

Atributos físicos do solo sob intensidades de pastejo e métodos de pastoreio com cordeiros em integração lavoura-pecuária

Igor Justin Carassai⁽¹⁾, Paulo César de Faccio Carvalho⁽¹⁾, Raquel Rolim Cardoso⁽¹⁾, João Paulo Cassol Flores⁽¹⁾, Ibanor Anghinoni⁽¹⁾, Carlos Nabinger⁽¹⁾, Fabiana Kellermann de Freitas⁽¹⁾, Stefani Macari⁽¹⁾ e Carlos Ricardo Trein⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Avenida Bento Gonçalves, nº 7.712, CEP 91501-970 Porto Alegre, RS. E-mail: igor.carassai@gmail.com, paulocfc@ufrgs.br, r.gaucha@hotmail.com, joaopcflres@yahoo.com.br, ibanghi@ufrgs.br, nabinger@ufrgs.br, fkreitas@hotmail.com, stefanimacari@yahoo.com.br, trein@ufrgs.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações na densidade e na porosidade total do solo, em razão do pisoteio de cordeiros, sob diferentes manejos, após as culturas de verão em plantio direto. O experimento foi realizado em Argissolo Vermelho distrófico argiloso, nas camadas 0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm, em pastagem de azevém anual manejada com ofertas de forragem de 2,5 ou 5,0 vezes o potencial de consumo dos animais, em lotação contínua e rotacionada. Como testemunha, utilizou-se uma área não pastejada. As intensidades de pastejo e os métodos de pastoreio não tiveram efeito sobre a densidade e a porosidade total do solo. É possível utilizar, durante o inverno, áreas com este tipo de textura do solo, com culturas de cobertura para pastejo de cordeiros, sem que as alterações nos atributos físicos do solo, pelo pisoteio animal, atinjam níveis prejudiciais para as culturas subsequentes.

Termos de indexação: *Glycine max*, *Lolium multiflorum*, compactação do solo, compressibilidade do solo, lotação contínua, lotação rotacionada.

Soil physical attributes under grazing intensities and methods with lambs on integrated crop-livestock systems

Abstract – The objective of this work was to evaluate possible alterations in the soil bulk density and total porosity due to lamb trampling, under different grazing management after no-tillage summer crop. The experiment was carried out in the layers 0–2.5, 2.5–5 and 5–10 cm of an arenic Ultisol, in an annual ryegrass pasture with forage allowance of 2.5 and 5.0 of animal potential consumption, under continuous and rotational stocking. An ungrazed area was used as check. Grazing intensities and methods did not affect soil bulk density and total porosity. It is possible to use areas with this kind of soil texture, with cover crops for lamb grazing in the winter, without alterations on soil physical attributes, caused by animal trampling, reach harmful levels for subsequent crops.

Index terms: *Glycine max*, *Lolium multiflorum*, soil compaction, soil compressibility, continuous stocking, rotational stocking.

Introdução

A diversificação das atividades nas propriedades agrícolas é fundamental para uma agricultura eficiente, produtiva e estável (Cassol, 2003). Para isto, são necessários a busca e o aprimoramento de sistemas que ofereçam alternativas de renda para produtores de grãos, no período de entressafra, e que diminuam sua dependência das culturas de verão. Assim, a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária, com o uso de práticas adequadas de manejo racional dos recursos naturais e de utilização de insumos, é uma opção. Da área cultivada com soja e milho no Rio Grande do Sul

(cinco milhões de hectares), cerca de 15% é utilizada no inverno com lavouras de grãos, e o restante permanece em pousio ou apenas com plantas de cobertura do solo (Companhia Nacional de Abastecimento, 2007). Restam, portanto, aproximadamente quatro milhões de hectares que poderiam ser incorporados ao sistema produtivo, por meio do uso de sistemas de integração lavoura-pecuária, o que poderia promover melhorias nos índices agropecuários do Estado e diminuição dos riscos do agronegócio para o produtor (Cassol, 2003).

A integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul, é vista como alternativa para aumento da rentabilidade das

propriedades agrícolas, as quais muitas vezes têm na cultura de grãos de verão a única fonte de renda anual. Com a utilização para pastejo de áreas que permanecem apenas com culturas de cobertura durante o inverno, é possível a engorda e terminação de cordeiros destinados ao abate. Com manejo adequado, é possível obter-se renda adicional durante o inverno, sem que isso acarrete prejuízos às culturas de verão implantadas na sequência.

Em sistemas de integração lavoura-pecuária há preocupação quanto ao efeito do pisoteio animal sobre os atributos físicos do solo, principalmente os relacionados à compactação, particularmente em áreas sob sistema plantio direto (Carvalho et al., 2005). O manejo da carga animal por área (peso e número de animais) pode contribuir para o estabelecimento de graus diferenciados de compactação do solo, em consequência da pressão exercida sobre o solo. Uma maior intensidade de pastejo (maior carga animal) determina menor massa de forragem, redução da cobertura vegetal, e aumento do tempo de pastejo e do deslocamento dos animais na busca pela forragem (Carvalho et al., 2005). Por isso, em pastos manejados com altura baixa (maior intensidade), o pisoteio animal por unidade de área aumenta e torna maior a probabilidade de compactação do solo.

A compactação do solo é caracterizada pelo aumento da densidade, da microporosidade e da resistência à penetração, e pela redução da macroporosidade (Rosolem et al., 1999; Canillas & Salokhe, 2001; Beutler et al., 2004). O efeito do pisoteio animal na compactação do solo varia com a textura do solo, o teor de matéria orgânica (Smith et al., 1997), o conteúdo de umidade no solo (Correa & Reichardt, 1995), a quantidade de biomassa vegetal (Silva et al., 2000), a intensidade e tempo de pastejo e com a espécie e categoria animal explorada (Correa & Reichardt, 1995; Salton et al., 2002).

A agricultura e a pecuária podem atuar como atividades complementares que, quando integradas, funcionam em sinergia (Cassol, 2003). Na integração lavoura-pecuária, o cultivo da pastagem e da própria cultura anual subsequente atuam no sentido de resistir e reverter a compactação devida ao pisoteio animal. A resultante desse conjunto de forças depende das práticas de manejo adotadas no agroecossistema solo-planta-animal.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações na densidade e na porosidade total do solo, causadas pelo

pisoteio animal, em pastos de azevém anual manejados em diferentes intensidades de pastejo e métodos de pastoreio, após as culturas de soja e milho.

Material e Métodos

Foram analisadas amostras de experimento conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Município de Eldorado do Sul, RS, a 30°05'52"S, 51°39'08"W, à altitude média de 46 m, na região fisiográfica da Depressão Central. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico (Santos et al., 2006), com 216±15 g kg⁻¹ de argila na camada 0–10 cm (Tabela 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa – subtropical úmido com verão quente –, com precipitação total anual no local do experimento em torno de 1.440 mm, com média mensal de 120 mm.

A partir de 1999, a área experimental, de aproximadamente 6 ha, começou a ser cultivada em sistema plantio direto, com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no inverno e milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.] no verão. Em 2003, iniciou-se o sistema de integração lavoura-pecuária, em plantio direto com ressemeadura natural de azevém no inverno. Os piquetes, considerados unidades experimentais (UE), ocuparam 4,3 ha, com tamanho médio de 0,26 ha, e 1,7 ha foram destinados aos animais reguladores.

No inverno de 2004, a pastagem de azevém foi estabelecida via ressemeadura natural e foi submetida a um período de pastejo de 79 dias. Na safra 2004/2005, foi semeada soja [*Glycine max* (L.) Merr.], com ciclo médio de 150 dias e espaçamento entre linhas de 0,45 m, tendo-se usado semeadora-adubadora para semeadura direta. No inverno de 2005, a pastagem de azevém foi novamente estabelecida via ressemeadura natural e submetida ao pastejo por 117 dias. Na safra

Tabela 1. Média±desvio-padrão dos teores de argila na camada 0–10 cm, em área de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto.

