

COMPORTAMENTO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Rafael Ziani Goulart^{(1)*}; Thomé Lovato⁽²⁾; Rodrigo Pizzani⁽³⁾; Rodrigo Luiz Ludwig⁽⁴⁾;
Paulo Eugênio Schaefer⁽⁴⁾

(1) Acadêmico do curso de Agronomia-UFSM (rafaelzgoulart@hotmail.com);

(2) Professor Adjunto do Departamento de Solos-CCR-UFSM;

(3) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo;

(4) Acadêmicos do curso de Agronomia-UFSM;

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. CEP 97105-900.

RESUMO

Um das opções para aumentar a rentabilidade no campo é a integração da agricultura com a pecuária, porém ainda são necessárias informações para adequar corretos sistemas de manejo afim de que a pecuária seja aditiva e não um sistema predatório e que diminua a renda da lavoura. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar as propriedades físicas do solo densidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total do solo assim como a resistência do solo a penetração quando utilizadas diferentes alturas de pastejo em forrageiras hibernais e a influência das mesmas na produtividade de matéria seca e verde de milho no cultivo em sucessão e os atributos do solo após o mesmo. Os tratamentos foram: altura de pastejo 10 cm; altura de pastejo 20 cm; altura de pastejo 30 cm; sem pastejo e tratamento sem controle de altura e intervalos de pastejo. Foram realizadas coletas de solo, nas profundidades de 0–0,025, 0,025–0,05 e 0,05–0,10 e 0,10 e 0,15 m. Os resultados apontam que os diferentes sistemas de manejos adotados sobre as forrageiras hibernais influenciaram os atributos do solo avaliados densidade do solo, microporosidade, macroporosidade e porosidade total na primeira camada avaliada, assim como modificações na micro e macroporosidade foram encontradas até a segunda camada estudada, tanto no período pós pastejo, como posteriormente a colheita do milho em sucessão, porém este demonstrando efeitos melhoradores nos atributos físicos do solo estudado. Nas demais camadas nenhum atributo avaliado foi influenciado. Quanto à produtividade do milho em sucessão, o mesmo não foi influenciado pelos diferentes tratamentos empregados.

PALAVRAS-CHAVE: integração lavoura-pecuária; atributos físicos do solo; *Zea mays*; pastejo

BEHAVIOR OF SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN SYSTEM INTEGRATION CROP-LIVESTOCK

ABSTRACT

One of the options to increase profitability in the field is the integration of crops with livestock, but are still required to match the correct information management systems in order that the livestock is additive and not a predatory system and to decrease the income from farming. The objective was to evaluate the physical properties of soil

bulk density, macroporosity, total porosity of soil as well as resistance to penetration when using different grazing heights in winter fodder as well as the influence of the same dry matter yield and green maize cultivation in succession and soil attributes after it. The treatments were: pasture height 10 cm, grazing height 20 cm, grazing height 30 cm; without treatment grazing and uncontrolled grazing height and grazing interval. Soil samples were collected at depths of 0,0 to 0.025, 0.025 to 0.05; 0.05-0.10 and 0.10 and 0.15 m. The results indicate that different systems of management employed on the winter forage influenced the soil properties measured bulk density, microporosity, total porosity measured in the first layer, as well as changes in the micro and macro were found up to the second layer studied during the post grazing, and subsequently the corn harvest in succession, but this effect showing improvement in soil physical properties studied. In the remaining layers was influenced any attribute. As the productivity of maize, the same was not influenced by different treatments.

KEYWORDS: crop-livestock integration; soil physical properties; Zea mays; grazing

INTRODUÇÃO

De acordo com MELLO (2003), a definição do termo integração lavoura-pecuária (ILP) remete a um sistema que une as duas atividades objetivando maximizar racionalmente o uso da terra, da infra-estrutura e da mão-de-obra, diversificar e verticalizar a produção, minimizar custos; diluir os riscos assim como agregar valores aos produtos agropecuários, através dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona à outra.

É imprescindível que a agricultura e a pecuária não sejam vistas com atividades antagônicas, e sim com atividades complementares que, quando integradas, e adequadamente manejadas, funcionam em sinergismo, havendo vantagens para ambos os setores produtivos (ALLEN et al., 2007).

De uma maneira geral, todos os solos sob pastejo sofrem influência devido ao tráfego dos animais, sobretudo quando o solo está úmido (CORREA & REICHARDT, 1995), pois assim o pisoteio animal causa aumento na densidade do solo e redução da infiltração de água nas camadas mais superficiais do solo (BERTOL et al., 2000), sendo esse efeito mais pronunciado em solos de textura argilosa do que em solos arenosos (TANNER & MAMARIL, 1959).

