

PASTEJO E NITROGÊNIO NO AZEVÉM SOBRE A QUALIDADE FÍSICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO¹

Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p11-26/2015>

VERUSCHKA R. M. ANDREOLLA², ANÍBAL DE MORAES³, AMADEU BONA FILHO⁴,
ITACIR E. SANDINI⁵, ANDREIA K. BONINI⁶, LEONARDO DEISS⁷

RESUMO: O entendimento da interação entre os fatores que compõem o sistema de integração lavoura-pecuária pode direcionar o uso sustentável do solo e das pastagens. Foi estudada a influência do pastejo e doses de nitrogênio em atributos físicos do solo (densidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total e resistência à penetração) e na produtividade da cultura do feijoeiro, em um sistema de integração lavoura-pecuária. O delineamento foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e 3 repetições. Os tratamentos foram as doses de nitrogênio de 0; 75; 150 e 225 kg ha⁻¹, na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) no inverno; e na sequência o cultivo do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* Lam.), no verão. As subparcelas caracterizaram presença ou ausência de pastejo. No pastejo com ovinos, em sistema de lotação contínua, a manutenção da massa de forragem de azevém e a adubação nitrogenada não comprometem a qualidade física do solo. A adubação nitrogenada, antecipada na pastagem de inverno (azevém) garante elevada produtividade do feijoeiro como cultura sucessora, sem necessidade de reaplicação de N, sendo recomendada a dose de 150 kg ha⁻¹ de N na pastagem. O efeito do pisoteio do ovino na resistência do solo à penetração ficou restrito a 0,10 m superficiais do solo. O Pastejo durante o inverno permite alta produtividade do feijoeiro mesmo em baixas doses de nitrogênio.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas integrados, compactação do solo, física do solo, pastagem.

GRAZING AND NITROGEN ON RYEGRASS OVER SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND BEAN YIELD

ABSTRACT: Knowing the interaction among factors that compound integrated crop-livestock system can provide a sustainable use of soil and pasture. It was evaluated grazing and nitrogen doses influence on soil physical properties including density, macroporosity, microporosity, total porosity, mechanical penetration resistance, and beans yield of an integrated crop-livestock system. The experiment was performed in a split-plot randomized block design, with three replications. Treatments were four nitrogen levels: 0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹ on ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam) in winter with common bean (*Phaseolus vulgaris* Lam.) in summer. Additionally, subplots were grazing presence or absence. Sheep continuous grazing under adequate ryegrass forage maintenance and nitrogen fertilization did not compromise soil physical quality. Nitrogen fertilization at 150 kg ha⁻¹ rate during winter pasture (ryegrass) allows subsequent high bean yield, without the need of another nitrogen fertilization. Sheep treading effect on soil penetration resistance was greater at 0.10 m of depth. The winter grazing during allows high bean yield even at low nitrogen doses.

KEYWORDS: integrated systems, soil compaction, winter, grazing.

¹ Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, UFPR/Curitiba

² Eng^o Agrônoma, Pós Doutora em Agronomia (Produção Vegetal), Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, UFPR/Curitiba – PR, Fone: (0xx45) 9971 4766, vandreolla@yahoo.com.br.

³ Eng^o Agrônomo, Professor Doutor, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo/UFPR, Curitiba – PR, co-orientador, anibalm@ufpr.br.

⁴ Médico Veterinário, Professor Doutor, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo/UFPR, Curitiba – PR orientador, abonafilho@gmail.com.

⁵ Eng^o Agrônomo, Professor Doutor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Paraná-PR, Brasil, isandini@hotmail.com

⁶ Bióloga, Mestre em Engenharia Agrícola, CCET, UNIOESTE- Cascavel –PR, akbonini@yahoo.com.br.

⁷ Eng^o Agrônomo, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo/UFPR, Curitiba-PR, Brasil, leonardodeiss@hotmail.com.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 07-11-2013

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 23-6-2014

INTRODUÇÃO

O sistema integrado lavoura-pecuária (ILP) tem potencial para ser aplicado, pois pode aumentar a produtividade e minimizar efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (MACEDO, 2009; SILVA et al., 2011).

A degradação das pastagens está diretamente relacionada à manutenção da sustentabilidade, da qualidade do solo e da produção animal. Em sistemas ILP, deve-se dar atenção especial à intensidade de pastejo ou altura por intermédio do controle da carga animal, umidade do solo no momento do pastejo e o da falta de reposição de nutrientes por meio de adubação de manutenção, que têm sido agravantes no processo de degradação e, conseqüentemente, podem promover uma aceleração do processo de compactação superficial (MACEDO, 2009; SPERA et al., 2009).

A carga animal é um elemento muito importante nesse sistema, devendo ser adequada à disponibilidade de forragem, dessa forma as alterações nas propriedades físicas não são significativas e não causam qualquer dano à cultura em sucessão ao pastejo (COSTA et al., 2009). Portanto, a carga animal praticada pode ser aumentada em pastagens que recebem adubação nitrogenada, tendo em vista que o nitrogênio proporciona maior produção de forragem (CARRASAI et al., 2011).

LOPES et al. (2009) e CONTE et al. (2011), estudando as propriedades físicas do solo, em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo, verificaram que, após o ciclo de pastejo, não houve alterações na densidade, na porosidade e na compressibilidade do solo, independentemente da altura da pastagem. A densidade e a compressibilidade foram maiores, e a porosidade do solo, menor nas áreas pastejadas em relação à não pastejada. A produtividade da soja não foi afetada pelas alterações nos atributos físicos do solo.

FIDALSKI et al. (2008) e ANDREOLLA et al. (2014) relataram que o sistema de integração lavoura-pecuária com lotação contínua e controle da taxa de lotação animal, em função da produção de forragem, não comprometeu a qualidade física do solo. E COSTA et al. (2009) verificaram que o efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível devido a implantação da cultura subsequente.

Práticas que favorecem o crescimento de raízes em pastagens podem reduzir os efeitos mecânicos do pisoteio. A adubação da pastagem com nitrogênio pode ser uma estratégia para aumentar a produção de forragem e reduzir a compactação superficial ocasionada pelo pisoteio, pois atenua a pressão aplicada na superfície (CARASSAI et al., 2011) e promove a descompactação do solo por meio do desenvolvimento radicular (LUNARDI et al., 2008).

O entendimento da interação entre os fatores é fundamental para nortear às atividades antrópicas que visam à utilização mais racional do ecossistema, em especial aqueles associados ao manejo dos solos. No sistema integração lavoura-pecuária, busca-se conciliar a melhor resposta do animal por unidade de área, com a alta produtividade de grãos no verão, avaliando-se a carga animal praticada, as doses de fertilização nitrogenada, a influência do pastejo e a época de retirada dos animais da pastagem. A hipótese deste trabalho é que o pastejo moderado de pastagens de inverno com adubação de nitrogênio adequada não altera as propriedades físicas do solo, além da faixa limitante ao crescimento do feijão no verão, em sistema de integração lavoura-pecuária.