Tratamento	Argila (g kg ⁻¹)
Lotação contínua e intensidade baixa	195±41
Lotação contínua e intensidade moderada	208±19
Lotação rotacionada e intensidade baixa	233±15
Lotação rotacionada e intensidade moderada	225±10
Sem pastejo	210±0
Média	216±15

2005/2006, as UE foram divididas em partes iguais e cultivadas com soja e milho (*Zea mays* L.). A cultura da soja foi implantada sob as mesmas condições da safra anterior (2004/2005), e o milho foi estabelecido via semeadura direta, com espaçamento de 0,90 m, com período de cultivo de aproximadamente de 150 dias.

Os tratamentos foram compostos por intensidades de pastejo moderada e baixa, definidas respectivamente por ofertas de forragem de 2,5 e 5,0 vezes o potencial de consumo dos animais, com as pastagens sendo manejadas em lotação contínua e rotacionada. Assim, os seguintes tratamentos foram obtidos: CIM, lotação contínua e intensidade moderada; CIB, lotação contínua e intensidade baixa; RIM, lotação rotacionada e intensidade moderada; RIB, lotação rotacionada e intensidade baixa; e SP, sem pastejo. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com número diferente de repetições: duas para SP e quatro para os demais tratamentos.

Os animais utilizados no inverno de 2004 foram cordeiros provenientes de cruzamento das raças Île de France e Texel, com peso médio de 52,4 kg. No inverno de 2005, utilizaram-se cordeiros da raça Texel, com peso médio de 44 kg. A oferta de forragem pretendida foi de 10% do peso vivo (PV), nos tratamentos de intensidade de pastejo moderada, e de 20% do PV nos tratamentos de intensidade de pastejo baixa. Essas ofertas de forragem correspondem às cargas animais médias de 1.370, 1.012, 1.825, 1.004 e 1.637, 1.138, 1.905, 1.195 kg ha⁻¹ de PV, para os tratamentos CIM, CIB, RIM e RIB, no inverno de 2004 e 2005, respectivamente.

Em razão da necessidade de se manter a mesma oferta de forragem, nos dois métodos de pastoreio, o período de ajuste da carga animal por meio da técnica "put-and-take" (Mott & Lucas, 1952) foi igual para ambos os métodos. A variável duração de vida da folha (DVF) foi o critério de homogeneização da duração dos ciclos de pastejo, com o objetivo de se definir o período de descanso a partir do qual há o intervalo ótimo de desfolhação. Para tanto, utilizaram-se as informações de Pontes et al. (2003), segundo as quais a DVF, no período de junho a agosto, é de 500°C por folha, e de setembro a novembro é 410°C por folha. Esses valores foram, então, divididos pela temperatura média de junho a novembro, a partir de séries climáticas obtidas junto ao Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS. O período de ocupação

nos piquetes de lotação rotacionada foi de dois dias. Para a determinação do número de subpiquetes para o método rotacionado, dividiu-se o comprimento da UE pelo número de dias do ciclo de pastejo.

Para a avaliação de densidade, macroporosidade e microporosidade do solo, foram coletadas amostras de solo indeformadas das camadas de 0–2,5 e 2,5–5 cm, após as culturas de verão (soja, em abril/2005; e soja/milho, em maio/2006), por meio de anéis metálicos com diâmetro médio de 6,3 cm e altura média de 2,4 cm. Na camada de 5–10 cm, foram utilizados anéis com dimensões médias de 8,4 cm de diâmetro e 4,9 cm de altura. A retirada dos anéis foi feita no mesmo momento, em trincheiras de 20x30x50 cm aproximadamente, em dois pontos amostrais distribuídos ao acaso dentro de cada UE.