FLORES (2008) esclarece que os atributos físicos do solo são afetados pela pressão exercida sobre a superfície do solo, por maquinário e por pelo pisoteio animal, e que a avaliação do efeito dessas pressões é geralmente baseada na mensuração de alguns atributos físicos, geralmente relacionados com a compactação, que podem afetar o rendimento das culturas, dentre os quais estão a densidade, a macroporosidade, a microporosidade, a taxa de infiltração de água e a resistência do solo à penetração.

O pisoteio animal promove geralmente um aumento na densidade e na microporosidade do solo, assim como uma diminuição na taxa de infiltração de água, na macroporosidade e na porosidade total, principalmente na camada mais superficial (SALTON et al., 2002), porém esse efeito pode ser revertido pela cultura de verão subsequente (MORAES & LUSTOSA, 1997)

Ao observar os resultados de pesquisa obtidos por diversos autores, pode-se concluir que a utilização de pastejo direto de animais em forrageiras ou resíduos de plantas pode causar alterações na densidade do solo, principalmente quando a umidade do solo for elevada, porém em muitos casos, as alterações impostas pelo pisoteio bovino não comprometem o rendimento de grãos das culturas implantadas em sucessão (LANZANOVA, 2005).

ALBUQUERQUE et al. (2001) avaliaram os efeitos da integração lavoura-pecuária, sob plantio direto e preparo convencional, nas propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho e nas características da cultura do milho e constataram que em comparação com solo sob mata nativa, o pisoteio e o trânsito de máquinas agrícolas induziram à degradação da estrutura do solo, refletida na diminuição da macroporosidade do solo sob sistema de preparo convencional, e aumento da resistência à penetração no sistema de plantio direto, na camada de 0-10 cm de profundidade.

Apesar de muitos resultados mostrarem que o efeito animal não é significativo, devemos ter em mente a sua ação compactadora, assim como a possibilidade das culturas de verão em minimizar esse efeito ou até mesmo revertê-lo, levando em conta as diferentes plantas com seus sistemas radiculares distintos que permitam melhoria na qualidade física, química e biológica do solo.

Assim, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar quantitativamente, como os atributos físicos de um Argissolo Bruno-Acinzentado no município de São Sepé-RS se comportam em diferentes intensidades de pastejo sob pastagens cultivadas de inverno e o reflexo dessas intensidades na produtividade da cultura sucessora do milho e nos atributos do solo após a mesmo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foi instalado um experimento de campo em área pertencente a uma propriedade familiar produtora de leite, localizada no município de São Sepé (Longitude: 53° 39' 22", Latitude: 30° 00' 00" e altitude 73 m) na região central do estado do RS. O clima da região é classificado como sendo do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com precipitações e temperaturas médias anuais variando entre 1.558 e 1.762 mm e 17,1 e 17,9 °C, aproximadamente (BRASIL, 1973). O solo da área experimental é classificado como um Argissolo Bruno-Acinzentado, conforme EMBRAPA (2006).

Até o ano de 2009, antes da instalação do experimento, a área era mantida com cobertura superficial de campo naturalizado, com predomínio de Capim-Annoni (*Eragrostis plana*), com exploração utilizada na bovinocultura de leite da propriedade.

Também em março de 2009, por ocasião da implantação do experimento foram amostradas as camadas de solo de 0,0-0,10 m para análise química e granulométrica e os resultados encontrados seguem na tabela a seguir:

Prof	Argila	Silte	Areia Total	pH em água	P	K	Ca	Mg	MO
	g kg ⁻¹				mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		%
0-10	226	137	637	5,1	10,4	48,95	3,72	0,99	1,92

A pastagem foi formada durante o mês de abril de 2009, por um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e ervilhaca (*Vicia villosa* L.), na proporção de 70 kg ha⁻¹, 25 kg ha⁻¹, 20 kg ha⁻¹ de sementes viáveis respectivamente, sendo estas sobre-semeadas a lanço sem incorporação. As pastagens receberam 90 kg ha⁻¹ adubação nitrogenada em cobertura, dividida em três aplicações. As adubações, fosfatada e potássica foram realizadas somente para a cultura de milho, conforme as indicações da COMISSÃO... (2004).

A área experimental foi dividida em seis blocos, com três parcelas (piquetes) cada, cujas áreas medem 0,02 ha, aproximadamente, distribuídas num delineamento experimental de blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram de quatro alturas médias pretendidas de pastejo, sem controle (PC), 0,10; 0,20 e 0,30 m. Entre os blocos, três faixas de 70 m² cada, foram isoladas do pastejo, as quais se constituíram no tratamento testemunha sem pastejo (SP). No tratamento PC, todos os animais eram inseridos na área de uma única vez, com intervalos de pastejos menores (em média 15 dias) a critério do produtor, sem o controle de altura média e carga adotada, porém as alturas finais se encontravam abaixo de 10 cm. Nos três tratamentos com altura média de pastejo controlada, os animais eram inseridos na área quando quantidade de matéria seca por hectare era superior a 1500 kg e no mínimo 3 dias após a última precipitação.

