

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E ATRIBUTOS FÍSICOS DE
UM LATOSSOLO VERMELHO SOB
SISTEMAS DE MANEJO**

JACSON ROBERTO TENFEN

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
JULHO - 2014

INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO

JACSON ROBERTO TENFEN
Engenheiro Agrônomo

ORIENTADOR: PROF^a. Dr^a. Elaine Reis Pinheiro Lourente

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Engenharia de Água e Solo, para obtenção do título de Mestre.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

999 Tenfen, Jacson Roberto.

V123e

Infiltração de água e atributos físicos de um latossolo vermelho sob sistemas de manejo / Jacson Roberto Tenfen. – Dourados, MS: UFGD, 2014. 36 p.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elaine Reis Pinheiro Lourente.
Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Infiltração de água. 2. Curva de retenção. 3. Sistemas de manejo. I. Título.

**INFILTRAÇÃO DE ÁGUA E ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB SISTEMAS DE MANEJO**

POR

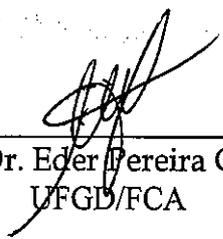
JACSON ROBERTO TENFEN

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Aprovada em: 11/07/2014



Profa. Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente
Orientadora -UFGD/FCA



Prof. Dr. Eder Pereira Gomes
UFGD/FCA



Prof. Dr. Elói Panachuki
UEMS/Aquidauana

Aos meus pais,
Salesio e Marlene
A minha esposa e filha,
Rose e Carolina,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus

A professora Dr. Elaine Reis Pinheiro Lourente, pela orientação e elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Julio César Salton, por disponibilizar estrutura e materiais para execução da Embrapa, utilizados no trabalho de campo e orientação deste trabalho.

A Universidade Federal da Grande Dourados.

Aos professores do Programa de Pós Graduação de Engenharia Agrícola da UFGD, pelos ensinamentos.

Aos funcionários da Embrapa pela grande ajuda, em especial aos funcionários do laboratório de solos.

Aos alunos de graduação de Engenharia Agrícola da UFGD e Agronomia da UEMS de Aquidauana.

A todos que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

TABELA 1. Valores médios da umidade gravimétrica (%) do solo no momento da avaliação da taxa de infiltração em diferentes sistemas de manejo e duas profundidades (Dourados-MS, 2012).....	16
TABELA 2. Valores de densidade do solo, nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).....	18
TABELA 3. Valores de macroporosidade nas camadas de 0-0,5m, 0,05-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).....	20
TABELA 4. Valores de microporosidade nas camadas de 0-0,5m, 0,05-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).....	21
TABELA 5. Valores de porosidade total nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,15m, e 0,15-0,30m, em cinco sistemas e manejo do solo (Dourados-MS, 2013).....	22
TABELA 6. Correlação de Pearson entre atributos físicos do solo sob sistemas de manejo e uso.....	23
TABELA 7. Equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten, para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0 a 0,05 m.....	25
TABELA 8. Parâmetros das equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0,05 a 0,15 m.....	28
TABELA 9. Parâmetros das equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0,15 a 0,30 m.....	29

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

- FIGURA 1.** Capacidade de infiltração dos sistemas de manejo pastagem permanente (SPP), integração lavoura pecuária – pastagem (SILP-p), Integração lavoura pecuária – aveia (SILP-a), plantio direto – aveia (SPD-a) e plantio convencional (SPC). Pi – valores estimados pelo programa computacional.....23
- FIGURA 2.** Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0 a 0,05 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).....26
- FIGURA 3.** Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0,05 a 0,15 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).....28
- FIGURA 4.** Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0,15 a 0,30 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).....29

ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ARGILOSO SOB SISTEMAS DE MANEJO DURANTE 18 ANOS

RESUMO:

Sistemas de manejo influenciam significativamente a infiltração de água no solo, tendo efeito direto sobre o desencadeamento dos processos erosivos, além de, auxiliar na tomada de decisões de manejo e conservação do solo e da água. Este trabalho tem por finalidade avaliar o efeito do uso e manejo do solo sobre a taxa de infiltração de água e sua relação com os atributos físicos do solo. Os ensaios de infiltração foram feitos pelo método de anéis concêntricos em 15 pontos cada um dos cinco sistemas de manejo, sendo, lavoura em sistema de plantio convencional (SPC), sistema de plantio direto (SPD) e sistema Integração Lavoura Pecuária (SILP-a), pastagem em sistema integração lavoura pecuária (SILP-b) e sistema de pastagem permanente (SPP). As coletas e análises físicas foram realizadas em oitos pontos de amostragens nas profundidades de 0-0,5; 0,5-0,15 e 0,15 a 0,30m, sendo realizada análise granulométrica, densidade do solo, macro e microporosidade. As taxas de infiltração variaram de, 216,5 mm h⁻¹ no SPC para 207,3 mm h⁻¹ no SPD. As áreas com menores valores de infiltração foram, as áreas que receberam pastejo animal onde SILP-a obteve 131, 5 mm h⁻¹, SILP-p com 87,9 mm h⁻¹ e, SPP com 70 mm h⁻¹. Em sistemas sob pastejo, em função do pisoteio, houve uma redução da qualidade do solo medida por meio dos atributos físicos com comprometimento na infiltração de água no solo. A curvas de retenção se mostraram com maior volume de água no solo nos sistemas de ILP, seguidos do SPD e PC, nas profundidades de 0-0,05m e 0,05-0,15m.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltração; curva de retenção; sistemas de manejo;

PHYSICAL ATRIBUTES OF A RED LOAMY LATOSOL UNDER MANAGEMENT SYSTEMS DURING 18 YEARS

ABSTRACT:

Management systems significantly influence the infiltration of water into the soil and may decrease or increase the rate of infiltration. The knowledge of the infiltration rate is of great importance, aiding in decision making for management and conservation of soil and water, and planning of irrigation projects, knowledge of the handling capacity of the water redistribution and management of soil conservation and water. This study aims to evaluate the effect of land use and soil management on the rate of water infiltration and its relation to the physical attributes of the soil. The infiltration tests were made by the method of concentric rings 15 points in each of the five management systems. Infiltration rates adjusted by Kostiakov model - Lewis ranged from, 216,5 mm h⁻¹ for the SPC and 207,3 mm h⁻¹ for the SPD, the areas with lower values of infiltration were, areas where grazing animals that received SILP-a 131,5 mm h⁻¹, SILP-p with 87,9 mm h⁻¹ and SPP had the lowest infiltration rate 70,0 mm h⁻¹.

KEY-WORDS: Infiltration; management systems; infiltration rate.

INTRODUÇÃO

Devido à necessidade de suprir as crescentes demandas por alimentos, fibras e energia, torna-se necessário uma agricultura de alta produtividade, e praticada de forma intensiva. A adoção de práticas de manejo e tecnologias adequadas possibilitam maior rentabilidade para os produtores, destacando-se o Sistema Plantio Direto (SPD) e o Sistema Integração Lavoura Pecuária (SILP). Na região Centro-Oeste do país, normalmente verifica-se a ocorrência de veranicos, os quais têm relevante importância na produção agrícola, devido às perdas de produtividade que podem ocasionar. Para minimizar os efeitos dessas ocorrências climáticas, a utilização de sistemas de manejos como o SPD e SILP vêm tendo resultados positivos, como a maior conservação da umidade no solo, devido ao efeito proporcionado pela manutenção da cobertura do solo por estes sistemas (Mendonça et al., 2009).