Para a determinação da macro e da microporosidade, as amostras foram colocadas em funis de Buckingham e submetidas à tensão de 60 cm de coluna de água. Na determinação do diâmetro de poros (macro e microporos) foi utilizado o modelo capilar, para o cálculo da tensão de 60 cm de coluna de água (Bouma, 1973).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade, em cada uma das nove combinações entre as três camadas (0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm) e as três condições de amostragem (após a lavoura de soja 2004/2005 e após as lavouras de soja e milho 2005/2006), seguindo o modelo,

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

em que: Y_{ij} são as variáveis dependentes; μ é a média de todas as observações; T_i é o efeito do tratamento i ; B_j é o efeito do bloco j ; e ϵ_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} . Também foram realizados contrastes ortogonais na comparação entre a área sem pastejo e a pastejada – SP x demais (CIB, CIM, RIB e RIM) –, entre os métodos de pastoreio, independentemente da intensidade de pastejo – lotação contínua (C) x rotacionada (R) –, e entre as intensidades de pastejo dentro de cada método de pastoreio (CIB x CIM e RIB x RIM).

Resultados e Discussão

Na sequência da lavoura de soja 2004/2005, somente a camada intermediária (2,5–5 cm)

apresentou diferença entre os tratamentos ($p=0,0084$), e o tratamento CIB apresentou o menor valor: $1,46 \text{ Mg m}^{-3}$ (Tabela 2). O contraste entre os métodos de pastoreio – lotação contínua (C) x rotacionada (R) –, somente diferiu ($p=0,0219$) na camada 2,5–5 cm, após a lavoura de soja 2004/2005. No desdobramento da análise dos contrastes das intensidades, dentro da lotação contínua (CIM x CIB) na camada 2,5–5,

podem-se observar os maiores valores na intensidade moderada ($p=0,0033$).

Alterações da densidade do solo podem ser influenciadas pelas raízes das culturas de verão e pela compressibilidade do solo. Essa característica do solo permite que ele se recupere de deformações que lhe foram impostas por meio de pressões, no caso, pelo pisoteio dos cordeiros no inverno e pelo tráfego de máquinas. Tal recuperação somente ocorre

Tabela 2. Atributos físicos do solo nas profundidades 0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm, após lavoura de soja em 2004/2005 e depois do ciclo de pastejo do azevém e das lavouras de soja e milho em 2005/2006, em área de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto⁽¹⁾.

