

ALTURA DE PASTEJO DE BRAQUIÁRIA E CARGA ANIMAL LIMITADA PELOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM SOJA

Jonez Fidalski^{(1)*} e Sérgio José Alves⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto Agronômico do Paraná, Área de Solos, Paranavaí, Paraná, Brasil.

⁽²⁾ Instituto Agronômico do Paraná, Área de Fitotecnia, Londrina, Paraná, Brasil.

* Autor correspondente.

E-mail: fidalski@iapar.br

RESUMO

O manejo da altura de pastejo das forrageiras pelos bovinos pode comprometer os atributos físicos do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da altura de pastejo de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e a carga animal média, após três anos de sistema integração lavoura-pecuária com soja, nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico típico. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições. Cinco tratamentos com 10, 20, 30 e 40 cm de altura de pastejo, após 84 dias de pastejo contínuo mantidos com carga variável de bovinos, e um tratamento testemunha sem pastejo foram avaliados em parcelas experimentais de 1 ha. Em novembro de 2012, após o terceiro período de pastejo, com carga animal média de 1.262, 919, 892 e 724 kg ha⁻¹ de peso vivo, respectivamente, para as alturas de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm, coletaram-se amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, as quais foram utilizadas para determinar as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração e a densidade do solo (Ds), bem como para calcular o intervalo hídrico ótimo (IHO). A menor Ds ocorreu na camada de 0-10 cm para a altura de pastejo de 31 cm da braquiária que correspondeu a 72 % da carga animal máxima. O maior IHO ocorreu na camada de 10-20 cm para a altura de pastejo de 23 cm da braquiária que correspondeu a 83 % da carga animal máxima. O manejo da altura de pastejo da braquiária foi limitado em 23 cm pela maior carga animal e melhores atributos físicos na camada de 10-20 cm do Latossolo Vermelho distrófico típico.

Palavras-chave: Arenito Caiuá, compactação do solo, densidade do solo, intervalo hídrico ótimo, manejo do solo.

Recebido para publicação em 15 de outubro de 2014 e aprovado em 20 de fevereiro de 2015.

DOI: 10.1590/01000683rbc20140667

ABSTRACT: GRAZING HEIGHT OF BRACHIARIA AND STOCKING RATE LIMITED BY SOIL PHYSICAL PROPERTIES THREE YEARS INTO AN INTEGRATED SOYBEAN CROP-LIVESTOCK SYSTEM

*Management of forage grazing height by cattle may compromise soil physical properties. The objective of this study was to evaluate the influence of grazing height of brachiaria (*Urochloa ruziziensis*) and the average stocking rate, after three years into an integrated soybean crop-livestock system, in the physical attributes of a Haplorthox (Rhodic Ferralsol). A randomized complete block experimental design with three replications was used. Five treatments were evaluated in 1 ha experimental plots: grazing heights of 10, 20, 30, and 40 cm at 84 days after continuous grazing, maintaining variable stocking rates of cattle, and a control treatment without grazing. In November 2012, after the third grazing period, with average stocking rate of 1,262; 919; 892; and 724 kg of ha⁻¹ live weight, respectively, for grazing heights of 10, 20, 30 and 40 cm, undisturbed soil samples were taken from the 0-10, 10-20, and 20-30 cm soil layers, which were used to determine the water retention curve, the soil resistance to penetration curve, and soil bulk density (Db), as well as to calculate the least limiting water range (LLWR). The lowest Db occurred in the 0-10 cm layer for the brachiaria height of 31 cm corresponding 72 % maximum stocking rate. The greatest LLWR occurred in the 10-20 cm layer the brachiaria height of 23 cm corresponding 83 % of the maximum stocking rate. Management of the grazing height of brachiaria was limited to the height of 23 cm for higher stocking rate and better physical attributes of the 10-20 cm soil layer of the Haplorthox.*

Keywords: Caiuá Sandstone, soil compaction, soil bulk density, least limiting water range, soil management.