Esses sistemas podem proporcionar um aumento da fertilidade, melhoria na estrutura física do solo, facilitando a infiltração de água no solo, como também a sua disponibilidade as plantas. A persistente cobertura do solo com restos vegetais, e adição de matéria orgânica proveniente dessa palhada, são fatores que contribuem para reduzir as perdas de água por evaporação, com isso o tempo de disponibilidade de água para as plantas é prolongado, diminuindo as perdas ocasionadas pela falta de chuvas (BIZARI et al. 2011; STONE et al. 2006; STONE et al. 2012).

A sustentabilidade da agricultura em sistemas de manejo conservacionista possui alguns pontos a serem seguidos para terem um resultado satisfatório. No SPD, é dispensado o revolvimento do solo, sendo a semeadura realizada sobre os restos da cultura anterior, que protege o solo da erosão, ajuda a manter a umidade do solo, contribui para a supressão de plantas daninhas e manutenção da estrutura do solo e sua agregação, como também no aumento do teor de matéria orgânica do solo (STONE et al. 2012).

No SILP, práticas agrícolas e pecuárias são introduzidas na mesma área, sejam em cultivos, consorciados, sucessão ou rotacionado, para a produção de grãos, leite, fibras, carne, madeira e agroenergia. Trata-se de um sistema eficaz para recuperação de áreas degradadas, buscando a manutenção e recuperação dos recursos do solo e da água, ou seja, é a diversificação e rotação das atividades agrícolas e pecuárias dentro da propriedade com benefícios para ambos os sistemas (STONE et al. 2012).

O sistema de manejo do solo pode influenciar significativamente a infiltração de água no solo, de forma que, as áreas utilizadas para pastejo podem apresentar menor capacidade de infiltração, do que áreas utilizadas para produção de grãos, o que pode estar relacionado com a densidade do solo, já que áreas utilizadas para pastejo de gado podem apresentar uma compactação superficial e apresentar maior densidade que as áreas utilizadas para produção de grãos, como também áreas com SPD, preparo convencional, campo nativo, pastagem perene cultivada apresentam maiores densidades do que na área de mata nativa (ZWIRTES et al. 2011; ANTONELI e THOMAZ, 2009; IMHOOF et al. 2000).

Sato et al. (2012), em estudos de sistemas de produção de milho solteiro e em consórcio, e sistemas de forrageiras solteiras, observaram que os sistemas de milho solteiro obtiveram a maior taxa de infiltração, seguido dos sistemas de consórcio de milho com forrageiras, sendo que, os sistemas com forrageiras solteiras apresentaram menores taxas de infiltração.

A infiltração de água no solo é definida como a passagem de água da superfície para o interior do solo, constituindo-se num dos mais importantes processos que compõem o ciclo hidrológico por ser fator determinante da disponibilização de água para as culturas, da recarga dos aquíferos subterrâneos, da ocorrência e magnitude do escoamento superficial e do manejo do solo e da água (DALRI et al. 2011). A infiltração é afetada por grande número de fatores relacionados ao solo e ao modo que este é manejado, as práticas agrícola tendem a alterar a capacidade de retenção de água do solo, aeração, e aumento na resistência do solo à penetração das raízes, PRUSKI et al. (1997) e BONO et al. (2012).

Desta forma, o preparo do solo interfere na agregação do solo e conseqüentemente na capacidade de infiltração, no sistema convencional, todo material orgânico da superfície é incorporado, e deixa a camada de solo da superfície desagregado e suscetível ao transporte de sedimentos ocasionado pelas enxurradas, compactação e a dificuldade de movimento de água no perfil, além de, reduzir o crescimento das raízes (MENDONÇA et al. 2009).

Nos solos sob SPD, por exemplo, é maior o volume dos poros de tamanho intermediário, uma vez que, certos números de poros são originalmente grandes, com as práticas agrícolas esses são comprimidos e reduzidos em tamanho, adquirindo

condições físicas diferentes daqueles submetidos ao preparo convencional (STONE et al. 2012).

De acordo com RAWLS et al. (1996), os principais fatores que influenciam na infiltração de água no solo são os que incluem a textura do solo (SILVA & KATO, 1997; BERTONI & LOMBARDI, 1990), teor de matéria orgânica, porosidade (PERROUX & WHITE, 1988; EVERTS & KANWAR, 1992) tipo de argila, além da umidade (ARAÚJO FILHO & RIBEIRO, 1996), capacidade de retenção e a condutividade hidráulica.

O conhecimento da taxa de infiltração de água no solo é de grande importância, auxiliando na tomada de decisões de manejo e conservação do solo e da água, além de planejamentos de projetos de irrigação, conhecimento da capacidade de movimentação da água, redistribuição e no manejo de conservação do solo e da água (CARVALHO, 2002).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do uso e manejo do solo sobre a taxa de infiltração de água e sua relação com os atributos físicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi executado em um experimento de longa duração existente na Embrapa Agropecuária Oeste, de Dourados – MS (22°14'S - 54°49'W e altitude de 430 metros). O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico, caulínico (EMBRAPA, 2006), de textura muito argilosa, com 710 g kg⁻¹ de argila, 175 g kg⁻¹ de silte e 115 g kg⁻¹ de areia. Está localizado em uma faixa de transição entre os biomas, Cerrado e o de Mata Atlântica, com o clima classificado como Cwa (Köppen), mesotérmico úmido, com os verões quentes e invernos secos.

O experimento foi implantado em 1996 em uma área de 28 ha. Antes da implantação a área era utilizada para produção de grãos, com sistema de preparo convencional desde a década de 1970.

As avaliações foram efetuadas nos seguintes sistemas de manejo do solo:

- a) Lavoura com monocultivo em sistema plantio convencional (SPC) de soja no verão e aveia no inverno e preparo do solo utilizando grade de discos aradura mais grade niveladora;
 - b) Lavoura em sistema plantio direto (SPD) com rotação de culturas, tendo no verão a soja e o milho, no outono/inverno e primavera com as culturas de trigo e aveia para produção de grãos e nabo e aveia para produção de palha;
 - c) Sistema Integração Lavoura Pecuária com a alternância entre lavouras (soja/aveia) e pastagem (*Brachiaria decumbens*) conduzida em SPD, com ciclos de dois anos de lavoura (SILP-a) e dois de pastagem (SILP-b). A pastagem é utilizada por bovinos de corte com lotação ajustada para manter a oferta de forragem constante com cerca de 7 kg de massa seca de forragem para 100 kg de peso vivo por dia;
 - d) Sistema de Pastagem permanente (SPP) com *B. decumbens* utilizada por bovinos de corte também para se manter a oferta de forragem constante de 7 kg de massa seca de forragem para 100 kg de peso vivo por dia, sem a utilização de adubação ou corretivos.
- As áreas estão dispostas em faixas georreferenciadas com dimensões de aproximadamente 4 ha⁻¹ para cada um dos sistemas.

Nas áreas foram realizados testes de infiltração de água por meio do método do infiltrômetro de anéis concêntricos, que consiste em dois anéis colocados concentricamente, sendo o anel maior com diâmetro de 0,50 m, o menor com 0,25 m de diâmetro e altura de 0,30 m (BERNARDO, 1986). As leituras foram efetuadas em

intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 35, 45, 60, 75, 90, 120, 150 e 180 minutos, ou até que a taxa de infiltração, observada no anel interno tenha se tornado constante. Em cada sistema foram realizados 15 testes de infiltração, constituindo 15 repetições. Os testes foram realizados, entre a segunda quinzena de outubro até a primeira quinzena de dezembro.