Tratamento ⁽²⁾	Após soja 2004/2005			Média	Após soja 2005/2006			Média	Após milho 2005/2006			Média
	0–2,5	2,5–5	5–10		0–2,5	2,5–5	5–10		0–2,5	2,5–5	5–10	
Densidade (Mg m^{-3})												
CIB	1,25	1,46c	1,51	1,40	1,39	1,50	1,51	1,47	1,31	1,53	1,54	1,46
CIM	1,29	1,55ab	1,59	1,48	1,24	1,50	1,61	1,45	1,36	1,59	1,59	1,51
RIB	1,31	1,57a	1,57	1,48	1,26	1,55	1,60	1,47	1,21	1,57	1,53	1,44
RIM	1,31	1,54ab	1,60	1,48	1,30	1,54	1,53	1,45	1,36	1,56	1,59	1,50
SP	1,35	1,49bc	1,60	1,48	1,23	1,57	1,58	1,46	1,02	1,57	1,47	1,35
Média	1,30	1,53	1,57		1,28	1,53	1,57		1,28	1,54	1,53	
p	0,7392	0,0084	0,0657		0,8870	0,9117	0,2529		0,2525	0,8535	0,6992	
CV (%)	7,09	2,22	2,72		14,28	7,03	3,76		9,54	3,99	5,15	
Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)												
CIB	0,15	0,11	0,10	0,12	0,16	0,12	0,14	0,14	0,21	0,11	0,10	0,14
CIM	0,15	0,08	0,08	0,10	0,21	0,15	0,07	0,14	0,17	0,12	0,08	0,12
RIB	0,15	0,06	0,07	0,09	0,22	0,10	0,09	0,14	0,18	0,10	0,08	0,12
RIM	0,14	0,10	0,07	0,11	0,19	0,13	0,11	0,15	0,15	0,10	0,08	0,12
SP	0,15	0,11	0,04	0,10	0,19	0,13	0,04	0,12	0,25	0,17	0,15	0,18
Média	0,14	0,09	0,07		0,20	0,13	0,08		0,18	0,13	0,10	
p	0,9997	0,3212	0,1404		0,8979	0,1315	0,0699		0,4725	0,6235	0,2744	
CV (%)	36,37	40,97	28,12		35,17	17,09	30,88		27,24	30,61	28,47	
Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)												
CIB	0,38	0,33	0,26	0,32	0,33	0,28	0,24	0,28	0,31	0,25	0,26	0,27
CIM	0,36	0,35	0,27	0,32	0,32	0,26	0,26	0,28	0,32	0,28	0,24	0,28
RIB	0,36	0,34	0,27	0,32	0,33	0,27	0,23	0,28	0,35	0,30	0,24	0,29
RIM	0,36	0,32	0,26	0,31	0,32	0,27	0,26	0,28	0,32	0,25	0,24	0,27
SP	0,34	0,33	0,27	0,31	0,36	0,28	0,27	0,31	0,36	0,27	0,23	0,28
Média	0,36	0,33	0,26		0,33	0,27	0,25		0,33	0,27	0,24	
p	0,6048	0,3191	0,4518		0,5846	0,9634	0,2816		0,4407	0,6259	0,5475	
CV (%)	8,08	5,90	4,53		7,91	13,18	7,71		7,51	14,27	7,47	
Porosidade total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)												
CIB	0,53	0,44	0,35	0,44	0,48	0,39	0,39	0,42	0,51	0,36	0,36	0,41
CIM	0,51	0,41	0,34	0,42	0,53	0,41	0,32	0,42	0,49	0,39	0,32	0,40
RIB	0,51	0,40	0,34	0,41	0,55	0,37	0,32	0,41	0,53	0,40	0,32	0,42
RIM	0,50	0,42	0,32	0,41	0,51	0,40	0,36	0,42	0,47	0,39	0,32	0,39
SP	0,49	0,44	0,32	0,42	0,56	0,42	0,31	0,43	0,60	0,42	0,38	0,48
Média	0,52	0,42	0,34		0,53	0,40	0,34		0,52	0,40	0,34	
p	0,6998	0,1241	0,0862		0,8141	0,6885	0,2105		0,2897	0,6831	0,1053	
CV (%)	6,83	5,60	3,34		13,58	9,69	9,50		9,00	8,77	5,81	

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais nas colunas, em cada camada e época, não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾CIB, lotação contínua e intensidade baixa; CIM, lotação contínua e intensidade moderada; RIB, lotação rotacionada e intensidade baixa; RIM, lotação rotacionada e intensidade moderada; SP, sem pastejo.

se a pressão aplicada sobre o solo não ultrapassar a pressão de pré-consolidação, que é o ponto que delimita as deformações (compactação) reversíveis e irreversíveis (Dias Junior & Pierce, 1996). Nas demais épocas de amostragem, depois do ciclo de pastejo do azevém e das lavouras de soja e milho em 2005/2006, e nas diferentes camadas amostradas (0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm), os contrastes ortogonais não diferiram. Os baixos conteúdos de argila observados (Tabela 1), provavelmente contribuíram para este resultado.

Os maiores valores de densidade do solo (Tabela 2) foram registrados nas camadas mais profundas (5–10 cm). O efeito do pisoteio sobre o aumento da compactação do solo, quando ocorre, se concentra somente na camada superficial até 5 cm de profundidade (Salton et al., 2002; Cassol, 2003; Lunardi, 2005; Flores et al., 2007). O pisoteio de ovinos e bovinos exerce pressões que podem atingir de 350 a 400 kPa (Proffitt et al., 1993; Betteridge et al., 1999). Essas pressões podem ser duplicadas quando os animais se movimentam (Nie et al., 2001). As máquinas agrícolas, como tratores, por exemplo, exercem pressões sobre o solo entre 30 e 150 kPa (Proffitt et al., 1993). Experimentos têm demonstrado que, ainda que ocorra aumento da densidade do solo nas camadas superficiais em razão do pisoteio animal, ele geralmente não atinge valores prejudiciais às culturas subsequentes ao período de pastejo (Cassol, 2003; Flores et al., 2007, Marchão et al., 2007).