O objetivo do trabalho foi estudar a influência do pastejo e das doses de nitrogênio aplicadas no azevém, em propriedades físicas do solo (densidade, macroporosidade, porosidade total e resistência à penetração) e na produtividade da cultura do feijoeiro, em um sistema de integração lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no *Campus* CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), no município de Guarapuava (PR), cujas coordenadas geográficas são 25° 33' latitude e 51° 29' longitude.

A seqüência de plantio de culturas inverno/verão sob sistema de plantio direto na área experimental de 2004 até a realização do experimento estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 . Sequência de culturas cultivadas no período de 2004 a 2007. **Crop sequence from 2004 to 2007.**

Estação	Culturas
Inverno 2004	Cereais
Verão 2004/2005	Soja (<i>Glycine max</i>)
Inverno 2005	Pousio
Verão 2005/2006	Milho (<i>Zea mays</i>) para silagem
Inverno 2006	Azevém (início do experimento)
Verão 2006/2007	Feijão
Inverno 2007	Azevém e aveia

O clima da região é o Cfb, subtropical mesotérmico úmido, com verões frescos e inverno moderado, conforme a classificação de Köppen (MAAK, 1968), com temperatura média no mês mais frio inferior a 18° C e temperatura média do mês mais quente inferior a 22° C. A região não apresenta estação seca definida e ocorrem geadas severas e frequentes. A precipitação pluviométrica anual varia de 1.400 a 1.800 mm, sendo os meses de abril, maio e agosto os de menores precipitações. A altitude média é 1.100 m.

Foi efetuado o balanço hídrico dos anos de 2006 e 2007 (Figura 1), que compreendem o período de realização do experimento. A metodologia empregada foi a de THORNTON & MATHER (1955), utilizando-se de planilha eletrônica desenvolvida por ROLIM et al. (1998).

Para a análise química, procedeu-se à amostragem de solo nas camadas de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m do perfil, em maio de 2006, antes da instalação do experimento (Tabela 1).

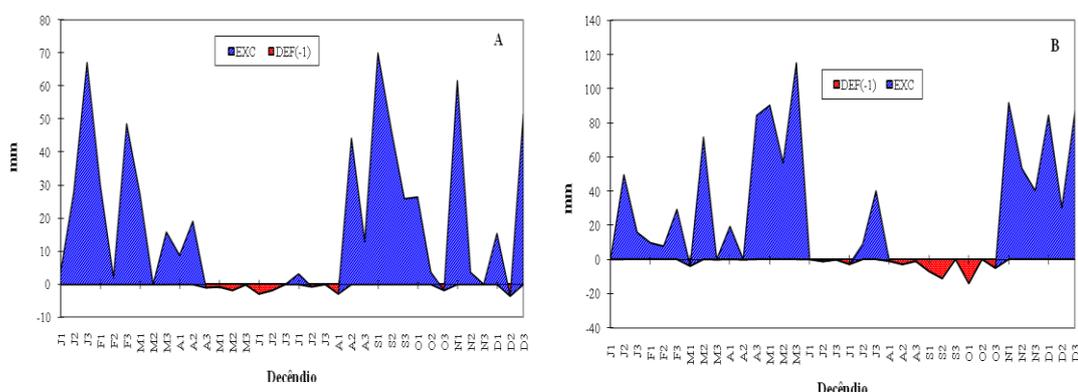


FIGURA 1 . Balanço hídrico sequencial de cada intervalo de 10 dias, durante os anos de 2006 (A) e 2007 (B) em Guarapuava-PR, Brasil. As setas indicam a época do pastejo dos ovinos em 2006. **Sequential water balance of each 10-day interval during the years of 2006 (A) and 2007 (B) in Guarapuava-PR, Brazil. The arrows indicate the sheep-grazing period in 2006.**

A textura do solo foi determinada pelo método da pipeta, e para a densidade de partículas do solo, utilizou-se de método do álcool, segundo EMBRAPA (1997) (Tabela 2). O solo foi

classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico (Tabela 3), segundo descrição da EMBRAPA (2013).

TABELA 2. Parâmetros químicos do solo para diferentes profundidades em Guarapuava (PR), Brasil - 2006. **Soil chemical parameters at different depths in Guarapuava (PR), Brazil - 2006.**

Ano	Prof. (m)	pH (CaCl ₂)	g/dm ³		Complexo Sortivo (cmol _c /dm ³)					CTC	V (%)
			MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al		
2006	0,00 a 0,05	5,24	52,88	5,87	0,49	5,03	2,85	0,00	5,18	13,55	61,81
	0,05 a 0,10	5,19	46,61	2,95	0,23	4,62	2,90	0,00	5,01	12,77	60,70
	0,10 a 0,15	5,24	45,94	2,67	0,21	4,56	2,84	0,00	4,73	12,33	61,59
	Média	5,22	48,48	3,83	0,31	4,74	2,86	0,00	4,98	12,88	61,37

* Nota: CTC em pH 7,0

TABELA 3. Caracterização da textura do solo (g kg⁻¹) e densidade de partículas (Mg m⁻³) na fase inicial do experimento em Guarapuava-PR, Brasil - 2006. **Soil texture characterization (g kg⁻¹) and particle density (Mg m⁻³) in the initial phase of the experiment in Guarapuava-PR, Brazil - 2006.**

Camadas (cm)	Areia (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Densidade de partículas (Mg m ⁻³)
0,00 a 0,05	80,38	305,91	613,72	2,54
0,05 a 0,10	70,43	316,50	613,06	2,54
0,10 a 0,15	76,79	308,04	615,17	2,58

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdividas e 3 repetições. As parcelas foram constituídas pelas dosagens de nitrogênio 0; 75; 150 e 225 kg ha⁻¹, aplicadas em cobertura na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), no inverno, com o cultivo do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris* Lam.), no verão. As subparcelas foram representadas pelo pastejo ou ausência.

A área experimental total compreendeu 3,1 hectares (ha), dos quais foram utilizados 2,6 ha, subdivididos em três blocos inteiramente casualizados de 0,88 ha, sendo cada bloco dividido em 4 parcelas de 0,22 ha. Em cada parcela, foi isolada uma área de 96 m², que permaneceu sem pastejo. O restante da área (0,5 ha) foi utilizado para a manutenção dos animais reguladores, enquanto não estavam na área experimental. Os tratamentos corresponderam a quatro doses de nitrogênio (N), tendo como fonte ureia (45 % de N). As doses de nitrogênio foram 0; 75; 150 e 225 kg ha⁻¹.