INTRODUÇÃO

A altura de pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária interfere nos atributos físicos do solo (Petean et al., 2010; Collares et al., 2011), em razão do tráfego de máquinas para o manejo das forrageiras e da soja e da pressão de pastejo dos animais (Albuquerque et al., 2001).

Os solos originários de arenito na região noroeste do Paraná têm área em torno de 3,2 milhões de hectares com baixa lotação de bovinos (Sá e Caviglione, 1999), representando 16 % da área do Estado, onde aproximadamente 70 % são ocupados por pastagens. Na década de 1990, Marun e Mella (1997) desenvolveram alternativas de recuperação dessas pastagens degradadas por meio de sucessão de culturas anuais e bianuais. Paralelamente, os agropecuaristas realizam a recuperação dessas pastagens degradadas por meio de cultivos de mandioca, que compromete os atributos físicos desses solos (Guimarães et al., 2013). Em meados da década de 2000, a integração lavoura-pecuária com o cultivo de braquiária no inverno para disponibilizar palhada na superfície do solo e viabilizar o plantio direto de soja tornou-se uma alternativa para manter e melhorar os atributos físicos desses solos (Fidalski et al., 2013).

A densidade (Ds), a porosidade e o conteúdo de água constituem os atributos físicos do solo mais usados nas avaliações de sistemas de integração lavoura-pecuária (Flores et al., 2007; Marchão et al., 2007; Collares et al., 2011). Complementarmente, o intervalo hídrico ótimo (IHO) é utilizado para avaliar sistemas de integração lavoura-pecuária (Petean et al., 2010; Moreira et al., 2014). O

IHO é quantificado para cada valor de Ds; para conteúdo de água na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente obtido das curvas de retenção de água do solo; para conteúdo de água correspondente à determinada resistência do solo à penetração a partir da curva de resistência do solo à penetração; e para porosidade livre de água mínima estimada para manter adequada aeração no solo (Tormena et al., 1998).

Resultados experimentais da influência da altura de pastejo por meio da carga animal variável em sistema de integração lavoura-pecuária com aveia e azevém sobre os atributos físicos do solo foram desenvolvidos por diversos autores (Flores et al., 2007; Petean et al., 2010; Conte et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da altura de pastejo de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) e a carga animal média, após três anos de sistema integração lavoura-pecuária com soja, nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em experimento de 14 ha de integração lavoura-pecuária, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (Iapar), no município de Xambê, no noroeste do Paraná. O solo é um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura arenosa/média, com teores de argila de 100, 120 e 160 g kg⁻¹, respectivamente para as camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

O experimento constituído de cinco tratamentos foi instalado em delineamento de blocos casualizados com três repetições. Cada parcela experimental tinha aproximadamente 1 ha de área. Os tratamentos apresentavam quatro alturas de pastejo de braquiária (*Urochloa ruziziensis*) em 10, 20, 30 e 40 cm, e um tratamento testemunha sem pastejo.

O sistema de integração lavoura-pecuária foi implantado a partir de 2010, com a semeadura de braquiária em março, e subsequentemente em 2011 e 2012. O método de pastejo utilizado foi lotação contínua, com carga animal variável, para manter a altura de pastejo dos tratamentos, com pastoreio de 110, 99 e 84 dias, iniciados respectivamente em 14/05/2010, 30/05/2011 e 05/06/2012 (Turini, 2013). Este autor ajustou as alturas da pastagem por meio da lotação contínua com carga animal variada de bovinos da raça Purunã, utilizando o método “put and take”, descrito por Mott e Lucas (1952), com dois animais fixos como *testers* (24 bovinos) e animais reguladores (46 bovinos). Turini (2013) realizou a cada 28 dias, pesagens dos animais e, semanalmente, aferiu a altura dos piquetes em 50 pontos e o ajuste da carga animal, por meio do método “ward stick” (Barthram, 1985). As disponibilidades médias de forragem durante os três períodos de pastejo foram de 2.611, 3.168, 3.756 e 4.139 kg ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente, para as alturas de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm, com cargas de animais bovinos médias de 1.153, 957, 774 e 637 kg ha⁻¹, respectivamente, para as alturas de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm (Turini, 2013). Em 2012, as cargas animais médias foram de 1.262, 919, 892 e 724 kg ha⁻¹ de peso vivo (PV), respectivamente para as alturas de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm; e as disponibilidades de braquiária foram de 2.131, 3.229, 3.806 e 4.367 kg ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente para as alturas de pastejo de 10, 20, 30 e 40 cm, após 84 dias de pastejo contínuo (Turini, 2013).