Antes da entrada das vacas nas parcelas, determinou-se a altura média da pastagem utilizando-se régua milimetrada. Durante o pastejo eram realizadas medidas para definir a altura média da forragem e a determinação do momento de retirada das vacas das parcelas e novamente realizar a medição para identificar a altura de saída. Os cortes foram feitos rente ao solo utilizando-se quadros de 0,5 x 0,5 m, antes da entrada e após a saída das vacas. Após o corte, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas para determinação dos teores de MS.

Os pastejos foram realizados aos 75 e 103 dias após emergência das forrageiras. Cada pastejo foi realizado utilizando-se vacas da raça Jersey e Holandesa com peso aproximado de 320 kg e 490 kg, respectivamente, para cada animal da raça, com 3 animais da raça Jersey e 2 da raça Holandesa por parcela, totalizando uma taxa de lotação variável média de 1088 kg ha⁻¹ de peso dos animais vivos, para os tratamentos 10, 20 e 30 cm. Os bovinos permaneceram na pastagem até esta atingir altura mínima para cada tratamento.

Após o último pastejo, as pastagens foram diferidas pelo período de 28 dias, objetivando acúmulo de fitomassa para cobertura de solo e em seguida se procedeu à dessecação utilizando o princípio ativo glyphosate, na dosagem de 3 l.ha⁻¹ do produto comercial Roundap Ready. Após 15 dias da dessecação, no mês de dezembro, realizou-se a semeadura da cultura do milho (*Zea mays*).

A semeadura foi realizada com semeadora mecanizada para plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e população de 70.000 plantas por ha⁻¹, com adubação na base de 250 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20, recebendo 150 kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada em cobertura, divididas igualmente em duas aplicações quando as plantas encontravam-se respectivamente com quatro e oito folhas totalmente desdobradas segundo recomendação da COMISSÃO... (2004). Os demais tratos culturais aplicados seguiram as recomendações técnicas vigentes no Estado do Rio Grande do Sul.

Durante o período de diferimento da pastagem, mais precisamente no mês de novembro, e posteriormente a colheita do milho (abril), foram realizadas coletas de amostras indeformadas de solo nas parcelas, nas profundidades de 0,0-0,025; 0,025-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,15 m, com auxílio de anéis de aço com volume conhecido, totalizando seis repetições por tratamento, em cada profundidade. Posteriormente, em laboratório, foram determinadas a densidade do solo (Ds), pelo método do anel volumétrico, a porosidade total (Pt), pela percentagem de saturação por água do solo, e a microporosidade (Mi) e macroporosidade do solo (Ma), determinadas pela 'mesa de tensão' (EMBRAPA, 1997).

No mesmo período também foi determinada a resistência à penetração (RP) em intervalos de 0,01 m até a profundidade de 0,20 m. Para a determinação da mesma, utilizou-se um Penetrômetro Georreferenciado Manual, PNT-2000, com ponta cônica de 30° e com área do cone de 129 mm² realizando-se 10 ensaios por parcela, o que resultou num total de 60 ensaios por tratamento. Estes 10 ensaios compunham uma média referente a cada parcela totalizando 6 repetições. A RP foi determinada por camadas obtendo-se a média referente a cada uma das camadas determinadas na qual foram: 0–0,025; 0,025–0,05; 0,05–0,10; 0,10–0,15 e 0,15–0,20 m. Concomitantemente, também foi determinada a umidade gravimétrica do solo nas mesmas cinco profundidades

No mês de março, quando as plantas de milho encontravam-se com o maior acúmulo de matéria seca para a produção de silagem, na qual os grãos estavam no estágio farináceo-duro, foi realizado o corte de quatro metros lineares de cada variedade por parcela para a determinação de matéria verde e matéria seca produzida.

Os resultados foram submetidos à análise da variância e quando significativos, realizou-se a comparação de médias de Tukey a 5%. Para as análises, utilizou-se o software estatístico GENES (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados a seguir apresentados correspondem ao 1º ano de execução do experimento correspondendo ao inverno de 2009 e safra de verão 2009/2010.

A possibilidade de haver compactação superficial do solo manejado em plantio direto, devido ao pisoteio imposto pelos animais no sistema ILP, é a principal preocupação dos agricultores que usam esse sistema.

Os resultados de densidade (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e Porosidade Total (PT) após o período de pastejo são expressos na Tabela 1. Como é possível observar, há diferença estatística na primeira camada estudada para todos os atributos avaliados, sendo os maiores valores de densidade do solo encontrados no tratamento onde não é feito o controle da altura de pastejo, na qual não difere estatisticamente dos tratamentos sem pastejo e com altura de 10 cm. Os tratamentos com pastejo a 20 e 30 cm obtiveram as menores médias, não se diferenciando estatisticamente entre si.