Os dados foram ajustados em equação proposta por Kostiakov – Lewis, para infiltração acumulada em função do tempo.

$$I = k t^\alpha + i_f t \quad (1)$$

em que;

I = infiltração acumulada, mm

i_f = taxa de infiltração final, mm h⁻¹;

t = tempo de infiltração, h

α e κ são parâmetros determinados estatisticamente a partir de valores de I e t.

A equação para estimar a taxa de infiltração em um determinado instante foi derivada da equação 1.

$$i = \alpha k t^{\alpha-1} + i_f \quad (2)$$

Foram realizadas análises físicas além da determinação umidade gravimétrica do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios da umidade gravimétrica (θ) do solo no depois da avaliação da taxa de infiltração em diferentes sistemas de manejo e duas profundidades (Dourados-MS, 2012).

Profundidade (m)	Sistema de Manejo				
	SPC	SPD-a	SILP-a	SILP-p	SPP
0 – 0,20	23,0	22,3	25,6	25,0	26,9
0,20 – 0,40	23,9	30,7	27,1	28,8	28,9

SPC- Sistema de plantio convencional, SPD-a- Sistema de plantio direto com aveia, SILP-a- Sistema de integração lavoura pecuária (aveia), SILP-p- Sistema de integração lavoura pecuária (pastagem), SPP- Sistema de pastagem permanente.

As coletas para análises físicas do solo foram realizadas nas faixas de profundidade de 0-0,05, 0,05-0,15 e 0,15-0,30 m ao lado dos locais onde foram realizados os testes de infiltração. Foram coletadas um total de 45 amostras indeformadas, considerando 15 locais e 3 profundidades em cada sistema, por meio de anéis metálicos de 100 cm³ para determinação da macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e volume total de poros (CLAESSEM, 1997).

A curva de retenção de água no solo foi determinada à partir dos anéis utilizados na análise de densidade do solo, entretanto, em função do volume de amostras, a curva foi determinada considerando oito dos locais de amostragens e as 3 profundidades estudadas.

Para determinação da curva de retenção de água as amostras foram submetidas a tensões de 0,33, 1,00, 3,00 e 15,00 bar, realizadas na câmara de Richards, de acordo com Embrapa (1997). As relações entre os valores do conteúdo de água e do potencial matricial do solo foram ajustadas utilizando-se programa computacional o Soil Water Retention Curve, e equação com modelo proposto por Van Genuchten (1980);

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

Onde:

θ = conteúdo de água no solo (cm³cm⁻³);

θ_r = conteúdo de água residual saturado (cm³cm⁻³);

θ_s = conteúdo de água do solo saturado (cm³ cm⁻³);

σ = tensão de água no solo (kPa);

α, m e n são parâmetros de ajuste do modelo.

Para análise dos dados de física do solo, foi realizada uma análise de variância considerando a fonte de variação entre os sistemas e dentro dos sistemas, em que cada ponto analisado correspondeu a uma repetição no sistema. As médias foram submetidas ao teste de Scott Knott ($p < 0,05$). Os dados foram submetidos a uma análise de Correlação de Pearson considerando a média das camadas de 0 - 0,05m e 0,05 - 0,15 m. O ajuste dos dados de infiltração de água no solo foi realizado por meio do programa computacional DataFit (Versão 7.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior densidade do solo na profundidade de 0-0,05 m foi observada no sistema SILP-p (1,38 Mg dm⁻³) seguido da SPP (1,32 Mg dm⁻³), onde diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2). Tais valores, possivelmente, estão associados à utilização da pastagem pelos animais, atribuído ao efeito do pisoteio animal em condições inadequadas de umidade, o que contribui para uma maior compressibilidade do solo, uma vez que, o gado não é removido da área após as precipitações pluviométricas. A pressão exercida pelos animais no solo giram em torno de 350 a 400 Kpa, podendo esse valor chegar ao dobro de pressão com o animal em movimento, contribuindo para importantes incrementos nesta variável (Proffitt et al. 1993; Betteridge et al. 1999; Nie et al. 2001).

Tabela 2. Valores de densidade do solo, nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).

Sistemas de Manejo	Densidade do solo (Mg m ⁻³)		
	Profundidade (m)		
	0-0,05	0,05-0,15	0,15-0,30
SPC	1,23 d	1,37 b	1,29 a
SPD-a	1,29 c	1,43 a	1,34 a
SILP-p	1,38 a	1,37 b	1,33 a
SILP-a	1,23 d	1,37 b	1,34 a
SPP	1,32 b	1,37 b	1,34 a

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$). SPC- Sistema de plantio convencional, SPD- Sistema de plantio direto com aveia, SILP-a- Sistema de integração lavoura pecuária (aveia), SILP-p- Sistema de integração lavoura pecuária (pastagem), SPP- Sistema de pastagem permanente.

Os valores observados neste trabalho corroboram com àqueles observados por Panachuki et al. (2006), que trabalhando com Latossolo Vermelho Distroférico típico, textura muito argilosa, observaram para a profundidade de 0-0,05 m, densidade do solo de 1,35, 1,29 e 1,25 Mg m⁻³ para as áreas de pastagem contínua, integração lavoura pecuária e plantio direto, respectivamente.

Esses resultados estão muito próximos de valores considerados críticos para desenvolvimento das raízes que de acordo com resultados de Reichert (2009b), é de 1,35 Mg m⁻³ em solos de semelhante textura, ocasionando modificações morfológicas nas raízes restringindo a absorção de água e nutrientes e a exploração de camadas mais

profundas do solo (COLLARES et al. 2008). O efeito adverso do pisoteio animal sobre as condições físicas do solo, poderá contribuir para redução na infiltração de água no solo além de alterar e até mesmo restringindo o movimento da água e do ar no solo, nas camadas superficiais.

O cultivo da cultura de aveia no SILPa, promoveu uma redução significativa nos valores desta variável, quando comparada com o SILP-p. Esses resultados podem estar associados ao maior período de pisoteio animal, no SILP-p recebeu pastejo durante um maior tempo em relação ao SILP-a, que teve pastejo aproximadamente durante 45 dias durante a época de inverno. Após a retirada do animal para o cultivo das culturas agrícolas é possível que haja uma recuperação da estrutura do solo das possíveis deformações plásticas ocorridas durante o pastejo (Dias Junior e Pierce, 1996).

Na análise da camada de 0,05-0,15 m no SPD, obteve-se, a maior densidade do solo. Essa diferença pode estar relacionada ao efeito negativo causado pelo tráfego de máquinas na execução dos tratamentos culturais necessários para condução da lavoura.

O sistema plantio direto exerce grande influência nas propriedades físicas do solo, e sua grande eficiência no controle da erosão quando comparado ao sistema convencional, mas com relação à compactação, seu efeito é cumulativo devido ao tráfego de máquinas (KERTZMANN, 1996; KLEIN, 1998), e pela acomodação natural das partículas (CARVALHO JUNIOR et al. 1998).

O impacto dos maquinários sobre foi observado por Rusanov (1991), que comparando máquinas de rodados tipo esteira e com pneus convencionais com massa de 6,5 e 7,5 Mg e pressão no solo de 0,05 e 0,08 MPa tiveram perdas de produtividade em torno de 11% e 20% respectivamente. Horn et al (1995), salienta ainda que não apenas a pressão exercida pelos pneus causa compactação como também a vibração do trator no arraste do implemento.