A amostragem de solo foi realizada em novembro de 2012, sob a braquiária. As amostras indeformadas de solo foram coletadas com cilindros metálicos (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro) no centro das camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, em duplicata, totalizando 90 amostras de solo. As amostras de solo foram saturadas e expostas ao secamento natural em ambiente controlado para obter ampla variabilidade da umidade do solo e de resistência do solo à penetração (RP), as quais foram feitas por meio de um penetrômetro de bancada (Figueiredo et al., 2011). Simultaneamente, foram determinados os potenciais (ψ) com tensiômetro em miniatura T5 e medidor de potencial WP4-T (Fidalski et al., 2013). Em seguida, as amostras foram secadas em estufa a 105 °C durante 48 h para obter a massa de água e de solo e calcular a Ds.

As curvas de retenção de água do solo foram ajustadas pelo modelo matemático proposto por Ross et al. (1991), por meio da relação funcional entre potencial mátrico (ψ) e conteúdo de água (θ): [$\theta = a\psi^b$] ou pela transformação para logarítmica: [$\ln\theta = \ln a + b \ln|\psi|$], em que θ é o conteúdo de água (m³ m⁻³); $|\Psi|$ é o módulo do potencial mátrico (MPa); e a e b são constantes estimadas no ajuste da função. Para caracterizar os efeitos da Ds, camada de amostragem, utilizou-se o procedimento adotado em Silva et al. (1994): $\ln(\theta) = \ln[(a_0 + a_1 \times xi + a_2 \times Ds) + (b_0 + b_1 \times xi)] \ln(\psi)$, em que a e b são os coeficientes da regressão; xi são camadas de amostragem (-1, 0, 1, respectivamente, 0-10, 10-20 e 20-30 cm); e Ds, densidade do solo.

As curvas de resistência do solo à penetração foram obtidas a partir da relação funcional entre RP, θ e Ds foi ajustada utilizando a função $RP = c \theta^d Ds^e$ descrita por Silva et al. (1994), cuja solução foi obtida por meio da transformação logarítmica em uma equação linear múltipla: $\ln(RP) = \ln(c) + d(\ln\theta) + e(\ln Ds)$, em que RP (MPa), θ (m³ m⁻³), Ds (kg dm⁻³) e os coeficientes de ajuste dos dados ao modelo matemático são c , d e e . A equação foi linearizada, ajustando-se os modelos das curvas de retenção de água do solo e de resistência do solo à penetração. O IHO foi calculado para cada um dos valores de Ds, utilizando-se as curvas de retenção de água do solo e as de resistência do solo à penetração (Tormena et al., 1998), considerando-se os limites críticos de -80 hPa, -15.000 hPa, 2,5 MPa e 0,10 m³ m⁻³, respectivamente para θ_{cc} , θ_{pmp} , θ_{rp} e θ_{pa} . Os valores de IHO e Ds foram submetidos à análise de regressão em função da altura de pastejo. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o pacote estatístico SAS (1990). O manejo da altura de pastejo da braquiária foi definida ao atributo físico da camada de solo que proporcionou maior carga animal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito dos tratamentos para os ajustes das curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração ($p < 0,05$). Os coeficientes das curvas de retenção de água do solo foram positivos para a Ds e negativo para a camada de solo; e os coeficientes da curva de resistência do solo à penetração foram positivos para a Ds e negativo com θ , independentemente das camadas de solo (Quadro 1). O efeito antagônico da compactação do solo ocorreu em razão do aumento da carga animal de 637 a 1.153 kg ha⁻¹ de PV, respectivamente para 40 e 10 cm de altura de pasto, durante os três anos de pastejo (Turini, 2013).