TABELA 1 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes alturas de pastejo de uma pastagem de inverno, em novembro de 2009, após um período de pastejo.

Sistema de Manejo	Ds	Mi	Ma	Pt
	Mg dm⁻³		(%)	
		-----0,0 – 0,025m-----		
10 cm	1,42abc	28,03ab	19,36a	47,39 ab
20 cm	1,32c	29,01a	21,82a	50,83a
30 cm	1,38bc	28,68ab	23,61a	52,25a
Sem Pastejo	1,51ab	24,91b	20,16a	45,07ab
Sem Controle	1,58a	29,08a	10,97 b	40,04 b
CV %	7,39	8,33	23,31	10,55
		-----0,025 – 0,05m-----		
10 cm	1,59*	28,21ab	11,42ab	39,63*
20 cm	1,57	25,11ab	14,19ab	39,3
30 cm	1,63	26,88ab	12,74ab	39,63
Sem Pastejo	1,52	24,10b	17,56a	41,66
Sem Controle	1,63	29,07a	10,60b	39,67
CV %	6,71	9,69	27,3	8,96
		-----0,05 – 0,10m-----		
10 cm	1,62*	22,74*	11,97*	34,71*
20 cm	1,63	23,84	9,25	33,09
30 cm	1,68	23,93	8,83	32,77
Sem Pastejo	1,61	23,2	10,89	34,1
Sem Controle	1,59	25,41	10,07	35,1
CV %	4,1	5,37	30,55	9,19
		-----0,10 – 0,15m-----		
10 cm	1,62*	23,45*	8,76*	32,21*
20 cm	1,64	22,53	8,63	31,16
30 cm	1,61	23,04	9,4	32,44
Sem Pastejo	1,63	21,89	10,16	32,05
Sem Controle	1,61	26,01	7,6	33,61
CV %	5,44	6,51	17,93	5,75

(1) Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna e profundidade, diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Nenhum tratamento difere na mesma coluna e profundidade pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tais resultados demonstram a influência das alturas de pastejo na dinâmica das forragens pertencentes ao consórcio, assim como a influência das mesmas neste atributo. Isso é evidenciado, pois no tratamento sem pastejo as plantas de azevém com seu sistema radicular mais expressivo e superficial não obtiveram desenvolvimento satisfatório, influenciando assim nos valores de densidade do solo. GUIMARÃES et al. (2009) também detalha a modificação nos atributos do solo influenciada pela dinâmica das forragens envolvidas no processo. Já para os tratamentos sem controle e 10 cm de altura de pastejo, a influência do pisoteio comandou o aumento nos valores de densidade, uma vez que os animais permaneciam intervalos maiores de tempo nas parcelas a fim de chegar à altura

desejada assim como a diminuição gradual da quantidade de forragem sobre o solo reduzia a amortização do impacto do casco sobre o solo através da mesma.

Assim, entre o contato da pata do animal e a superfície do solo, a massa vegetal verde da pastagem evita o contato direto do pisoteio bovino com o solo, amortecendo o impacto causado pelo casco do animal e reduzindo o risco de uma possível compactação superficial do solo (BASSANI, 1996). Esse efeito é maior quanto maior for a altura de manejo da pastagem (CASSOL, 2003)

Quanto à micro e macroporosidade do solo na camada superficial, fica evidente o efeito do não-controle do pisoteio animal sobre as parcelas uma vez que ocorre redução da macroporosidade gerando, por consequência, aumento na microporosidade do mesmo, ou seja, poros antes do pastejo considerados macroporos, após o pastejo, com o efeito da carga animal, tiveram sua espessura reduzida, sendo classificados como microporos. Efeito semelhante também ocorre nos tratamentos pastejados com controle de altura, sendo o tratamento sem pastejo o de menor microporosidade e maior regularidade entre macro e microporos.

Quanto a Porosidade total, há redução relevante da mesma no tratamento sem controle do pastejo, porém mais uma vez não diferindo estatisticamente dos tratamentos 10 cm e sem pastejo, que por sua vez não se diferenciaram dos tratamentos 20 e 30 cm, superiores ao primeiro citado.

FLORES (2004) trabalhando em um Latossolo submetido ao pastejo de inverno em pastagem constituída por aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), manejada a alturas variando de 0,10 a 0,40 m, não obteve diferenças significativas na densidade do solo estudado, assim como Cassol (2003) que obteve resultados semelhantes, ou seja, não encontrou efeito do pisoteio bovino da densidade do solo, avaliada antes e depois do período de pastejo, porém ambos autores trabalharam em um solo de textura argilosa sob pastoreio contínuo.

Na camada 0,025-0,05m, apesar de não ocorrerem diferenças na densidade do solo, influência semelhante dos tratamentos é encontrada nos quesitos micro e macroporosidade ainda nesta camada, porém com as diferenças entre os tratamentos não tão expressivas, salientando o efeito do tratamento sem pastejo na manutenção de valores mais elevados de macroporosidade.