Na profundidade de 0,15-0,30 m os sistemas não apresentaram diferença estatística significativa (Tabela 2). Com relação às densidades nas profundidades de 0,05 a 0,30m esses valores encontram-se, de acordo com Reichert et al. (2003), com níveis próximos aos considerados críticos para tal classe textural, correspondendo a 1,30 a 1,40 Mg m⁻³.

Em sistemas de cultivo com uso de máquinas e em sistemas que utilizam pastejo animal, autores têm observado que a compactação tem sido superficial, (ALVES & SUZUKY, 2004).

Devido a isso se explica a diferença de densidade na primeira camada (0,0-0,05 m), onde estes tiveram diferentes causas de compactação (máquina e animal).

No SPC foi observada uma menor densidade em superfície quando comparado com SILP-p, SPD e SPP, porém, há um incremento de 12% na camada de 0,05 a 0,15m.

De acordo com ARAUJO et al. (2004) e ALVES et al. (2005), em áreas recém preparadas (SPC) há uma grande variação no valor desta variável, com incrementos em profundidade.

A macroporosidade deste solo foi maior nas áreas de produção de grãos, SPC (18,79%), SILP-a (18,73%) e SPD-a (16,62%) na profundidade de 0-5 cm, não havendo diferença estatística entre estes sistemas (Tabela 3). Enquanto que, nos sistemas que tiveram pisoteio animal (SILPp e SPP) houve redução significativa nesta variável, quando comparada as áreas de produção de grãos, já que sistemas de manejo do solo que recebem pastejo animal tendem a ter sua densidade superficial aumentada, conseqüentemente diminuindo a porosidade total, com conseqüente aumento na resistência do solo na camada de 0,00 – 0,05 m (MARCHÃO et al. 2007; DEBIASI e FRANCHINI, 2012).

Tabela 3. Valores de macroporosidade nas camadas de 0-0,05m, 0,05-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).

Sistema de Manejo	Macroporosidade do solo (%)		
	Profundidade (m)		
	0-0,05	0,05-0,15	0,15-0,30
SPC	18,79 a	11,23 a	11,61 a
SPD-a	16,62 a	8,85 b	9,53 b
SILP-p	6,23 c	7,89 b	8,87 b
SILP-a	18,73 a	8,55 b	9,90 b
SPP	8,79 b	7,20 b	8,58 b

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$). SPC- Sistema de plantio convencional, SPD- Sistema de plantio direto com aveia, SILP-a- Sistema de integração lavoura pecuária (aveia), SILP-p- Sistema de integração lavoura pecuária (pastagem), SPP- Sistema de pastagem permanente.

Os menores resultados de macroporosidade foram observados nos sistemas que receberam pastejo, sendo 8,79% na SPP, seguida do SILP-p com 6,23%, na profundidade de 0 a 0,05 m. Nas demais profundidades a diferença foi observada apenas com relação ao SPC, onde os outros sistemas não tiveram diferença significativa

(Tabela 3). Segundo Panachuki et al. (2006) há uma relação proporcional entre macroporosidade e porosidade total quanto maior a relação entre eles menor será a densidade do solo e assim vice versa.

Os maiores valores de microporosidade do solo na camada de 0 – 0,05 m, foram observados no SPP e SILP-p, sistemas estes que tiveram pastejo animal, que de acordo com Lanza Nova et al. (2007), a elevação da frequência de pastejo sobre as pastagens de inverno provoca aumento da densidade superficial do solo com conseqüente redução na microporosidade.

Nas demais profundidades, a microporosidade se manteve significativamente superior apenas no SPP com relação aos demais sistemas de manejo, onde o pisoteio e o arranjo natural das partículas (CARVALHO JUNIOR et al. 1998), tende a proporcionar esse comportamento do solo (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de microporosidade nas camadas de 0-0,5 m, 0,5-0,15 m e 0,15-0,30 m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).

Sistemas de Manejo	Microporosidade do solo (%)		
	Prof. (m)		
	0-0,05	0,05-0,15	0,15-0,30
SPC	37,82 b	39,96 c	40,80 b
SPD-a	39,06 b	40,81 b	41,47 b
SILP-p	44,72 a	41,50 b	42,03 b
SILP-a	37,90 b	40,91 b	41,84 b
SPP	45,07 a	43,77 a	43,22 a

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$). SPC- Sistema de plantio convencional, SPD- Sistema de plantio direto com aveia, SILP-a- Sistema de integração lavoura pecuária (aveia), SILP-p- Sistema de integração lavoura pecuária (pastagem), SPP- Sistema de pastagem permanente.

Resultados semelhantes foram observados por Panachuki et al. (2006), onde ao estudar três sistemas de manejo, obtiveram os seguintes resultados para plantio direto, com macroporosidade de 15,78%, microporosidade com 43,89% e porosidade total com 59,62 %, ILP pastagem com 10,53%, 46,34% e 56,87% e pastagem contínua com 7,17%, 47,96% e 55,13% de macroporosidade, microporosidade e porosidade total respectivamente nessa mesma classificação de solo.

O volume total de poros foi significativamente influenciada pelos sistemas de manejo na camada de 0 a 0,05m. Os sistemas que tiveram cultivo de culturas para produção de grãos apresentaram porosidade total 56,31% superiores a média dos demais

sistemas, seguidos dos sistemas que receberam o pastejo do gado, SPP e SILP-p. Para a camada de 0,05 a 0,15 m, a porosidade total esteve mais elevada nos sistemas de SPC e SPP diferindo estatisticamente dos demais sistemas, podendo estes valores estarem relacionados a movimentação de máquinas nas operações para condução da lavoura. Na última camada não houve diferenças estatísticas entre os sistemas estudados (Tabela 5).

Resultados semelhantes obtidos por Spera et al. (2009) após dez anos do estabelecimento de sistemas de produção com a integração de culturas produtoras de grãos, pastagens de inverno. Os autores observaram que a compactação resultante do pisoteio animal interferiu nos atributos físicos do solo, ao elevar a densidade e a microporosidade do solo e diminuir a macroporosidade e a porosidade total, na fase pastagem; porém, sem atingir níveis capazes de causar a degradação do solo.

Tabela 5. Valores de Porosidade Total nas camadas de 0-0,5m, 0,5-0,15m e 0,15-0,30m, em cinco sistemas de manejo do solo (Dourados-MS, 2013).

Sistemas de Manejo	Porosidade Total (%)		
	Profundidade (m)		
	0-0,05	0,05-0,15	0,15-0,30
SPC	56,62 a	51,19 a	52,41 a
SPD-a	55,68 a	49,66 b	51,01 a
SILP-p	50,95 c	49,39 b	50,91 a
SILP-a	56,64 a	49,46 b	51,74 a
SPP	53,86 b	50,97 a	51,79 a

*Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem pelo teste Scott Knott ($p < 0,05$). SPC- Sistema de plantio convencional, SPD- Sistema de plantio direto com aveia, SILP-a- Sistema de integração lavoura pecuária (aveia), SILP-p- Sistema de integração lavoura pecuária (pastagem), SPP- Sistema de pastagem permanente.

A avaliação da infiltração de água no solo foi sensível para avaliar as diferenças entre os sistemas de manejo. Ao estudar a infiltração de água observou-se que os sistemas de manejo que receberam pastejo obtiveram uma taxa de infiltração menor do que a dos sistemas de produção de grãos (Figura 1).