Com relação aos contrastes entre as áreas pastejadas e sem pastejo, pôde-se constatar que não houve efeito prejudicial do pisoteio animal durante o ciclo de pastejo do azevém sobre a densidade do solo (Tabela 2), em ambas as épocas de amostragem – após lavoura de soja 2004/2005 e depois do ciclo de pastejo do azevém e das lavouras de soja e milho 2005/2006 –, uma vez que a magnitude dos valores indica níveis não prejudiciais, como também observado por Drewry et al. (1999), Goosey et al. (2005), Lunardi (2005), Dubeux Junior et al. (2006), Flores et al. (2007) e Hatfield et al. (2007). Deve-se ressaltar, no entanto, que em condições em que as intensidades de pastejo são demasiadamente elevadas, pode haver degradação das propriedades do solo, conforme relatado por Xie & Wittig (2004).

A macroporosidade e a microporosidade não diferiram nas nove combinações entre as três camadas (0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm) e as três condições de amostragem (Tabela 2), sendo os valores não prejudiciais ao desenvolvimento das culturas de grãos, (Cassol,

2003; Lunardi, 2005; Flores et al., 2007; Marchão et al., 2007). Os maiores valores de macroporosidade e microporosidade foram encontrados nas camadas superficiais (0–2,5 cm), como também observado por Cassol (2003), Lunardi (2005) e Flores et al. (2007), coerentemente com a densidade do solo que apresentou menores valores nessa camada (Tabela 2).

A porosidade total, nas camadas 0–2,5, 2,5–5 e 5–10 cm, como consequência da macroporosidade e da microporosidade, também não diferiu entre os tratamentos e reduziu com a profundidade (Tabela 2). Bertol et al. (2000) observaram maiores valores de macroporosidade e de porosidade total do solo com a menor intensidade de pastejo, principalmente na camada de 0–5 cm, e estabeleceram o nível crítico de 12% PV como o limite inferior de oferta de forragem e, conseqüentemente, o limite superior de intensidade de pastejo. O uso de intensidades de pastejo demasiadamente elevadas pode, no entanto, resultar em maiores densidades do solo e, assim, elevar o grau de compactação, particularmente em camadas mais superficiais (Kelly, 1985). Em sistemas de integração lavoura-pecuária, deve-se dar uma atenção especial à intensidade de pastejo ou altura do pasto por intermédio do controle da carga animal. Intensidades elevadas, que correspondem a altas cargas animais, podem ocasionar aumento de densidade e redução de macroporosidade do solo até valores muito próximos daqueles considerados limitantes ao crescimento radicular da cultura que vem em seqüência, especialmente se a pressão de pré-consolidação for atingida. Os resultados obtidos confirmam que o pisoteio animal pode não ser um fator prejudicial ao sistema produtivo, quando se alia a produção vegetal à produção animal na mesma área, desde que os componentes do agroecossistema solo-planta-animal sejam adequadamente manejados. Hatfield et al. (2007) demonstraram que os ovinos podem ser incorporados em sistemas de integração lavoura-pecuária, sem nenhum impacto negativo sobre atributos físicos e químicos do solo, além da possibilidade de, em longo prazo, aumentar o nitrogênio disponível e da matéria orgânica do solo.

Conclusões

1. Os atributos físicos do solo avaliados não são afetados pelo método de pastoreio nem pela intensidade de pastejo, em comparação a áreas não pastejadas.

2. A utilização de áreas de lavoura para pastejo com ovinos, durante o inverno, não altera significativamente os atributos físicos do solo utilizado.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, por concessão de bolsas; à Empresa Agropecuária Cerro Coroadó, pela concessão dos animais; e aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Ecologia do Pastejo e em Ecofisiologia de Pastagens, pelo auxílio na execução das avaliações de campo.