Os microporos são importantes para a retenção e armazenamento de água pelo solo, ao passo que os macroporos são responsáveis pela infiltração, rápida redistribuição e aeração do solo (FERREIRA, 2010). Assim, tratamentos como PC ao reduzirem expressivamente a macroporosidade do solo, diminuem a taxa de infiltração, possibilitando também o maior escoamento superficial e a consequente facilidade no início dos processos erosivos.

Quanto à aeração FERREIRA (2010) também relata que estudos por volta de 1940 mostraram que a porosidade de aeração (macroporosidade) inferior a 10 % é prejudicial para o desenvolvimento de plantas, sendo este valor adotado como índice de qualidade física do solo nos estudos envolvendo a caracterização da distribuição de poros por tamanho. Isso remete mais uma vez ao tratamento sem controle (PC) na qual o valor de macroporosidade está a margem do índice limite já na camada superior do solo estudado.

Para as camadas 0,05-0,10 m e 0,10-0,15 m, nenhuma influência dos tratamentos foi observada nos atributos avaliados, demonstrando que o efeito do pisoteio animal se restringe as camadas mais superficiais.

ALBUQUERQUE et al. (2001), estudando os efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho, atribuíram o aumento da densidade do solo e a redução da macroporosidade ao trânsito de máquinas e implementos agrícolas utilizados nas operações de condução das culturas e ao pisoteio animal no período de inverno, em pastagem de aveia preta submetida ao pastejo contínuo, considerando que no período invernal geralmente o conteúdo de água no solo é mais elevado, o que favorece o processo de compactação.

Na Tabela 2 são demonstrados os resultados de densidade (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e Porosidade Total (Pt) do solo após o cultivo do milho.

TABELA 2 - Densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes alturas de pastejo de uma pastagem de inverno, em Abril de 2010, após o cultivo de milho.

Sistema de Manejo	Ds	Mi	Ma	Pt
	Mg dm⁻³		(%)	
-----0,00-0,025m-----				
10 cm	1,29b	25,48	26,05a	51,53a
20 cm	1,21b	26,5	28,38a	54,89a
30 cm	1,31b	24,5	28,61a	53,11a
Sem Pastejo	1,23b	23,76	27,85a	51,61a
Sem Controle	1,46a	26,93	14,87b	41,8b
CV %	4,79	9,75	15,84	9,58
-----0,025 – 0,05m-----				
10 cm	1,45	22,23b	20,98	43,2
20 cm	1,45	22,23b	21,6	43,83
30 cm	1,54	22,4b	17,19	39,59
Sem Pastejo	1,44	21,04b	20,82	41,86
Sem Controle	1,53	28,01a	16,03	44,04
CV %	8,47	11,92	25,11	13,19
-----0,05 – 0,10m-----				
10 cm	1,62	23,99	11,46	35,45
20 cm	1,59	22,61	13,26	35,87
30 cm	1,56	22,78	12,21	34,99
Sem Pastejo	1,63	24,49	11,15	35,64
Sem Controle	1,52	26,09	9,11	35,2
CV %	4,75	6,06	25,99	7,82
-----0,10 – 0,15m-----				
10 cm	1,54	22,78	9,59	32,37

20 cm	1,65	23,32	10,77	34,09
30 cm	1,65	23,9	8,81	32,71
Sem Pastejo	1,51	22,07	9,27	31,34
Sem Controle	1,56	23,81	9,1	32,91
CV %	6,39	8,26	23,96	7,61

(1) Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna e profundidade, diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Nenhum tratamento difere na mesma coluna e profundidade pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Pode-se observar que após o cultivo de verão em sucessão ao período de pastejo, os valores de Ds na camada 0,00-0,025m do solo nas diferentes alturas de pastejo manejadas e no tratamento SP não diferiram estatisticamente e foram inferiores ao tratamento PC que manteve sua Ds mais elevada. Para as camadas inferiores, desde 0,025m até 0,15m não se evidenciaram diferenças estatísticas entre os tratamentos, possibilitando uma análise da capacidade recuperadora do solo quando bem manejado durante o período de pastejo, assim como encontrou VIZZOTTO et al. (2000) que trabalhando com pastoreio bovino em pastagens estabelecidas em solos de várzea, atribuíram ao pisoteio bovino a redução da porosidade total e aumento da densidade do solo nos 5 primeiros centímetros de solo, e constataram que seis meses após o pastejo são suficientes para que a porosidade do solo atinja níveis semelhantes àqueles constatados antes do início do pastejo na qual há um efeito das raízes das plantas a favor da descompactação, com ligeiro aumento da macroporosidade na camada superficial do solo.