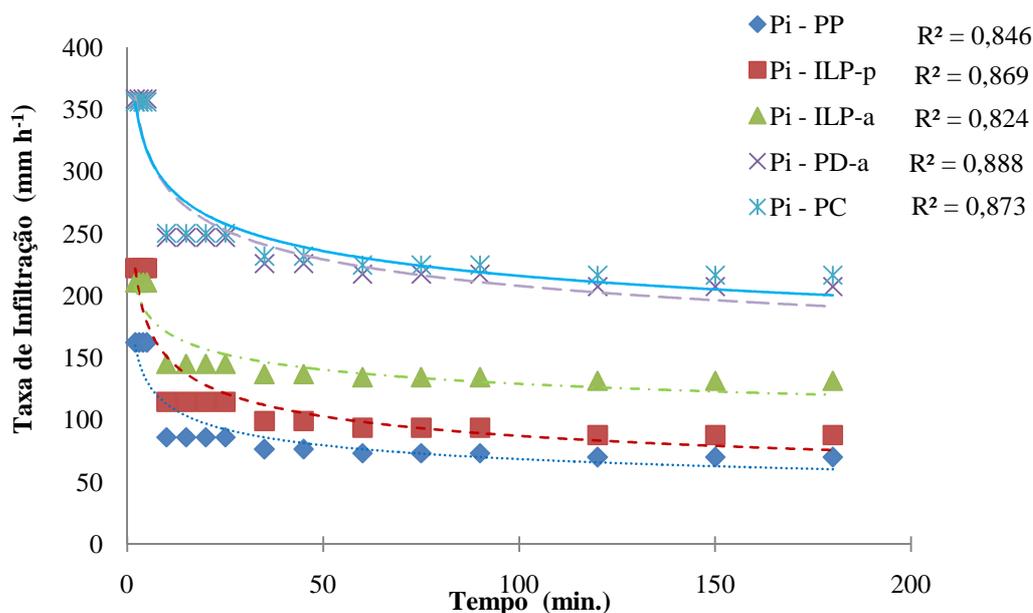


Figura 1. Taxa de infiltração de água no solo dos sistemas de pastagem permanente (SPP), integração lavoura pecuária – pastagem (SILP-p), Integração lavoura pecuária – aveia (SILP-a), plantio direto – aveia (SPD-a) e plantio convencional (SPC). Pi – valores estimados pelo programa computacional.

Apesar da maior densidade do solo como também uma menor porcentagem de macroporos nestes sistemas devido ao pisoteio ocasionado pelos animais (Tabela 2 e 3), não houve correlação entre infiltração de água no solo e densidade ($r=0,11^{ns}$), podendo este resultado ser explicado em partes pela redução nos macroporos do solo neste sistema ($r=0,33^{**}$) conforme valores para correlações apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Correlação de Pearson entre atributos físicos do solo sob sistemas de manejo e uso.

	Macro	Micro	VTP	Ds	Inf
Macro	1	-0,88**	0,82**	-0,64**	0,33**
Micro	-0,88**	1	-0,44**	0,44**	-0,46**
VTP	0,82**	-0,44**	1	-0,66**	0,08 ^{ns}
Ds	-0,64**	0,44**	-0,66**	1	0,11 ^{ns}
Inf	0,33**	-0,46**	0,08 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1

**Significativo a 1%; ns = não significativo

De forma semelhante ao observado neste estudo, Miguel et al. (2009), que realizaram testes de infiltração logo após a entrada dos animais no piquete, e observaram que, após a primeira passagem dos animais no piquete, décima e décima

quinta passagem dos animais, houve uma diminuição significativa da infiltração de água no solo devido o pisoteio.

A menor infiltração de água observada no SPP pode ser explicada pela correlação negativa e significativa entre microporosidade e infiltração de água no solo ($r=-0,46$), uma vez que a microporosidade foi significativamente superior neste sistema.

No tratamento SPC, a taxa de infiltração de água foi de $216,5 \text{ mm h}^{-1}$ estando acima dos resultados obtidos por Urchei e Fitz, 2002, onde tiveram taxas de infiltração de $92,2 \text{ mm h}^{-1}$ para SPC e $92,8 \text{ mm h}^{-1}$ para SPD num mesmo tipo de solo (Figura 1).

Os resultados de infiltração encontrados para o tratamento SPC neste trabalho podem ser explicados pelo efeito da operação de gradagem realizada na área, 45 dias antes do início dos testes de infiltração, o que contribuiu para a desestruturação (ou rompimento das camadas compactadas) do solo, em função do revolvimento, facilitando a movimentação da água no interior do solo, logo após o preparo. É importante considerar que o efeito positivo do SPC na infiltração de água é temporário, uma vez que, o preparo do solo interfere na agregação, todo material orgânico da superfície é incorporado, deixando a superfície desagregada e suscetível ao transporte de sedimentos, essa taxa de infiltração diminuirá com a ação da chuva (MENDONÇA et al. 2009).

O impacto das gotas de chuva em um solo descoberto provoca uma redução na infiltração de água no solo, ao longo do tempo, tanto pela diminuição da rugosidade do solo, como também pela formação de uma pequena camada adensada na superfície do solo.

Nessa camada, ocorre um encrostamento superficial, e um rearranjo das partículas e um adensamento destas podendo reduzir drasticamente a permeabilidade de água em até 90% (CHAVES et al. 1993; BRANDÃO et al. 2006), o que pode contribuir para uma menor sustentabilidade deste sistema.

A taxa de infiltração no SPD de $207,3 \text{ mm h}^{-1}$ foi semelhante a observada ao sistema plantio convencional, $216,5 \text{ mm h}^{-1}$, e sendo muito superior às verificadas nas parcelas que tiveram pisoteio animal (Figura 1). De acordo com Castro (1995), áreas com menor revolvimento de solo, com o tempo de manejo, tendem a ter uma melhor taxa de infiltração, isso devido a continuidade dos poros facilitando o acesso da água ao interior do solo (CASTRO, 1995).

No sistema SILP-a, a taxa de infiltração foi de 131,5 mm h⁻¹, e apesar de apresentar densidade inferior ao SPD, pode ter tido sua capacidade de infiltração reduzida com o pastejo recebido anteriormente, não tendo havido tempo para a recuperação da estrutura do solo (Dias Júnior e Pierce, 1996), (Figura 1).

A taxa de infiltração de 87,9 mm h⁻¹ no SILP-p (Figura 1), mostra que os sistemas que recebem o pastejo de animais tendem a ter sua taxa de infiltração de água no solo prejudicada (Figura 1), corroborando com Lanzasova et al. (2007).

O efeito negativo da compactação observado no SILP-p consiste na redução da capacidade de infiltração de água e no aumento do risco de erosão, de déficit hídrico e desequilíbrio nutricional dos solos (ROSOLEM et al. 1994), resultando em crescimento mais superficial das raízes (MORAES et al. 1995; MULLER et al. 2001).

A taxa de infiltração final no SPP (Figura 1) foi de 70,0 mm h⁻¹, isso se deve ao longo período de tempo de pisoteio animal sem nenhuma interferência de manejo, e sem algum tipo de adubação da forrageira, que ao longo desse período de tempo teve seu vigor diminuído, e sua massa de cobertura reduzida, possibilitando assim uma menor cobertura do solo, aumentando o impacto do pisoteio dos animais. A maior microporosidade observada neste sistema pode ter contribuído para uma menor infiltração de água no solo, uma vez que, houve correlação significativa e negativa entre estas variáveis (Tabela 5).

O que pode contribuir para uma maior microporosidade e conseqüentemente, menor infiltração de água no solo é a influência do pisoteio animal na compactação do solo em áreas que recebem pastejo, uma vez que, após a ocorrência de índices pluviométricos que acarretam altos teores de umidade no solo, ocorre a permanência dos animais na área o que favorece a compactação.

