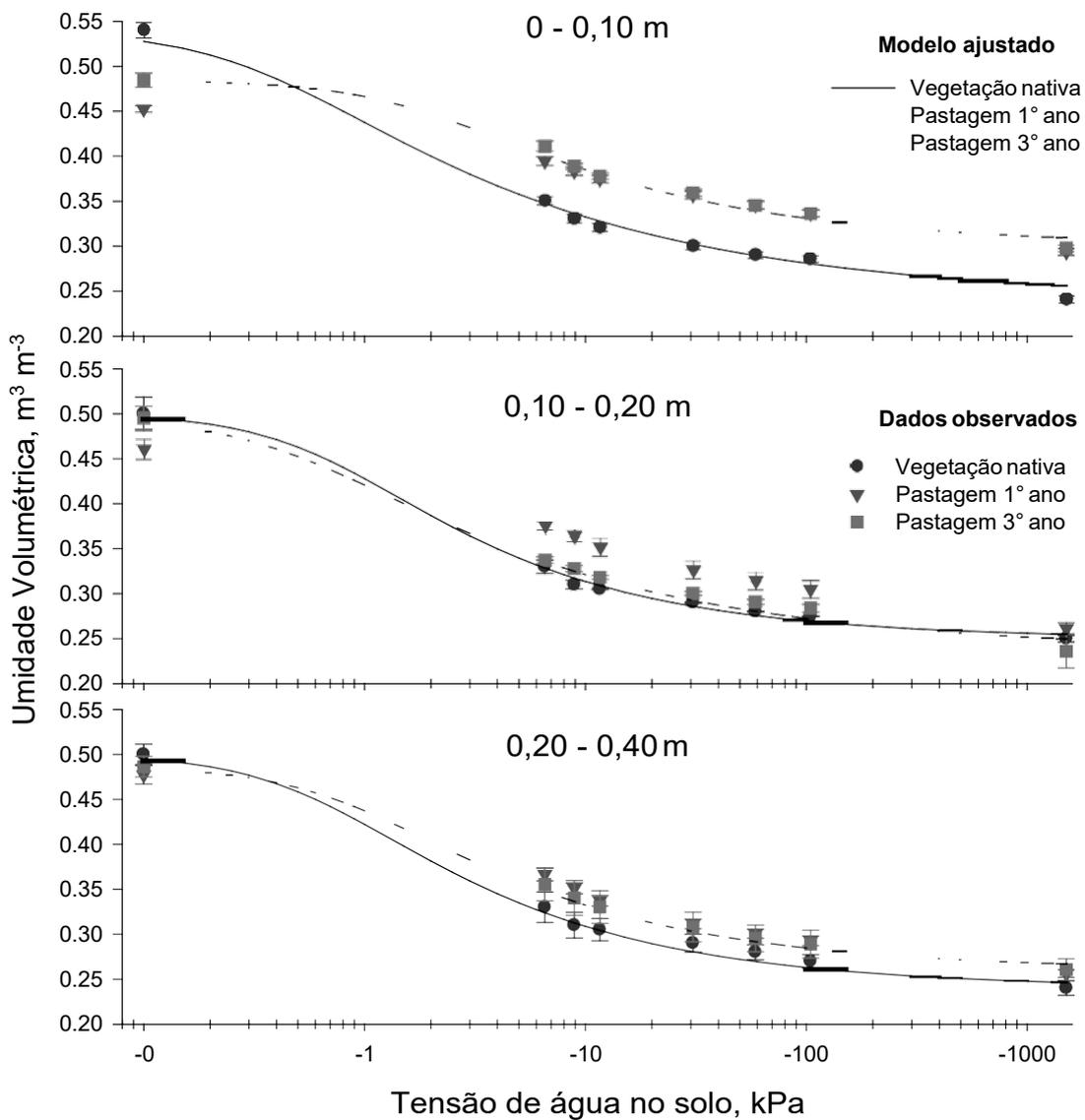


Figura 3. Curva de retenção de água no solo em três camadas do Latossolo Vermelho acriférico típico sob vegetação nativa e pastagem no 1º e 3º ano em sistema de integração lavoura-pecuária em Santo Antônio de Goiás, GO.