A semeadura da pastagem foi efetuada, em Sistema de Plantio Direto, no dia 06 de junho de 2006, com emergência ocorrida no dia 16 de junho. Utilizou-se de 45 kg ha⁻¹ de sementes de azevém, com espaçamento entre linhas de 17 cm. Foi utilizada adubação de base, no momento da semeadura da pastagem: fósforo (P₂O₅) na dose de 60 kg ha⁻¹ e potássio (K₂O) na dose de 60 kg ha⁻¹, conforme COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO (1995). Após 35 dias da semeadura (11 de julho de 2006), foi efetuada aplicação única de ureia em cobertura, de acordo com os tratamentos experimentais.

O pastejo ocorreu no período de 13 de agosto a 11 de novembro, totalizando 90 dias. Foram utilizados 72 cordeiros-testes desmamados, com idade média de dois meses e peso vivo inicial de 24,7 kg ± 0,57 kg, das raças Texel e Ile de France e seus mestiços. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, em 12 lotes de 6 cordeiros nas parcelas e mantidos no azevém em sistema de lotação contínua, com carga variável, objetivando manter a altura da pastagem entre 14 e 15 cm (MOOT & LUCAS, 1952), seguindo recomendações de FREITAS (2003). Assim, os ajustes da lotação foram feitos periodicamente, em intervalos de 3 dias, considerando a relação entre a altura e a massa de forragem, segundo CARVALHO et al. (2001).

A carga animal foi obtida pelo somatório do peso médio dos animais-testes e o peso médio dos animais reguladores, multiplicado pelo número de dias que permaneceram na unidade

experimental. O valor encontrado foi dividido pelo número de dias de pastejo e expresso em quilograma de peso vivo por hectare ($\text{kg Pv}^{-1}\text{ha}^{-1}$).

Os animais foram retirados 19 dias antes da dessecação da pastagem (04-12-06), realizada com $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ com glyphosate. No dia 11-12-06 ocorreu a semeadura do feijão em sistema plantio direto, com espaçamento de 0,40 m entre linhas e densidade de 15 sementes. A emergência ocorreu em 16-12-06. A variedade utilizada foi FTS Soberano (tipo preto), hábito de crescimento indeterminado, porte ereto, ciclo médio até o florescimento de 50 dias, e de 100 dias até a maturação, adaptada à colheita mecanizada e moderadamente resistente às principais doenças da cultura (ARAÚJO et al., 1996).

O feijoeiro recebeu adubação de base com fósforo (de P_2O_5), na dose de 100 kg ha^{-1} , utilizando como fonte o Superfósforo triplo e adubação de cobertura com potássio (K_2O), na dose de 190 kg ha^{-1} , utilizando como fonte o cloreto de potássio.

O controle fitossanitário nos feijoeiros foi realizado durante todo o ciclo da cultura, conforme recomendações técnicas (ARAÚJO et al., 1996). As plantas daninhas foram controladas por dessecação, pela utilização sequencial (dias 27-12-06 e 03-01-07) de fluazilop-p-butil + fomesafen ($100 + 125 \text{ g ha}^{-1}$ por aplicação). As principais plantas daninhas presentes na área foram *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis*, *Ipomoea* spp, *Spermacoce latifolia* e *Lolium multiflorum*. As pragas foram controladas com deltrametrina (5 g ha^{-1}), na dessecação, e aplicação de 40 e 45 g ha^{-1} , nos dias 03-01-07 e 03-02-07, respectivamente, com tiametoxam. As principais pragas observadas foram lagartas e *Diabrotica speciosa*. As principais doenças observadas no feijoeiro foram à antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a mancha-angular (*Phaeoisariopsis griseola*), cuja cultivar tem resistência moderada. As doenças foram controladas pelo uso de azoxistrobina, na dosagem de 61 g ha^{-1} , nos dias 13-01-07 e 03-02-07.

A produtividade do feijoeiro foi determinada em área útil de $3,2 \text{ m}^2$ (2 linhas x $0,4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$) com colheita do feijão em 10/-03-2006, depois foi realizada a correção da umidade para 13%, e o valor foi convertido para kg ha^{-1} .

As camadas de amostragem foram 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m, com duas repetições nas entrelinhas da cultura. As coletas foram realizadas nas seguintes datas: Fase 1 - Início do experimento (Pré-plantio da pastagem - 03-06-2006), Fase 2 - Após pastejo dos animais (03-12-2006) e Fase 3 - Após colheita do feijoeiro (30-03-2007).

A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método do anel volumétrico, a porosidade total, macroporosidade e microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão, de acordo com a EMBRAPA (1997).

A resistência do solo à penetração (RPS) foi realizada utilizando-se de um penetrógrafo SOILCONTROL – PENETROGRAPHERPAT SC-60, perfurando oitenta pontos aleatorizados, distintos em cada parcela, metodologia adotada por CAMARGO & ALLEONI (1997).

A coleta do solo indeformada foi realizada no mesmo instante da amostragem da resistência do solo à penetração. As camadas de amostragem foram 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m, com duas repetições, e o conteúdo de água no solo foi determinado seguindo o Método da Estufa (EMBRAPA, 1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2000). As variáveis que apresentaram variâncias homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo teste F. Quando os resultados revelaram significância ao nível de 5%, as médias dos fatores qualitativos (Pastejo) foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. Para os fatores quantitativos (N), foram ajustadas equações de regressão polinomial (modelos linear e quadrático) entre as doses de N (variável categórica) com as variáveis avaliadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada significância da interação entre os fatores doses de N e pastejo para todas as propriedades físicas avaliadas do solo (densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total).

No experimento, a carga animal utilizada foi, em média, 1146,85 kg Pv⁻¹ha⁻¹, que é considerada como uma carga de intensidade leve a moderada. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam que o pisoteio animal com ovinos pode não ser um fator prejudicial ao sistema produtivo, pois não apresentou impacto negativo sobre as propriedades físicas do solo.

Os valores médios da densidade do solo (Ds), nas camadas de 0,00 – 0,05; 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,15 m, no início do experimento (fase 1), após a retirada dos animais (fase 2) e após a colheita do feijoeiro (fase 3), estão apresentados na Tabela 4. Em geral, os dados de Ds não apresentaram valores limitantes ao desenvolvimento da cultura. REICHERT et al. (2009) e REINERT et al. (2008) propuseram densidade do solo (Ds) para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco argilosos e 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco arenosos.