Quanto à porosidade do solo no período pós-colheita, não se constataram mais diferenças significativas na microporosidade do solo na camada superficial avaliada, porém tanto para a macroporosidade como para a porosidade total, o tratamento PC permanece se diferenciando estatisticamente dos demais explicitando cada vez mais o efeito degradante do pastoreio bovino se não controlada adequadamente sua carga, seus intervalos de descanso, precipitações ocorridas e respeitada suas alturas de manejo desejadas.

Para a camada 0,025-0,05m no pós-colheita, o efeito do não controle do pastejo esta na microporosidade do solo, que ainda se mantém superior no tratamento PC em detrimento aos demais, evidenciado pela redução da macroporosidade porém não significativa.

Nas demais profundidades estudadas mais uma vez, não se evidenciaram diferenças entre os tratamentos estudados, porém cabe ressaltar que de uma maneira geral, o solo da área em estudo apresenta uma macroporosidade reduzida estando no limite inferior para a quantidade de macroporos para uma boa aeração das raízes de plantas.

Novamente comparando os resultados obtidos no pós-pastejo (Tabela 1) e pós-colheita (Tabela 2), percebe-se uma evidente melhoria nos atributos físicos do solo densidade do solo e macroporosidade nas duas camadas superficiais avaliadas (0,00-0,025m e 0,025-0,05m), percebendo-se uma clara redução na Ds do solo assim como um aumento na macroporosidade do solo refletindo também na elevação da porosidade total após o cultivo do milho, evidenciando a capacidade recuperadora da qualidade física do solo de algumas culturas de verão como é o caso do milho, porém vale ressaltar mais uma vez que essa modificação ocorreu

apenas nos primeiros cinco centímetros de profundidade, fato que tende a ser explicado devido as condições pluviométricas favorecidas por um período de precipitação acima do normal como o que ocorreu na safra de verão 2009/2010, determinando um crescimento superficial de raízes. Resultados semelhantes foram observados por MORAES & LUSTOSA (1997), LANZANOVA et. al. (2007) e FLORES (2008), levando a afirmações de que a compactação superficial causada pelo pisoteio animal é revertida pela cultura utilizada em seqüência ao pastejo em áreas de integração lavoura-pecuária.

Na Tabela 3 podemos observar os valores de Resistência a penetração (RP) separados por camadas de solo no período pós-pastejo, assim como na **Figura 1**. É possível observar o comportamento dos valores de RP em profundidade e perceber as diferenças mais pronunciadas nos tratamentos.

Estatisticamente não se observou diferenças entre os tratamentos no pós-pastejo na camada superficial, assim como na camada mais profunda avaliada. Na superfície do solo, o efeito do casco dos animais no revolvimento do mesmo pode ter auxiliado no retardamento do aumento da RP, a medida que nas camadas mais profundas percebe-se diferenças estatísticas significativas entre as camadas sendo o tratamento sem controle o que obteve os maiores valores (Figura 1).

TABELA 3. Resistência a penetração (RP) média por camadas de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes níveis de altura de pastejo de uma pastagem de inverno, em novembro de 2009, após um período de pastejo. São Sepé, 2009.

Sistema de Manejo	Profundidade (m)				
	0,0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20
	-----MPa-----				
10 cm	0,0917*	1,46 b	0,409ab	0,771ab	1,083*
20 cm	0,092	0,152b	0,371ab	0,669b	0,881
30 cm	0,097	0,165ab	0,347b	0,604b	0,866
Sem pastejo	0,095	0,180ab	0,415ab	0,749ab	0,995
Sem controle	0,122	0,2815a	0,605a	0,991a	1,175
CV %	25,93	37,42	33,77	21,42	25,38

(1) Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Tratamentos não diferem na mesma coluna pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