De acordo com Trein et al. (1991), Bassani (1996), Moraes e Lustosa (1997), Cassol (2003), a compactação causada pelo pisoteio animal, tende a se limitar nas camadas superficiais do solo, podendo este efeito ser temporário e reversível.

As curvas de retenção de água no solo são essenciais no estudo das relações do solo-água e representa a relação em que o teor de água está retido no solo. As curvas de retenção para os sistemas de manejo, na camada 0-0,05 m onde se pode observar o maior volume de água final 0,47; 0,23; 0,18; 0,14; 0,12 cm³cm⁻³, respectivamente, no solo para o sistema SILP-p, seguido do SILP-a, SPP, SPD e SPC (Figura 2, Tabela 6)).

De acordo com Machado et al. (2008) e Dexter (2004), o aumento na densidade do solo promove modificações na distribuição de poros e essas modificações nas características de retenção de água resultam em mudanças na qualidade física dos solos.

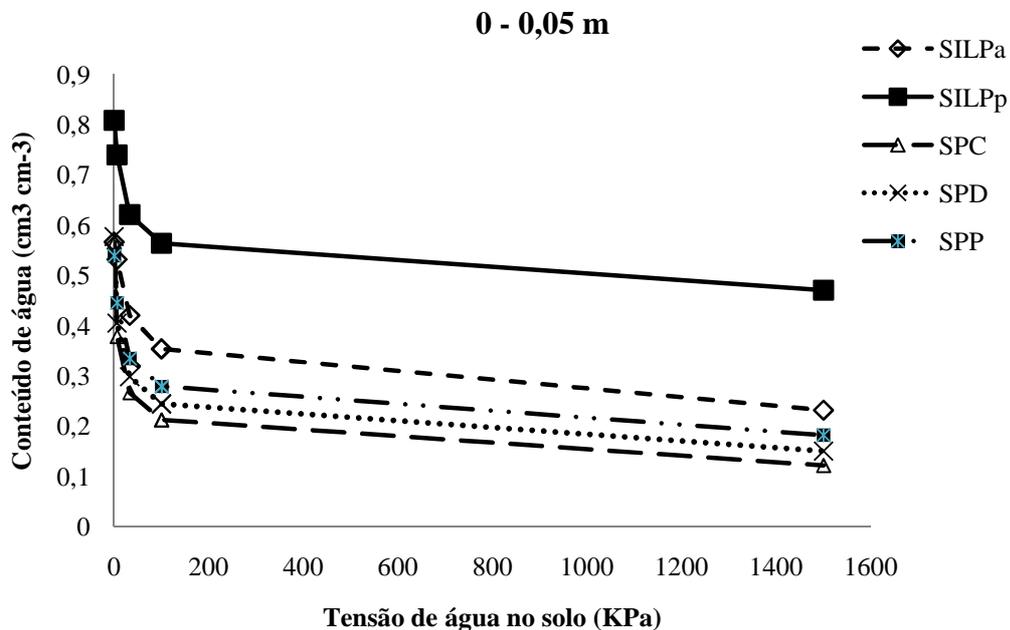


Figura 2 - Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0 a 0,05 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).

Independente da tensão o SILP-p e apesar da menor infiltração de água no solo, este sistema apresentou um maior volume de água retida no solo. Estes resultados podem estar associados ao maior acúmulo e manutenção de cobertura do solo pelos resíduos culturais e pela pastagem, propiciando uma menor evaporação da água no solo (SALTON & MIELNICZUK, 1995).

A retenção da água no solo depende muito da estrutura, a intensidade com que a água fica retida no solo depende de vários fatores, do sistema poroso (BESCANA et al. 2006; LIPIEC et al. 2006), com isso o aumento da densidade do solo contribui para uma transformação dos poros de diâmetro maior em poros menores, com grande capacidade de retenção de água no solo (SILVA et al. 2006 a), conforme observado no SPP.

Segundo Bernardo et al. (2006), a água disponível e definida como sendo do intervalo de umidade compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) -10 kPa e 33 kPa descrito por (REICHARDT, 1988), onde é a quantidade de água retida pelo solo

após drenagem ter ocorrido, e o ponto de murcha permanente (PMP) 1500 kPa descrito por (HILLEL, 1980), valor este onde a planta não consegue extrair água do solo e murcha sendo os superiores e inferiores de disponibilidade de água pelas plantas, dependendo da textura do solo.

O SILP-p, por apresentar uma maior capacidade de retenção de água em diferentes tensões, pode em condições de veranico, apresentar maior volume de água disponível para as plantas que o sistema SILP-a e, este maior volume que o sistema SPP e assim por diante, com o sistema SPC com o menor volume de água disponível, ou seja, com menores efeitos de disponibilização de água para as plantas em um eventual veranico.

Tabela 7. Equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten, para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0 a 0,05 m.

Sistema	Equações de Van Genuchten (1980)	R ²
SILP-a	$\theta=0,000+(0,566-0,000)/((1+(0,20343 \cdot \sigma)^{2,3739})^{0,0658})$	0.985
SILP-p	$\theta =0,353+((0,51-0,055)/((1+(0,353 \cdot \sigma)^{5,9278})^{0,0365}))$	0.981
SPC	$\theta =0+((0,566-0,000)/((1+(1,1716 \cdot \sigma)^{2,3798})^{0,0867}))$	0.982
SPD	$\theta =0+((0,577-0,000)/((1+(1,1911 \cdot \sigma)^{2,3836})^{0,0755}))$	0.985
SPP	$\theta =0,029+((0,539-0,029)/((1+(0,5095 \cdot \sigma)^{4,6361})^{0,0392}))$	0.981

Como pode ser visto na Tabela 7, 8, 9 os valores do R² são bastante elevados, sendo em todos os casos superiores a 98%, em todas as camadas (0 – 0,05, 0,05 – 0,15, 0,15 – 0,30 m).

Os valores do conteúdo de água e da tensão que a água está retida no solo na camada de 0,05 – 0,15 m (Figura 3) observam-se que, nesta camada o sistema que teve maior volume de água armazenado foi o SPP, seguido dos sistemas SILP-p, SILP-a, SPD e SPC, aproximando muito este conteúdo de água entre os sistemas, de forma que, na camada de 0,15 a 0,30 m, a curva de retenção não permite distinguir os sistemas (Figura 4 Tabela 9)).