Não foi constatada deficiência hídrica para a cultura do feijoeiro e para a pastagem (Figura 1). No entanto, o pastejo ocorreu em período chuvoso, o que pode influenciar diretamente sobre o aumento da Ds, já que este ocorre quando o pisoteio animal se dá sobre o solo com umidade elevada e baixa cobertura (SPERA et al., 2009; CONTE et al., 2011).

TABELA 4. Densidade do solo (Mg m⁻³), nas camadas de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m, nas fases experimentais, em respostas as condições com e sem pastejo, em Guarapuava-PR, Brasil – 2007. **Soil bulk density (Mg m⁻³) at 0.00 – 0.05, 0.05 – 0.10 and 0.10 – 0.15 m depths during experiment phases, as responses to grazing, in Guarapuava-PR, Brazil - 2007.**

Dosagens de N (kg. ha ⁻¹)	Fase 1 Início do experimento		Fase 2 Após pastejo dos animais		Fase 3 Após colheita do feijoeiro	
	Com pastejo	Sem Pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo
Camada 0,00 – 0,05 m						
0	1,09 a	0,99 a	1,13 a	1,11 a	1,09 a	1,11 a
75	1,04 a	0,90 b	1,16 a	1,11 a	1,11 a	1,11 a
150	1,06 a	1,02 a	1,14 a	1,10 a	1,09 a	1,05 a
225	1,10 a	0,99 a	1,12 a	1,07 a	1,14 a	1,12 a
Médias	1,07 a	0,97 b	1,14 a	1,10 a	1,11 a	1,10 a
	Média geral= 1,03; CV (%) = 4,10; DMS = 0,06		Média geral= 1,12; CV (%) = 4,22; DMS = 0,05		Média geral= 1,10; CV (%) = 4,64; DMS = 0,05	
Camada de 0,05 - 0,10 m						
0	1,10 a	1,05 a	1,14 a	1,10 a	1,11 a	1,08 b
75	1,06 a	0,95 b	1,07 a	1,11 a	1,13 a	1,10 a
150	1,09 a	1,01 a	1,19 a	1,10 a	1,14 a	1,14 a
225	1,11 a	0,99 b	1,08 a	1,08 b	1,17 a	1,08 b
Médias	1,09 a	1,00 b	1,12 a	1,10 a	1,14 a	1,10 b
	Média geral = 1,04; CV (%) = 6,14; DMS = 0,08		Média geral= 1,11; CV (%) = 3,38; DMS = 0,04		Média geral= 1,12; CV (%) = 2,89; DMS = 0,06	
Camada de 0,10 - 0,15 m						
0	1,08 a	0,99 b	1,15 a	1,13 a	1,08 a	1,08 a
75	1,07 a	0,95 b	1,12 a	1,12 a	1,15 a	1,13 a
150	1,09 a	1,07 a	1,14 a	0,98 b	1,14 a	1,13 a
225	1,11 a	1,02 b	1,04 a	1,02 a	1,11 a	1,14 a
Médias	1,09 a	1,01 b	1,11 a	1,06 b	1,12 a	1,12 a
	Média geral= 1,05; CV (%) = 7,14; DMS = 0,09		Média geral= 1,09; CV (%) = 3,47; DMS = 0,07		Média geral= 1,12; CV (%) = 4,12; DMS = 0,09	

Nota: Para cada fase, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Observou-se que a fase 1 apresenta diferença na área sem pastejo em todas as camadas, sendo essa fase a de caracterização do solo. Nas fases 2 e 3, a D_s não diferiu entre as áreas com e sem pastejo, na camada de 0,00 - 0,05 m ($p > 0,05$). No entanto, na camada de 0,05 - 0,10 m, somente a D_s do tratamento com 225 kg ha⁻¹ sem pastejo diferiu nas fases 2 e 3. Na camada de 0,10 - 0,15 m, durante a fase 2, somente a dose de 150 kg ha⁻¹ da área sem pastejo apresentou diferença em relação à com pastejo. Isso evidenciou a manutenção da qualidade física nas camadas superficiais do solo, decorrente dos benefícios do desenvolvimento radicular do azevém e do feijoeiro, além de possível incremento de matéria orgânica e atividade biológica com os excrementos dos cordeiros e restos culturais, que aumentam a atividade da fauna edáfica e raízes atuando na formação de canais biológicos (bioporos). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por LUNARDI (2008) e SEVERIANO et al. (2010). MOREIRA et al. (2012) verificaram que não ocorreram diferenças significativas nas camadas 0,00 - 0,075 m para a D_s , entre as áreas com e sem pastejo.

Maiores valores de D_s (1,17 Mg m⁻³) em áreas com sistema de solo pastejado foram observados por CONTE et al. (2011). Os autores verificaram que o pisoteio aumentou a D_s , principalmente na camada de 0,05 - 0,10 m; por outro lado, o sistema radicular das plantas reduziu este atributo. Esses resultados correspondem aos efeitos verificados para o pisoteio animal e àqueles observados para a cultura do feijoeiro neste trabalho. Esse comportamento também foi observado em pesquisa realizada em um Argissolo Vermelho distrófico por CARASSAI et al. (2011).

Verificou-se que a maioria dos valores de macroporosidade está abaixo do limite crítico (0,10 m³ m⁻³), considerado restritivo ao crescimento vegetativo, segundo REINERT et al. (2008). No entanto, ANDREOLLA et al. (2008) encontraram valores de macroporosidade entre 0,05 e 0,07 m³ m⁻³, na camada de 0,00 - 0,05 m, constatando que, no sistema de integração lavoura-pecuária, esse atributo não foi fator limitante para o desenvolvimento radicular das plantas (Tabela 5).

Neste sentido, CONTE et al. (2011), em pesquisa sobre Latossolo Vermelho distroférrico típico, textura argilosa, relatam que, na camada de 0,00 - 0,10 m ao longo do tempo, a maior pressão de pastejo causa diminuição da macroporosidade, o que está de acordo com os resultados obtidos nesse trabalho.