Quadro 1. Coeficientes das curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração

Coeficiente	Valor	Erro-padrão	t	Probabilidade
Curva de retenção de água do solo ⁽¹⁾				
$\text{Ln } \theta = [(a_0 + a_1\text{camada} + a_2\text{Ds}) + (b_0 + b_1\text{camada})] \text{Ln } \psi $				
a_0	-2,7719	0,8787	-3,15	0,0022
a_1	-0,1605	0,0756	-2,12	0,0366
a_2	1,2937	0,5281	2,45	0,0164
b_0	-0,2369	0,0095	-24,82	<0,0001
b_1	0,0271	0,0117	2,32	0,0226
Curva de resistência do solo à penetração ⁽²⁾				
$\text{ln RP} = c + d \text{ln } \theta + e \text{ln Ds}$				
c	-6,1228	0,8520	-7,19	<0,0001
d	-1,3357	0,0741	-18,04	<0,0001
e	7,8279	1,6469	4,75	<0,0001

⁽¹⁾ θ : conteúdo água ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); Ds: densidade do solo (kg dm^{-3}); e ψ : potencial matricial (MPa). Variável indicadora com valores “-1” para a camada de 0-10 cm, “0” para a de 10-20 cm e “1” para a de 20-30 cm. $R^2 = 0,87$; e n = 89. ⁽²⁾ RP: resistência do solo à penetração (MPa); θ : conteúdo de água ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$); e Ds: densidade do solo (kg dm^{-3}); $R^2 = 0,76$; e n = 90).

Sob pastejo contínuo da braquiária, as alturas de pastejo influenciaram a Ds na camada de 0-10 cm, quantificada pela menor Ds para a altura de pastejo de 31 cm, por meio da equação de regressão quadrática (Figura 1), correspondendo à altura máxima de 30 cm sugerida por Sbrissia e Silva (2008) para capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). Lanzasova et al. (2007) também constataram maior Ds na camada superficial do solo (0-5 cm) em sistema de integração lavoura-pecuária com carga de bovinos de 1.154 e 1.640 kg ha^{-1} sob pastejo contínuo, respectivamente de 14 e 28 dias de aveia e azevém.

A porosidade desse solo expressa pela θ_{pa} não foi restritiva para as diferentes alturas de pastejo, com valores superiores ao limite crítico de 0,10 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ (Figura 2), sugerido por Grable e Siemer (1968), os quais são característicos de classes texturais arenosa e média, constatadas também por Fidalski et al. (2010).

O IHO decresceu da primeira para a segunda e terceira camada de solo (Figura 2), em razão do acréscimo do teor de argila (Fidalski et al., 2013), que aumenta o atrito entre as partículas do solo. A redução do IHO ocorreu pelo aumento da RP que foi o fator mais limitante do IHO para todos os valores de Ds, corroborando os resultados obtidos em solos similares (Fidalski et al., 2010; Guimarães et al., 2013) e em integração lavoura-pecuária (Petean et al., 2010).

Não houve Ds crítica (Dsc) porque todos os valores de IHO foram superiores a 0,05 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, não havendo IHO = 0 para quantificar Dsc (Figuras 2 e 3), descrita por Tormena et al. (1998) e verificada em sistema de integração lavoura-pecuária em Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso para alturas de pastejo de 7, 14, 21 e 28 cm de aveia e azevém (Moreira et al., 2014).