Referências

- BERTOL, I.; ALMEIDA, J.A. de; ALMEIDA, E.X. de; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1047-1054, 2000.
- 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. **Australian Journal of Soil Research**, v.37, p.743-760, 1999.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G. Relação entre alguns atributos físicos e a produção de grãos de soja e arroz de sequeiro em latossolos. **Ciência Rural**, v.34, p.365-371, 2004.
- BOUMA, J. **Guide to the study of water movement in soil pedons above the watertable**. Madison: University of Wisconsin, 1973. 194p.
- CANILLAS, E.C.; SALOKHE, V.M. Regression analysis of some factors influencing soil compaction. **Soil and Tillage Research**, v.61, p.167-178, 2001.
- CARVALHO, P.C. de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; TREIN, C.R.; FLORES, J.P.C.; CEPIK, C.T.C.; LEVIEN, R.; LOPES, M.T.; BAGGIO, C.; LANG, C.R.; SULC, R.M.; PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura e pecuária. In: GOTTSCHALL, C.S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas: ULBRA, 2005. p.7-44.
- CASSOL, L.C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 144p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Sexto levantamento de avaliação da safra 2006/2007**. Brasília: Conab, 2007. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6_levantamento_mar2007.doc>. Acesso em: 6 mar. 2007.
- CORREA, J.C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.107-114, 1995.
- DIAS JUNIOR, M. de 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.
- DREWRY, J.J.; LOWE, J.A.H.; PATTON, R.J. Effect of sheep stocking intensity on soil physical properties and dry matter production on a Pallic Soil in Southland. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.42, p.493-499, 1999.
- DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; COMERFORD, N.B.; SCHOLBERG, J.M.; RUGGIERI, A.C.; VENDRAMINID, J.M.B.; INTERRANTE, S.M.; PORTIER, K.M. Management intensity affects density fractions of soil organic matter from grazed bahiagrass swards. **Soil Biology and Biochemistry**, v.38, p.2705-2711, 2006.
- FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C. de F.; LEITE, J.G. Dal B.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.
- GOOSEY, H.B.; HATFIELD, P.G.; LENSSEN, A.W.; BLODGETT, S.L.; KOTT, R.W. The potential role of sheep in dryland grain production systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.111, p.349-353, 2005.
- HATFIELD, P.G.; GOOSEY, H.B.; SPEZZANO, T.M.; BLODGETT, S.L.; LENSSEN, A.W.; KOTT, R.W.; MARLOW, C.B. Incorporating sheep into dryland grain production systems III. Impact on changes in soil bulk density and soil nutrient profiles. **Small Ruminant Research**, v.67, p.222-231, 2007.
- KELLY, K.B. Effects of soil modification and treading on pasture growth and physical properties of an irrigated red-brown earth. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.36, p.799-807, 1985.
- LUNARDI, R. **Atributos físicos do solo e rendimento de soja num sistema de integração lavoura-pecuária**. 2005. 144p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MARCHÃO, R.L.; BALBINO, L.C.; SILVA, E.M.; SANTOS JÚNIOR, J. de 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.
- MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings**. Pennsylvania: State College Press, 1952. p.1380-1395.
- 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. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.52, p.37-43, 2001.
- PONTES, L. da S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C. de F.; TRINDADE, J.K. da; MONTARDO, D.P.; SANTOS, R.J. dos. Variáveis morfológicas e estruturais de azevém anual (*Lolium*

- multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.814-820, 2003.
- 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. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.44, p.317-331, 1993.
- ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A.C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.821-828, 1999.
- SALTON, J.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; OLIVEIRA, H. de. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, v.69, p.32-34, 2002.
- SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; OLIVEIRA, J.B. de; COELHO, M.R.; LUMBRERAS, J.F.; CUNHA, T.J.F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.
- SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A.; LORENTZ, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. II. Soil properties affecting compactibility and compressibility. **Soil and Tillage Research**, v.43, p.335-354, 1997.
- XIE, Y.Z.; WITTIG, R. The impact of grazing intensity on soil characteristics of *Stipa grandis* and *Stipa bungeana* steppe in Northern China (autonomous region of Ningxia). **Acta Oecologica**, v.25, p.197-204, 2004.

Recebido em 2 de maio de 2010 e aprovado em 27 de setembro de 2011