TABELA 5. Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) nas camadas de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m, nas fases experimentais, em respostas as condições com e sem pastejo em Guarapuava-PR, Brasil - 2007. **Macroporosity ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) at 0.00 – 0.05; 0.05 – 0.10 and 0.10 – 0.15 m depths, during the experiment phases, as responses to grazing in Guarapuava-PR, Brazil - 2007.**

Dosagens de N (kg. ha^{-1})	Fase 1		Fase 2		Fase 3	
	Início do experimento		Após pastejo dos animais		Após colheita do feijoeiro	
	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem Pastejo
Camada de 0,00 - 0,05 m						
0	0,13 a	0,17 a	0,13 a	0,09 a	0,09 a	0,11 a
75	0,15 b	0,22 a	0,08 a	0,10 a	0,08 a	0,08 a
150	0,14 a	0,16 a	0,09 a	0,09 a	0,11 a	0,12 a
225	0,12 b	0,19 a	0,11 a	0,09 a	0,08 a	0,08 a
Médias	0,14 b	0,18 a	0,10 a	0,09 a	0,09 a	0,10 a
	Média geral=0,16; CV(%)=29,80; DMS = 0,07		Média geral= 0,10; CV (%) = 23,92; DMS = 0,04		Média geral=0,10; CV (%) = 23,59; DMS = 0,03	
Camada de 0,05 – 0,10 m						
0	0,12 b	0,16 a	0,12 a	0,13 a	0,11 a	0,11 a
75	0,15 a	0,19 a	0,11 a	0,13 a	0,07 a	0,11 a
150	0,13 a	0,15 a	0,08 a	0,12 a	0,08 a	0,08 a
225	0,11 b	0,18 a	0,13 a	0,12 a	0,08 a	0,11 a
Médias	0,13 b	0,17 a	0,11 a	0,12 a	0,08 a	0,10 a
	Média geral=0,15; CV (%) = 23,56; DMS = 0,07.		Média geral=0,12; CV (%) = 27,20; DMS = 0,04		Média geral=0,09; CV (%) = 25,55; DMS = 0,02	
Camada de 0,10 – 0,15 m						
0	0,10 b	0,18 a	0,10 a	0,12 a	0,10 a	0,11 a
75	0,15 a	0,20 a	0,13 a	0,10 a	0,07 a	0,06 a
150	0,14 b	0,14 a	0,14 b	0,21 a	0,08 a	0,08 a
225	0,10 b	0,16 a	0,15 a	0,12 a	0,09 b	0,11 a
Médias	0,12 b	0,17 a	0,13 a	0,13 a	0,08 a	0,09 a
	Média geral=0,15; CV (%) = 21,54; DMS = 0,07		Média geral=0,13; CV (%) = 15,42; DMS = 0,03		Média geral=0,09; CV (%) = 19,77; DMS = 0,02	

Nota: Para cada fase, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Os valores médios de porosidade total (Pt) estão apresentados na Tabela 6, verificaram-se que, após a saída dos animais, não houve diferença significativa nas camadas estudadas nas áreas com e sem pastejo. Na fase 3, ocorreu a manutenção dos valores de Pt entre as camadas. Valores de Pt mais baixos podem ter ocorrido devido à redução de macroporos pelo manejo utilizado; como pastejo, operações agrícolas na área experimental, altura e umidade do solo no momento do pastejo.

ANDREOLLA et al. (2008) e CONTE et al. (2011), trabalhando em Latossolo Vermelho com cultivo consorciado de azevém (*Lolium multiflorum*) e de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob pastejo contínuo, no inverno, e o cultivo de feijão e soja (*Glycine max*) no verão encontraram valores de Pt semelhantes aos observados neste trabalho.

TABELA 6. Porosidade Total ($m^3 m^{-3}$) nas camadas de 0,00 - 0,05; 0,05 - 0,10 e 0,10 - 0,15 m, nas fases experimentais, em respostas as condições com e sem pastejo, em Guarapuava-PR, Brazil – 2007. **Total porosity ($m^3 m^{-3}$) at 0.00 – 0.05; 0.05 – 0.10 and 0.10 – 0.15 m depths, during the experiment phases, as responses to grazing in Guarapuava-PR, Brazil - 2007.**

Dosagens de N (kg. ha ⁻¹)	Fase 1 Início do experimento		Fase 2 Após pastejo dos animais		Fase 3 Após colheita do feijoeiro	
	Com Pastejo	Sem Pastejo	Com Pastejo	Sem Pastejo	Com Pastejo	Sem Pastejo
Camada de 0,00 - 0,05 m						
0	0,60 a	0,62 a	0,55 a	0,56 a	0,61 a	0,62 a
75	0,55 b	0,64 a	0,55 a	0,56 a	0,56 a	0,58 a
150	0,60 a	0,61 a	0,55 a	0,58 a	0,57 b	0,61 a
225	0,61 a	0,60 a	0,56 a	0,57 a	0,58 a	0,54 b
Médias	0,59 b	0,62 a	0,55 a	0,57 a	0,58 a	0,59 a
	Média geral=0,60; CV (%) = 5,25; DMS = 0,03		Média geral=0,56; CV (%) = 4,00; DMS = 0,03		Média geral=0,58; CV (%) = 3,48; DMS = 0,02	
Camada de 0,05 - 0,10 m						
0	0,60 a	0,59 a	0,55 a	0,58 a	0,59 b	0,63 a
75	0,58 b	0,63 a	0,58 a	0,54 a	0,56 b	0,59 a
150	0,56 b	0,62 a	0,53 a	0,57 a	0,56 a	0,48 b
225	0,59 a	0,61 a	0,55 a	0,59 a	0,57 b	0,60 a
Médias	0,58 b	0,61 a	0,56 a	0,57 a	0,57 a	0,57 a
	Média geral=0,60; CV (%) = 4,36; DMS = 0,03		Média geral=0,56; CV (%) = 4,10; DMS = 0,02		Média geral=0,57; CV (%) = 2,08; DMS = 0,02	
Camada de 0,10 – 0,15 m						
0	0,63 a	0,61 a	0,58 a	0,56 a	0,53 b	0,59 a
75	0,61 a	0,63 a	0,55 a	0,56 a	0,59 a	0,59 a
150	0,60 a	0,58 a	0,57 a	0,61 a	0,56 a	0,56 a
225	0,63 a	0,63 a	0,59 a	0,59 a	0,57 a	0,58 a
Médias	0,62 a	0,61 a	0,57 a	0,58 a	0,56 b	0,58 a
	Média geral=0,61; CV (%) = 4,51; DMS = 0,04		Média geral=0,58; CV (%) = 3,35; DMS = 0,03		Média geral=0,57; CV (%) = 3,21; DMS = 0,04	

Nota: Para cada fase, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Assim, maiores valores de macroporosidade nas camadas superficiais podem explicar por que a Ds foi menor na camada superficial do que na mais profunda, enquanto para porosidade total ocorreu o inverso.

A aplicação de doses de N e o estudo de áreas pastejadas na integração lavoura–pecuária demonstraram que os atributos físicos do solo possuem comportamento diversificado perante a aplicação dessas dosagens e a implantação de carga animal. No entanto, apesar de a macroporosidade ter atingido valores críticos, esses não limitaram a produtividade do feijão. A influência da presença de animais na compactação do solo é condicionada ao manejo empregado nas pastagens. Contudo, o efeito do pisoteio animal sobre os atributos físicos do solo é limitado às camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível, pela cultura utilizada em seqüência ao pastejo, o que foi observado nos estudos de COSTA et al. (2009).