Os maiores IHO ocorreram para as alturas de pastejo de 23 e 40 cm de altura, respectivamente para as camadas de 10-20 e 0-10 cm (Figura 4). Esses resultados confirmaram que na camada de 10-20 cm houve maior limitação física desse solo sob integração lavoura-pecuária, por estar localizada entre as camadas de 0-10 cm de textura arenosa com maior teor de C orgânico, e 20-30 cm

- 0-10 cm $\hat{y} = 1,7354 - 0,0055x - 0,00009x^2$ $R^2 = 0,99$
- △ 10-20 cm $\bar{y} = 1,6883$
- 20-30 cm $\bar{y} = 1,6792$

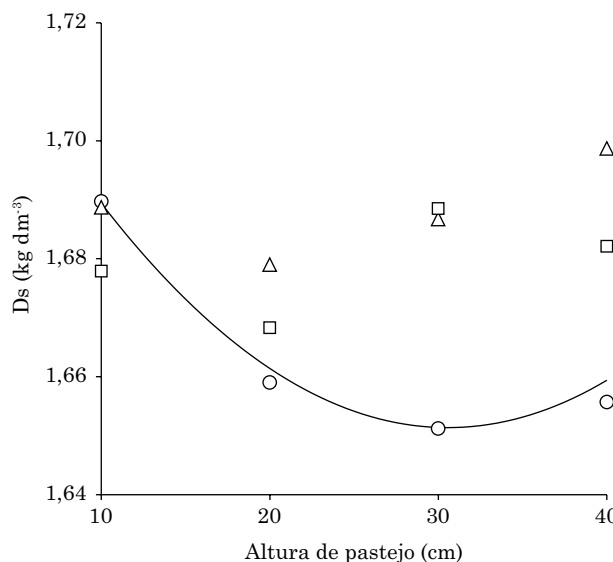


Figura 1. Densidade do solo (Ds) em três camadas do solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm) de pastagem de *Urochloa ruziziensis* em função das alturas de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm). °: significativo com $p < 0,10$.