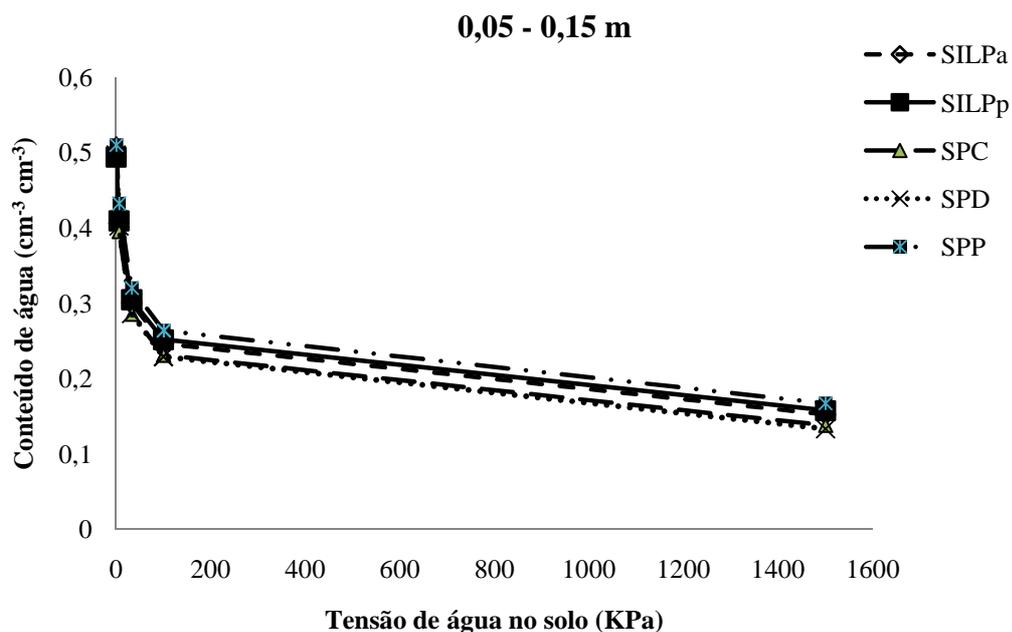


Figura 3 - Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0,05 a 0,15 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).

Esse resultado vem a confirmar que sistemas que possuem maior volume de microporos tendem a favorecer a manutenção da água no solo. Essa diminuição vem a ser ocasionada tanto pelo tráfego de máquinas Silva et al. (1986), como também pelo pisoteio animal, como descrito por Trein et al. (1991), Bassani (1996), Moraes e Lustosa (1997), Cassol (2003).

Tabela 8: Parâmetros das equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0,05 a 0,15 m.

Sistema	Equações de Van Genuchten (1980)	R ²
SILP-a	$\theta = 0 + (0,495 - 0) / ((1 + (0,5092 \cdot \sigma)^{4,8556})^{0,0365})$	0,982
SILP-p	$\theta = 0,002 + (0,494 - 0,002) / ((1 + (0,4902 \cdot \sigma)^{4,7711})^{0,0365})$	0,982
SPC	$\theta = 0 + (0,512 - 0) / ((1 + (0,6486 \cdot \sigma)^{4,5217})^{0,0421})$	0,982
SPD	$\theta = 0 + (0,497 - 0) / ((1 + (0,4786 \cdot \sigma)^{5,3988})^{0,037})$	0,983
SPP	$\theta = 0,021 + (0,51 - 0,021) / ((1 + (0,4175 \cdot \sigma)^{5,2798})^{0,0355})$	0,980

SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente

Com o aumento da profundidade, a matéria orgânica passa ter menor influência na retenção de água no solo, passa então a predominar o efeito da mineralogia oxídica e do alto teor de argila destes solos que em maiores tensões apresentam efeitos positivos e mais pronunciados sobre a retenção de água, o que torna sistemas semelhantes (Beutler et. al., 2002) (Figura 4; Tabela 9).

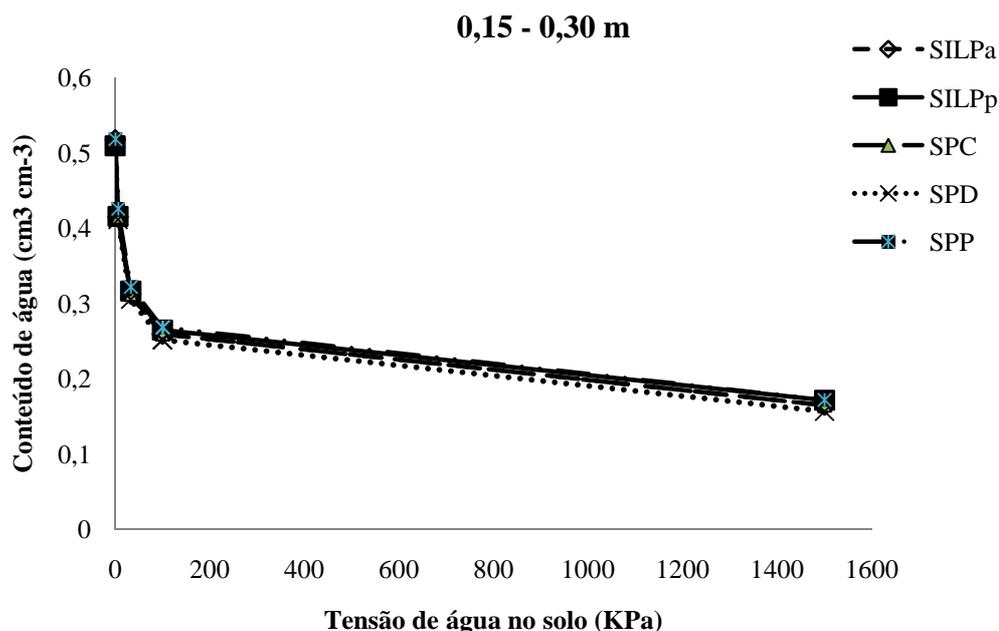


Figura 4 - Relação entre o potencial matricial e o volume da água de um Latossolo (camada 0,15 a 0,30 m) submetido à diferentes sistemas de manejo durante 18 anos em Dourados,MS. (SILP aveia: Sistema de integração lavoura - pecuária fase aveia; SILP pastagem: Sistema de integração lavoura - pecuária fase pastagem; SPC: Sistema plantio convencional; SPD: Sistema plantio direto; SPP: Sistema pastagem permanente).

Tabela 9: Parâmetros das equações das curvas de retenção de água, segundo o modelo de Van Genuchten (1980), para os diferentes sistemas de manejo na camada de 0,15 a 0,30 m.

Sistema	Equações de Van Genuchten (1980)	R ²
SILP-a	$\theta = 0 + (0,517 - 0) / (1 + (0,6238 \cdot \sigma)^{4,3693})^{0,0382}$	0,982
SILP-p	$\theta = 0 + (0,509 - 0) / (1 + (0,5905 \cdot \sigma)^{4,739})^{0,0338}$	0,982
PC	$\theta = 0 + (0,517 - 0) / (1 + (0,6238 \cdot \sigma)^{4,3693})^{0,0382}$	0,982
PD	$\theta = 0 + (0,51 - 0) / (1 + (0,5698 \cdot \sigma)^{4,709})^{0,0371}$	0,984
PAST	$\theta = 0 + (0,518 - 0) / (1 + (0,5499 \cdot \sigma)^{5,0048})^{0,0328}$	0,981

CONCLUSÕES

Dentre os atributos físicos do solo, a microporosidade foi aquele com mais se relacionou com a redução na infiltração de água no solo.

A taxa de infiltração final foi maior nos sistemas Plantio Convencional, Plantio Direto, Integração lavoura pecuária – aveia, sendo que os sistemas de pastagens tiveram os menores valores.

O sistema com integração lavoura-pecuária foi eficiente em aumentar o reservatório de água no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C. & SUZUKI, L. E. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientia Agrícola**, v. 26, p. 27-34, 2004.

ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S.; HIPÓLITO, J. L. & CASTILHO, S. R. Propriedades físicas e infiltração de água de um latossolo Vermelho Amarelo (oxisol) do noroeste de São Paulo, Brasil, sob três condições de uso e manejo. **Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe**, Coruña, v. 30 p. 167-180, 2005.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Comparação de infiltração de água no solo mensurada em período seco e úmido, em diferentes usos da terra na bacia do arroio Boa Vista, Guamiranga, Paraná. **Ambiência**, v. 5 n. 2, mai – ago. 2009.