Em geral, a umidade gravimétrica do solo no momento da coleta de dados da RP foi significativamente diferente nas áreas com e sem pastejo, na camada de 0,00 – 0,05 m da fase 2 (Tabela 7). Isto pode ser atribuído à adubação da pastagem com nitrogênio, que pode ser uma estratégia para aumentar a produção de forragem, ocorrendo à manutenção da umidade (BRAIDA, et al., 2006).

TABELA 7. Umidade Gravimétrica (kg kg^{-1}) nas áreas com e sem pastejo, nas camadas e fases experimentais em Guarapuava-PR, Brasil - 2007. **Gravimetric moisture (kg kg^{-1}) at the different depths, during experiment phases in Guarapuava-PR, Brazil - 2007.**

Dosagens de N (kg. ha^{-1})	Fase 1		Fase 2		Fase 3	
	Início do experimento		Após pastejo dos animais		Após colheita do feijoeiro	
Camada de 0,00 - 0,05 m						
	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem Pastejo
0	0,41 a	0,39 a	0,33 a	0,36 a	0,36 a	0,33 a
75	0,42 a	0,39 a	0,29 a	0,40 a	0,34 a	0,37 a
150	0,45 a	0,41 a	0,31 a	0,40 a	0,39 a	0,35 a
225	0,38 a	0,36 a	0,28 a	0,39 a	0,39 a	0,35 a
Médias	0,38 a	0,38 a	0,30 b	0,39 a	0,37 a	0,35 a
	Média geral= 0,40; CV (%) = 4,94; DMS = 0,04		Média geral= 0,34; CV (%) = 2,69; DMS = 13,05		Média geral= 0,41; CV (%) = 2,50 DMS = 0,03	
Camada de 0,05 - 0,10 m						
	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem Pastejo
0	0,33 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,38 a	0,37 a
75	0,29 a	0,40 a	0,33 a	0,39 a	0,33 a	0,39 a
150	0,31 a	0,40 a	0,36 a	0,39 a	0,36 a	0,39 a
225	0,28 a	0,39 a	0,33 a	0,37 a	0,33 a	0,37 a
Médias	0,30 b	0,39 a	0,35 a	0,38 a	0,39 a	0,38 a
	Média geral= 0,34; CV (%) = 7,69; DMS = 13,05		Média geral= 0,37; CV (%) = 4,47; DMS = 7,37		Média geral= 0,37; CV (%) = 5,41; DMS = 3,40	
Camada de 0,10 - 0,15 m						
	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem pastejo	Com pastejo	Sem Pastejo
0	0,43 a	0,41 a	0,38 a	0,40 a	0,39 a	0,38 a
75	0,41 a	0,42 a	0,36 a	0,40 a	0,40 a	0,39 a
150	0,40 a	0,40 a	0,37 a	0,38 a	0,38 a	0,38 a
225	0,40 a	0,39 a	0,36 a	0,39 a	0,40 a	0,39 a
Médias	0,41 a	0,40 a	0,37 a	0,39 a	0,39 a	0,38 a
	Média geral= 0,36; CV (%) = 9,00; DMS = 11,60		Média geral= 0,37; CV (%) = 5,97; DMS = 6,84		Média geral= 0,34; CV (%) = 8,27; DMS = 1,94	

Nota: Para cada fase, médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Os valores de resistência do solo à penetração (RSP) antes da implantação do experimento (fase 1), com e sem pastejo, estão apresentados nas Figuras 2 e 3; a fase 2, nas Figuras 4 e 5, e a fase 3 nas Figuras 6 e 7.

O efeito do pisoteio animal foi mais acentuado em 0,05 m, tornando-se proeminente, e claramente ocorre afastamento entre as curvas, indicando a influência de cada tratamento até a profundidade 0,35 m. Pode-se dizer que os efeitos dos tratamentos são percebidos de forma sensível até essa profundidade do solo, permitindo assim delimitar a camada compactada aos 0,10 m superficiais do solo, por meio dos valores mais pronunciados no tratamento com pastejo. Verificou-se que há pico inicial entre 0,05 - 0,10 m, a partir do qual se observa uma redução da RSP com a profundidade, o que pode estar associado às condições mais úmidas nas camadas mais profundas (Figura 3). O solo pastejado apresentou maiores valores de RSP nos limites da camada compactada entre 0,05 e 0,15 m, nas condições após o pisoteio e após o cultivo do feijão (Figuras 4; 5; 6 e 7).

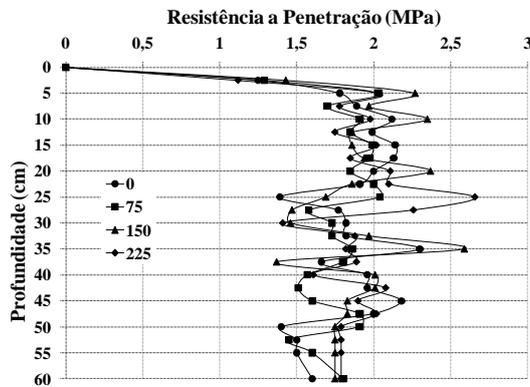


FIGURA 2. Resistência do solo à penetração na Fase 1, com pastejo. **Soil penetration resistance in phase 1, with grazing.**

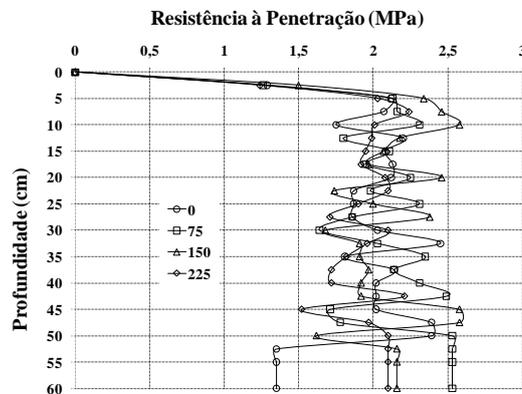


FIGURA 3. Resistência do solo à penetração na Fase 1, sem pastejo. **Soil penetration resistance in phase 1, without grazing.**

Nota: Umidade do Solo (F1): com pastejo ($U_g = 0,40 \text{ kg kg}^{-1}$); sem pastejo ($U_g = 0,39 \text{ kg kg}^{-1}$);