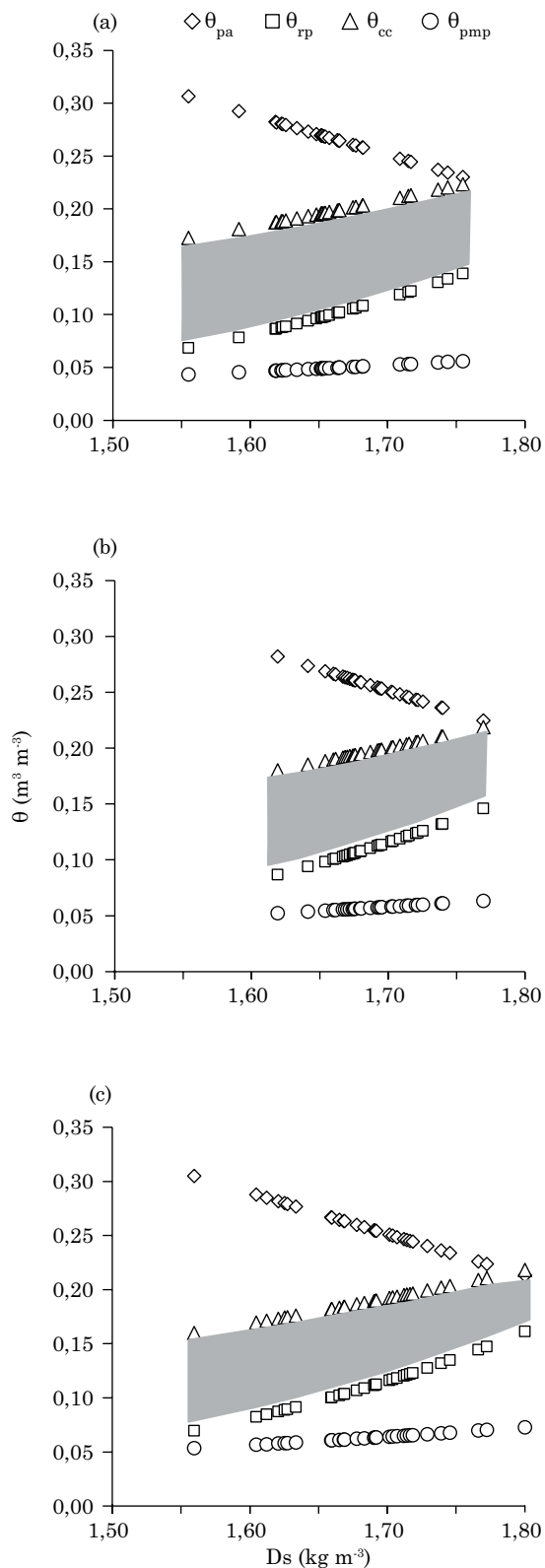


Figura 2. Conteúdo de água do solo (θ) em função da densidade do solo (D_s) para as camadas de 0-10 cm (a), 10-20 cm (b) e 20-30 cm (c). As áreas hachuradas correspondem ao IHO para os limites críticos de -80 hPa (θ_{cc}), -15.000 hPa (θ_{pmp}), 2,5 MPa (θ_{rp}) e $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (θ_{pa}).

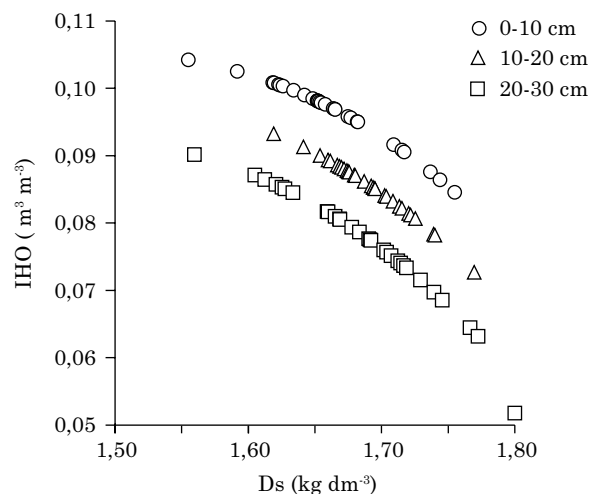


Figura 3. Intervalo hídrico ótimo (IHO) em função da densidade do solo (D_s) para três camadas de solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm).

de textura média com menor teor de C orgânico (Fidalski et al., 2013). Spera et al. (2010) também constataram maiores limitações subsuperficial do solo, na camada de 10-15 cm, os quais atribuíram à maior intensidade das atividades agropastoris em sistemas de integração lavoura-pecuária.

As D_s e o IHO possibilitaram descrever as alturas de pastejo com menores limitações físicas do solo para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, após o terceiro período de pastejo contínuo de 84 dias (Figuras 1 e 4). A altura de pastejo da braquiária seria de 23 cm, utilizando-se o IHO da camada de 10-20 cm como referência, por ter apresentado a menor limitação física do Latossolo Vermelho distrófico típico. As D_s na camada de 0-10 cm correspondentes às alturas de pastejo de 23 e 31 cm foram quantitativamente similares, respectivamente, 1,66 e 1,65 kg dm^{-3} (Figura 1). De acordo com Turini (2013), a altura de pastejo mínima de 23 cm da braquiária, durante o período de pastejo contínuo de 84 dias em 2012, corresponderia a 1.018 kg ha^{-1} de PV ou 83 % da carga animal máxima obtida com a altura de pastejo de 10 cm, superior a 72 % ou 887 kg ha^{-1} de PV da carga animal se fosse considerado a D_s para altura de pastejo de 31 cm na camada de 0-10 cm. Dentre os atributos físicos limitantes e camadas de solo, a altura de pastejo de 23 cm da braquiária proporcionou maior carga animal com D_s de 1,66 kg m^{-3} e IHO de 0,0836 $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente, para as camadas de 0-10 e 10-20 cm (Figuras 1 e 4).