ARAÚJO FILHO, J. C.; RIBEIRO, M. R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixio do Irecê (BA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.263-370, 1996.

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. propriedades físicas de um latossolo vermelho distroférico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.

BASSANI, H. J. **Propriedades físicas induzidas pelo plantio direto e convencional em área pastejada e não pastejada**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Biodinâmica de Solos). 1996.

BESCANA, P.; et al. Soil Water Retention as Affected by Tillage and Residue Management in Semi-arid Spain. **Soil & Tillage Research**. 87:19-27,2006.

BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A.; MENEZES, S. J. M. C. Resistência hidráulica da crosta formada em solos submetidos a chuvas simuladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 13-21, 2006.

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; 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. 167-77, 2001.

BEUTLER A. N.; CENTURION J. F.; SOUZA Z. M.; ANDRIOLI, I. & C. G. ROQUE. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 829-834, 2002.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1986. 596p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 318p.

BERTOL, I.; SANTOS, J.C.P. Uso do solo e propriedades físico-hídricas no Planalto Catarinense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 263-267, 1995.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1990, 355 p.

BETTERIDGE, K.; MACKAY, A.D.; SHEPHERD, T.G.; BARKER, D.J.; BUDDING, P.J.; DEVANTIER, B.P. & COSTALL, D.A. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. *Aust. J. Soil Res.*, 37:743-760, 1999.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; DEUS, F. P. de.; MESQUITA, M. Diferentes sistemas de manejo do solo no consumo de água do feijoeiro irrigado em Campinas-SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 3, p. 143-152, 2011.

BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; TORMENA, C.A.; NANNI, M.R.; GOMES, E.P.; MÜLLER, M.M.L. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, p. 1845-1853, 2012.

CARVALHO JUNIOR, I. A., FONTES, L. E. F., COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um latossolo Vermelho Escuro de textura média, na região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.505-514, 1998.

CARVALHO, L. A. **Condutividade hidráulica do solo em campo: as simplificações do método do perfil instantâneo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

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

CASTRO, O.M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba, 1995. 174 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: **Embrapa - CNPS**, 1997. 212p.

CHAVES, H.M.L.; ORLOWISK, W.E; ROLOFF, G. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.17, p.141-147, 1993.

COLLARES, G. L.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. & KAISER, D. R. Compactação de um latossolo induzido pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 933-942, 2008.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as profundidades de um latossolo amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 107-114, 1995.

DALRI, A. B.; CORTEZ, G. E. P.; RIUL, L. G. S.; ARAÚJO, J. A. C.; CRUZ, R. L. Influência da aplicação de vinhaça na capacidade de Infiltração de um solo de textura franco arenosa. **Revista Irriga**. Botucatu, v. 15, n. 4, p. 344-352, 2011.

DEBIASI, H; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180-1186, 2012.

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, 2004.

DIAS JUNIOR, M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.20, p.175 - 182, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2a ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 306p. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas em Solos, **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997, 211p.

EVERTS, C. J.; KANWAR, R. S. Interpreting tension-infiltrometer data for quantifying soil macropores: some practical considerations. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, 36(2):423-428, 1992.

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

HILLEL, D. Fundamentals of soils physicals. London: **Academic Press**, 1980. 413p.

HORN, R, DOMZAL, H., SLOWINSKAJURKIEWICZ, A., et al. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 35, p. 23-26, 1995.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

KERTZMANN, F. F. **Modificações na estrutura e no comportamento de um latossolo Roxo provocados pela compactação**. São Paulo, SP, 1996. 153p. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1996.

KLEIN, V. A. **Propriedades físico-hídrico-mecânicos de um latossolo Roxo, sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Piracicaba, SP, 1998. 130p. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e nutrição de Plantas) – ESALQ. Universidade de São Paulo, 1998.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R. da S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1131-1140, 2007.

LIPIEC, J.; et al. Soil Porosity and Water Infiltration as Influenced by Tillage Methods. **Soil & Tillage Research**. 89: 210-220, 2006.

MACHADO, J. L.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J. and SCAPIM, C. A. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.32, n.2, pp. 495-502, 2008.

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 873-882, 2007.

MENDONÇA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F. de; FRANCA, R. M. de; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n. 1, jan - mar, 2009.

MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1513-1519, nov. 2009.

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H. & LIBARDI, P. L. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento de raízes de plantas de soja. **Bragantia**, v. 54, p. 393-403, 1995.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G. & ROSOLEN, C. A. Influência da compactação do solo em sub-superfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 531-538, 2001.

NIE, Z.N.; WARD, G.N. & MICHAEL, A.T. Impact of pugging by dairy cows on pastures and indicators of pugging damage to pasture soil on south – Western Victoria. **Aust. J. Agric. Soil Res.**, v.52, p. 37-43, 2001.

PANACHUKI, E; ALVES SOBRINHO, T. A; VITORINO, D. F. de; URCHEI, M. A. Avaliação de infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 1-54, jan./march, 2006.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.52, p.1205-1215, 1988.

PROFFITT, A.P.B.; BENDOTTI, S.; HOWELL, M.R.; EASTHAM, J. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a Red - Brown earth. *Aust. J. Agric. Soil Res.*, v. 44, p. 317-331, 1993.

PRUSKI, F.F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA, E.F.; BALBINO, L.C.; FERREIRA, P.A.; WERLANG, L. & CARVALHO, L.T. Infiltração da água num Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.77-84, 1997.

RAWLS, W.J., DAVID, G., VAN MULLEN, J.A., WARD, T.J. Infiltration. In: ASCE. **Hydrology Handbook**. 2.ed. New York. p.75-124. (ASCE Manuals and Report on Engineering Practice, 28), 1996.

REICHERDT, K. Capacidade de Campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 12, p. 211-216, 1988.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ciência Ambiental*, v. 27, p. 29-48, 2003.

REICHERT, J. M. SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R. & HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil Till Res.*, 102: 242-254, 2009b.

ROSOLEN, C. A.; VALE, L. S. R.; GRASSI FILHO, H. & MORAES, M. H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 15, p. 491-497, 1994.

ROSENBERG, N. J. Response of plants to the physical effects of soil compaction. *Advances in Agronomy*, v. 16, p. 181-196, 1964.

RUSANOV, V. A. Effects of Wheel and track traffic on the soil and crop growth and yield. *Soil e Tillage Res.*, Amsterdam, v. 19, p. 131-143, 1991.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n.11, p.2091-2095, nov/1999.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C.; LEÃO, T. P.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Matéria orgânica e infiltração de água no solo sob consorcio milho e forrageiras. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, v. 16, n. 2, p. 189-193, 2012.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, p. 313-319, 1995.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Atributos Físicos de dois Latossolos afetados pela Compactação do Solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 10, 842-847, 2006 a.

SILVA, C.L.; KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 213-220, 1997.

SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. & CAMARGO, O. A. Influência a compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 91-95, 1986.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da.; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado em plantio direto sob diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 577-582, abr. 2006.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da.; MOREIRA, J. A. A.; Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação. **Comunicado Técnico** – Embrapa, Santo Antonio de Goiás, n. 207, jul. 2012.

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

URCHEI, M. A. & FIETZ, C. R. Infiltração de água em um latossolo roxo muito argiloso em dois sistemas de manejo. **Irriga**, v. 7, 2009.

ZWIRTES, A. L.; SPOHR, R. B.; BARONIO, C. A.; ROHR, M. R.; MENEGOL, D. R. Caracterização físico-hídrica de solos submetidos a diferentes manejos. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 4 n. 3, set - dez. 2011.