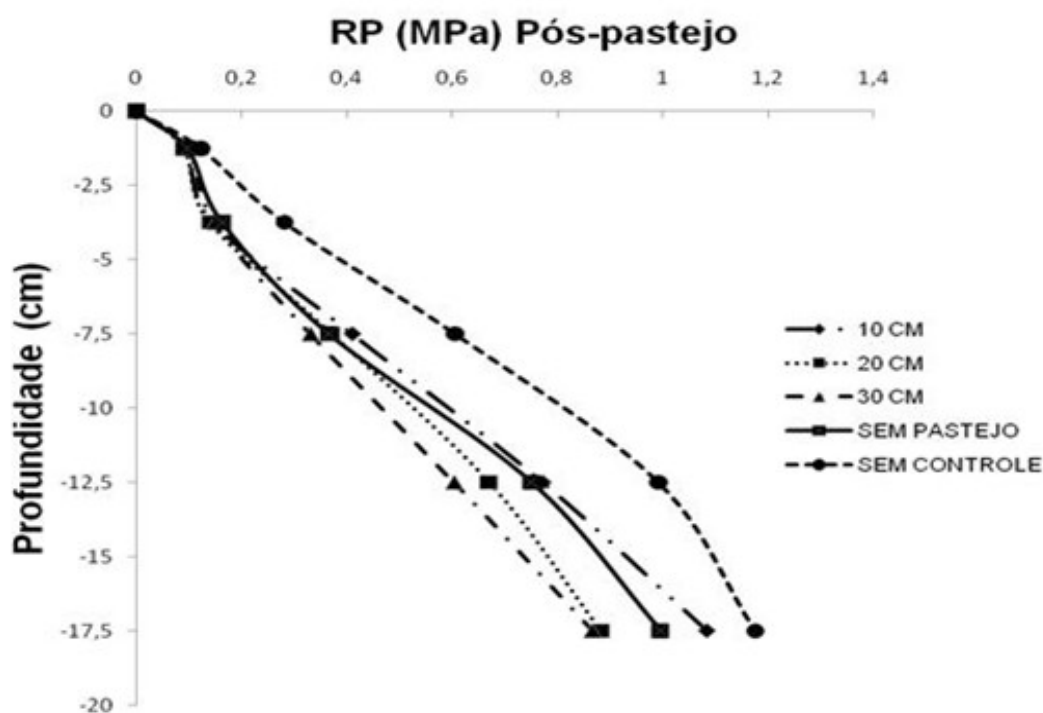


Figura 1. Resistência a penetração (RP) de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes níveis de altura de pastejo de uma pastagem de inverno, em novembro de 2009, após um período de pastejo. São Sepé. 2009.

Na **Tabela 4** são apresentados os valores de RP divididos em camadas de solo no Pós-colheita do milho. A **Figura 2** também representa a variação dos valores dos tratamentos em profundidade percebendo-se mais uma vez que o tratamento sem controle se manteve com valores acima dos demais tratamentos, porém evidenciado por diferenças estatísticas apenas nas camadas centrais avaliadas, sendo este efeito não tão pronunciado na camada superficial e após 0,15m de profundidade. De 0,025-0,15 m os tratamentos 10, 20 e 30 cm assim como o tratamento sem pastejo não se diferenciaram estatisticamente, porém os valores encontrados foram inferiores ao tratamento sem controle.

Vale ressaltar que em nenhum dos casos os valores de RP ultrapassaram o valor limite de 2 MPa sendo inferiores ao limite crítico proposto por TAYLOR et al. (1966) para o desenvolvimento de raízes.

Porém TAVARES FILHO et al. (2001) concluíram que valores de resistência à penetração superiores a 3,5 MPa não restringiram o desenvolvimento do sistema radicular do milho, porém alteraram a sua morfologia, já para LIPIEC & HATANO (2003) citam que valores de resistência à penetração variando de 1 a 1,7 MPa começam a causar redução do desenvolvimento radicular, e que valores entre 3 e 4 MPa causam a paralisação do crescimento das raízes.

TABELA 4. Resistência a penetração (RP) média por camadas de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes níveis de altura de pastejo de uma pastagem de inverno, em Abril de 2010, após o cultivo do milho. São Sepé, 2010.

Sistema de Manejo	Profundidade (m)				
	0,0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,15	0,15-0,20
	-----MPa-----				
10 cm	0,098*	0,163b	0,376b	0,639b	1,083*
20 cm	1,122	0,199b	0,402b	0,674b	0,881
30 cm	0,109	0,187b	0,416b	0,680b	0,866
Sem pastejo	0,109	0,185b	0,384b	0,643b	0,995
Sem controle	0,122	0,281a	0,605a	0,991a	1,175
CV%	20,36	23,52	28,27	25,27%	25,38

(1) Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$). * Tratamentos não diferem na mesma coluna pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