A altura de pastejo a 23 cm, relativo ao terceiro período de pastejo contínuo em 2012, corrobora o resultado do primeiro pastejo contínuo em 2010, onde a altura de pastejo de 10 cm apresentava a maior limitação física desse solo por ter apresentado maior frequência de amostras de solo acima da D_s crítica, que corresponde aos valores de D_s com

- 0-10 cm $\hat{y} = 0,0928 + 0,00014^{\circ} x R^2 = 0,83$
 △ 10-20 cm $\hat{y} = 0,0816 + 0,00045x - 0,00001^{\circ} x^2 R^2 = 0,98$
 □ 20-30 cm $\bar{y} = 0,0782$

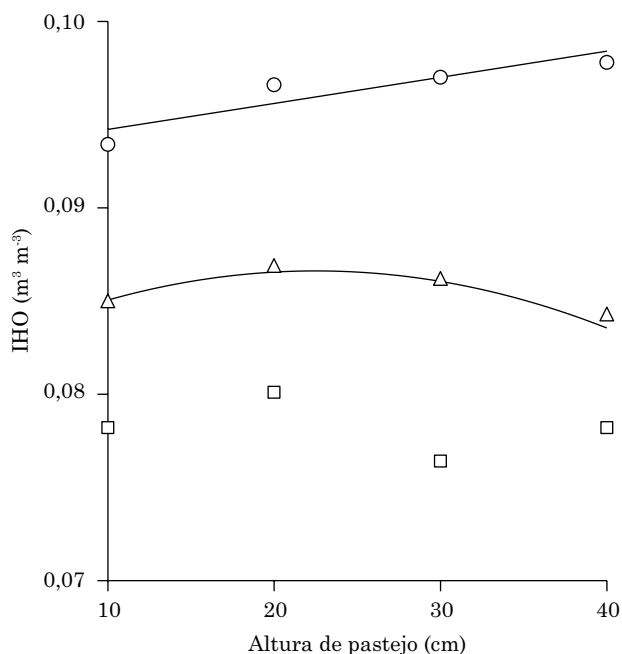


Figura 4. Intervalo hídrico ótimo (IHO) em função de quatro altura de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) em três camadas de solo e sem pastejo (SP). °: coeficientes de regressões linear e quadrática significativos a 10 % pelo teste t.

IHO nulo (Fidalski et al., 2013). Os resultados das avaliações dos atributos físicos no intervalo de três anos convergiram para o manejo da altura de pastejo de 23 cm da braquiária como indicação de manejo da altura de pastejo para obter a melhor qualidade física do Latossolo Vermelho distrófico típico, por apresentar menor risco de degradação da braquiária em sistema de integração lavoura-pecuária com soja.

CONCLUSÕES

A menor Ds ocorreu na camada de 0-10 cm para a altura de pastejo de 31 cm da braquiária que correspondeu a 72 % da carga animal máxima.

O maior IHO ocorreu na camada de 10-20 cm para a altura de pastejo de 23 cm da braquiária que correspondeu a 83 % da carga animal máxima.