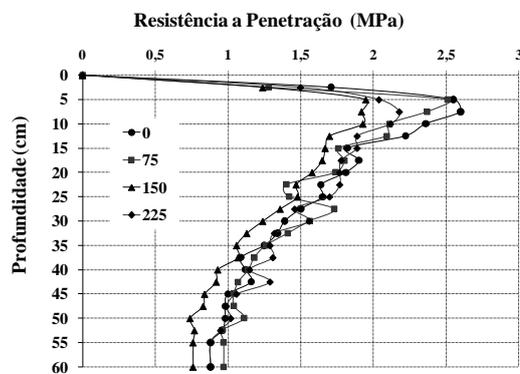


FIGURA 4. Resistência do solo à penetração na Fase 2, com pastejo. **Soil penetration resistance in phase 2, with grazing.**

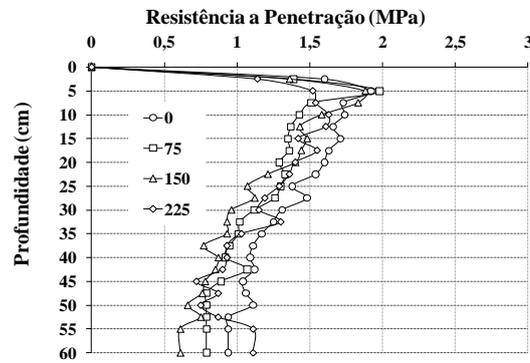


FIGURA 5. Resistência do solo à penetração na Fase 2, sem pastejo. **Soil penetration resistance in phase 2, without grazing.**

Nota: Umidade do Solo (F2): com pastejo ($U_g = 0,34 \text{ kg kg}^{-1}$); sem pastejo ($U_g = 0,39 \text{ kg kg}^{-1}$);

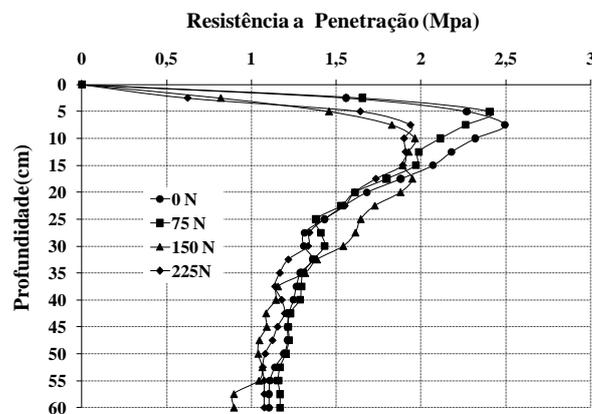


FIGURA 6. Resistência do solo à penetração na Fase 3, com pastejo. **Soil penetration resistance in phase 3, with grazing.**

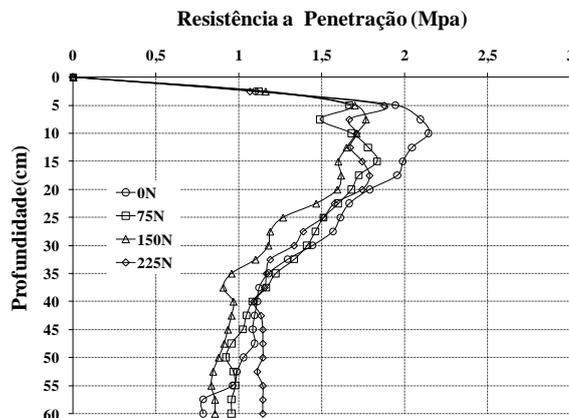


FIGURA 7. Resistência do solo à penetração na Fase 3, sem pastejo. **Soil penetration resistance in phase 3, without grazing.**

Nota: Umidade do Solo (F3): com pastejo ($U_g = 0,38 \text{ kg kg}^{-1}$); sem pastejo ($U_g = 0,38 \text{ kg kg}^{-1}$);

Os valores de RSP foram influenciados pelos sistemas de manejo do solo e variaram em profundidade, tendo os maiores valores ocorrido nas camadas de 0,00 - 0,020 m. Entretanto, ao se adotar um valor crítico de RPS para o crescimento do sistema radicular, observou-se que, nos

sistema com e sem pastejo, ocorreram valores críticos de 2,5 MPa apenas no sistema pastejado e na área sem pastejo com dose 0 de N (kg ha⁻¹). Este fato pode ser confirmado nas camadas de 0,05 - 0,10, onde ocorreram os maiores valores de RPS em todas as fases estudadas.

Parte da diferença de RSP observada entre os tratamentos pode ser atribuída à variável umidade do solo (Tabela 1). Essas diferenças na umidade do solo podem ser atribuídas à quantidade de matéria seca remanescente como cobertura de solo, em cada área. MOREIRA et al. (2012) e TORRES et al. (2012) encontraram resultados semelhantes.

PETEAN et al. (2010) e SILVEIRA et al., (2010), estudando sistemas de ILP, verificaram que valor restritivo de 2,5 MPa para RSP corrobora os dados obtidos. Os mesmos autores relatam que esse limite crítico depende de vários fatores e que o período de regeneração da vegetação, após a saída dos animais e antes do próximo plantio, é necessário para a renovação radicular e a formação de novos bioporos que auxiliam diretamente na reestruturação do solo.

Estudos realizados por SPERA et al. (2010) relatam que não houve diferença para a resistência do solo à penetração entre os sistemas, na camada de 0,00 - 0,05 m, porém, na camada de 0,10 - 0,15 m, verificou-se que os sistemas contendo pastagens tenderam a apresentar maiores valores de resistência do solo à penetração do que o sistema sem pastejo.

A produtividade do feijoeiro em função das doses de N e a significância das variáveis analisadas nos fatores testados do experimento, assim como suas interações encontram-se na Figura 8. Os valores médios encontrados da produtividade do feijoeiro na área com pastejo foi de 3.012 kg ha⁻¹, e na área sem pastejo, de 2.937 kg ha⁻¹. O nível de produtividade do Paraná neste período foi de 1528 kg ha⁻¹ (SALVADOR, 2012). Esses dados evidenciam que o sistema integração lavoura-pecuária utilizado foi eficiente na manutenção da estrutura física do solo e, conseqüentemente, no aumento da produtividade.

Para nitrogênio aplicado na pastagem, observou-se significância na produtividade de grãos do feijoeiro. Houve maior resposta à adubação nitrogenada no tratamento sem pastejo. Observou-se que, utilizando doses de N na pastagem de 150 kg ha⁻¹ sem N no feijoeiro, ocasionou a melhor resposta para a produtividade.