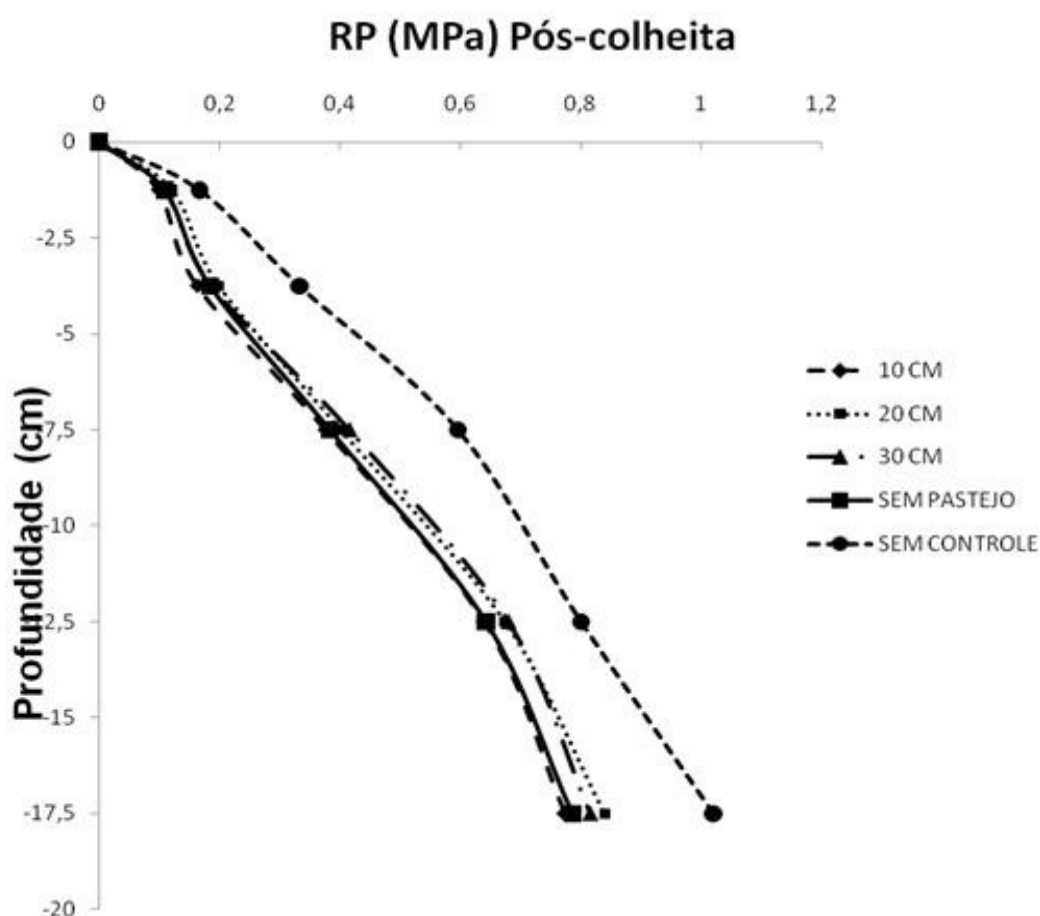


Figura 2. Resistência a penetração (RP) de um Argissolo Bruno-Acinzentado sob diferentes níveis de altura de pastejo de uma pastagem de inverno, em Abril de 2010, após o cultivo do milho. São Sepé. 2010.

CONCLUSÕES

Alterações nos atributos densidade e porosidade total do solo são significativos apenas na camada superficial do solo. A partir de 0,05m, os valores de densidade (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (PT) do solo não apresentam diferenças significativas tanto no período pós pastejo como no pós-colheita.

No período pós colheita, apenas o tratamento sem controle se diferenciou dos demais no atributos Ds, Ma e PT na camada superficial e a Mi na segunda camada avaliada.

Percebe melhoria dos atributos do solo até 0,05m de profundidade após o cultivo do milho ocasionando redução da Ds, assim como aumento da macroporosidade e porosidade total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A. et al. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25: 717-723, 2001.

ALLEN,V. G. et al. Integrated irrigated crop-livestock system in dry climates. **Agronomy Journal**, Madison, WI, v. 99, n. 2, p. 346-360, 2007.

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. 90p. (Tese de Mestrado)

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de ofertas de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p. 1047-1054, 2000.

BRASIL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Boletim Técnico 30, Divisão de Pesquisa Pedológica, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária, (DNPEA), Ministério da Agricultura. p. 431. 1973.

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

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 400 p. 2004.

CORREA, J.C. & REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Pesq. Agropec. Bras.**, 30:107-114, 1995.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed Embrapa Solos, Rio de Janeiro 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Brasília, 1997. 212p. (Embrapa/CNPS. Documentos, 1)

FERREIRA, M. M. **Caracterização Física do solo**. In: Física do Solo. Viçosa, 2010. Cap. 1. p. 1-27.

FLORES, J. P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 114p. (Tese de Doutorado)

FLORES, J.P.C. **Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto com calcário na superfície**. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GUIMARAES, R. M. L. et al. Tensile strength, friability and organic carbon in an oxisol under a crop-livestock system. **Scientia Agricola**. Piracicaba. v.66, n.4, p. 499-505. 2009.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31. p. 1131-1140. 2007.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31. p. 1131-1140. 2007.

LANZANOVA, M.E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 132p. (Dissertação de Mestrado)

LANZANOVA, M.E. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 132p. (Dissertação de Mestrado)

MELLO, L.M.M. **Integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29., 2003, Ribeirão Preto. Palestras... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD ROOM.

MORAES, A. & LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.129-149.

SALTON, J.C. et al. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 69, n.1, p. 32-34, 2002.

TANNER, C. B.; MAMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, Madison, WI, v. 51, n.6, p. 329-331, 1959.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25: 725-730, 2001.

TAYLOR, H.M. et al. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, Baltimore, v.102, p.18-22, 1966.

VIZZOTTO, V. R. et al. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Revista Ciência Rural**. v.30, n. 6, p. 965-969, 2000.