O manejo da altura de pastejo da braquiária foi limitado em 23 cm pela maior carga animal e melhores atributos físicos na camada de 10-20 cm do Latossolo Vermelho distrófico típico.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, pelas bolsas de produtividade dos autores. Ao FINEP/Sustagri, pelo apoio financeiro. Aos Agentes de Ciência e Tecnologia do IAPAR e aos técnicos em agropecuária José Antônio Soler e Paulo Henrique Almeida Parpinelli, respectivamente pelas colaborações na condução do experimento e pela coleta de amostras de solo. Ao doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, Tercilio Turini, pelas avaliações das cargas animais em 2012.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque JA, Sangoi L, Ender M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. R Bras Ci Solo. 2001;25:717-23.
- Barthram GT. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: Alcock MM, editor. Biennial report of the Hill Farming Research Organization. Midlothian: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.
- Collares GL, Reinert DJ, Reichert JM, Kaiser DR. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura-pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. Ci Rural. 2011;41:246-50.
- Conte O, Flores JPC, Cassol LC, Anghinoni I, Carvalho PCF, Levien R, Wesp CL. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. Pesq Agropec Bras. 2011;46:1301-9.
- Fidalski J, Tormena CA, Alves SJ. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distrófico, após o primeiro período de pastejo contínuo de *Brachiaria ruziziensis*, em sistema integração lavoura-pecuária. R Bras Ci Solo. 2013;37:775-83.
- Fidalski J, Tormena CA, Silva ÁP. Least limiting water range and physical quality of soil under groundcover management systems in citrus. Sci Agric. 2010;67:448-53.
- Figueiredo GC, Silva AP, Tormena CA, Giarola NFB, Moraes SO, Almeida BG. Improvement of a testing apparatus for dynamometry: procedures for penetrometry and influence of strain rate to quantify the tensile strength of soil aggregates. R Bras Ci Solo. 2011;35:373-87.
- Flores JPC, Anghinoni I, Cassol LC, Carvalho PCF, Leite JGDB, Fraga TI. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. R Bras Ci Solo. 2007;31:771-80.
- Grable AR, Siemer EG. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. Soil Sci Soc Am J. 1968;32:180-6.
- Guimarães RML, Tormena CA, Blainski E, Fidalski J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. R Bras Ci Solo. 2013;37:1512-21.
- Lanzanova ME, Nicoloso RS, Lovato T, Eltz FLF, Amado TJC, Reinert DJ. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. R Bras Ci Solo. 2007;31:1131-40.

- Marchão RL, Balbino LC, Silva EM, Santos Junior JDG, Sá MAC, Vilela L, Becquer T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesq Agropec Bras*. 2007;42:873-82.
- Marun F, Mella SC. Recuperação de pastagens pela sucessão de culturas anuais e bianuais; um estudo no noroeste do Paraná. Londrina: Iapar; 1997. (Boletim técnico, 52).
- Moreira WH, Tormena CA, Betioli Junior E, Petean LP, Alves SJ. Influência da altura de pastejo de azevém e aveia em atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico, após sete anos sob integração lavoura-pecuária. *R Bras Ci Solo*. 2014;38:1315-26.
- Mott GO, Lucas HL. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: *Proceedings of 6th International Grassland Congress*; 1952; Pennsylvania. Pennsylvania: State College Press; 1952. p.1380-95.
- Petean LP, Tormena CA, Alves SJ. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. *R Bras Ci Solo*. 2010;34:1515-26.
- Ross PJ, Willians J, Bristow KL. Equations for extending water-retention curves to dryness. *Soil Sci Soc Am J*. 1991;55:923-7.
- Sá JPG, Caviglione JH. Arenito Caiuá: Capacidade de lotação das pastagens. Londrina: Iapar; 1999. (Informe de pesquisa, 132).
- SAS - Statistical Analysis Systems Institute Inc. Procedure guide. Version 6. 3th.ed. Cary, NC: 1990.
- Sbrissia AF, Silva SC. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. *R Bras Zootec*. 2008;37:35-47.
- Silva AP, Kay BD, Perfect E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Sci Soc Am J*. 1994;58:1775-81.
- Spera ST, Santos HP, Fontaneli RS, Tomm GO. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Sci Agron*. 2010;32:37-44.
- Tormena CA, Silva AP, Libardi PL. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *R Bras Ci Solo*. 1998;22:573-81.
- Turini T. Desempenho produtivo e comportamento ingestivo de bovinos submetidos a diferentes alturas de pastejo de *Brachiaria ruziziensis* em integração lavoura-pecuária [tese]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2013.