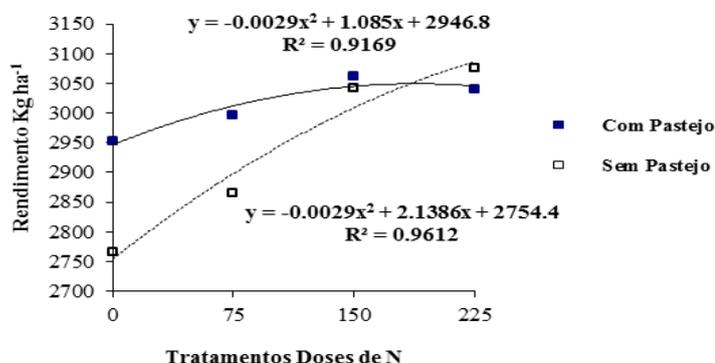


FIGURA 8. Produtividade de grãos do feijoeiro (kg ha⁻¹), na presença e ausência de pastejo, frente às doses de aplicação de N na pastagem, Guarapuava-PR, Brasil, 2007. **Bean grain yield (kg ha⁻¹), under grazing presence and absence, regarding to nitrogen doses applied into the grazing areas, Guarapuava-PR, Brazil, 2007.**

Nas doses de 0; 75 e 150 kg ha⁻¹ de N, a produtividade de grãos foi superior nas áreas pastejadas, comparativamente à áreas não pastejadas, verificando-se que os animais são um componente das pastagens, e seus principais efeitos no ecossistema estão na transformação, ciclagem e disponibilidade de nutrientes, decorrentes de respostas das plantas ao pastejo. O pastejo intensifica os processos de mineralização/imobilização de N, promove decomposição rápida de

substratos e aumenta a taxa de reciclagem de N resultante da deposição de urina e fezes (ANGHINONI et al., 2011; RIOS, 2010).

CONCLUSÕES

O pastejo com ovinos, em sistema de lotação contínua, manutenção da massa de forragem de azevém, adubada com nitrogênio, não comprometeu a qualidade física do solo no Latossolo Bruno. Em sistema plantio direto em Integração Lavoura-Pecuária, a adubação nitrogenada, antecipada na pastagem de inverno (azevém), garante elevada produtividade do feijoeiro como cultura sucessora, sem necessidade de reaplicação de N, sendo desta forma recomendada dose de N na pastagem de 150 kg ha⁻¹. O efeito do pisoteio do ovino na resistência do solo à penetração ficou restrito aos 0,10 m superficiais do solo. O pastejo no período de inverno não influenciou na produtividade da cultura do feijoeiro mesmo nas baixas doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLLA, V. R. M.; GABRIEL FILHO, A.; CARDOSO, D. L.; BONINI, A. K. Modification In The Physical Properties Of A Latosol Undertrampling Animals In A System Cattle-Raising Integration. In: CIGR INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING- CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37, 2008. *Anais ...* Foz do Iguaçu, 2008
- ANDREOLLA, V. R. M.; MORAES, A.; BONINI, A. K. DEISS, L.; SANDINI, I. E. Soil physical attributes in integrated bean and sheep system under nitrogen levels. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, CE, v.45, n.5 (Especial), p.922-930, 2014.
- ANGHINONI, I.; ASMANN, J. M.; MARTINS, P. M.; COSTA, S. E.; CARVALHO, P. C. F. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 2011. *Anais ...* Pato Branco, 2011.
- ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. O. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafós, 1996. 786 p.
- BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; VEIGA, M.; REINERT, D. J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.30, n.4, p.605-614, 2006.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciência do Solo, 1997. 132 p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (Passo Fundo, RS). *Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-CNPT, 1995. 223p.
- CARASSAI, I. J.; CARVALHO, P. C de F.; CARDOSO, R. R.; FLORES, J. P. C. ANGHINONI, I.; NANBINGER, C.; FREITAS, F. K. de., MACARI, S. Atributos físicos sob intensidades de pastejo e métodos de pastoreio com cordeiros em integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.46, p.1284-1290, 2011.
- CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão de dietas pelo animal em pastejo. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.) REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. A produção animal na visão dos brasileiros, 38, 2001, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.853-871.
- CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. de FACCIO.; LEVIEN, R.; WESP, C. de L. Evolução de atributos físicos de solo em sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 46, n.10, p. 1301-1309, 2011.

COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; SILVA, F. R. Propriedades Físicas do solo em sistemas de manejo na Integração Agricultura-Pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.33, p. 235-244, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. 3. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 353 p.

FERREIRA, D. F. *Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas*. Lavras: UFLA, 2000. 63 p.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; CECATO, U.; BARBERO, L. M.; LUGÃO, S. M. B; COSTA, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008.

FREITAS, T. M. S. de. *Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Ile de France em pastagem de azevém anual (Lolium multiflorum Lam.) em resposta a doses de nitrogênio*. 2003. 114f. Dissertação (Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LOPES, M. L. T.; CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; SANTOS, D. T. dos; AGUINAGA, A. A. Q.; FLORES, J. R. C.; MORAES, A. de. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P. C. F.; TREIN, C. R.; COSTA, J. A.; CAUDURO, G. F.; BARBOSA, C. M. P.; AGUINAGA, A. A. Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v.38, n.3, p.795-801, 2008.

MAAK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Estado do Paraná, 1968. 350p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.38, p.133-146, 2009.

MOOT, 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, 1952.n.6, p.1380-1395.

MOREIRA,W. H.; BETIOLI JUNIOR, E.; PETEAM, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J. F. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.36, n.2, p.389-400, 2012.

PETEAM, L. P.; TORMENA, C. A.; ALVES, S. J. Intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v.34, n.5, p.1515-1526, 2010.

REICHERT, J. M. SUZUKI, L. E. A.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop, production in subtropical highly weathered soils. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, Holanda, v.102, n.2, p.242-254, 2009.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, Viçosa, MG, v. 32, p.1805-1816, 2008.

- RIOS, E. de MOURA. *Pastejo e adubação nitrogenada na qualidade biológica e estrutural em Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária*. Tese (Doutorado Pós-graduação em Agronomia-Produção Vegetal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.
- SALVADOR, C. A. SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. *Feijão – Análise e Conjuntura*. Disponível em: [www: agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/.../feijao_2012_13.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/.../feijao_2012_13.pdf).
- SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo capim-tifton 85. *Revista Brasileira. Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.1, p. 39–45, 2010.
- SPERA, S. T., SANTOS, H. P., FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos físicos de um Hapludox em função de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP), sob plantio direto. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 37-44, 2010.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Integração Lavoura e Pecuária e os Atributos Físicos de solo manejado sob Sistema Plantio Direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 33 p. 129-136, 2009.
- SILVA, R.F. da; QUIMARAES, M. de F.; AQUINO, M. de; MERCANTE, F.M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v.46, n.10, p.1277-1283, 2011.
- SILVEIRA, D. C.; FILHO, J. F. M.; SACRAMENTO, A. S.; SILVEIRA, E. C. P. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distroférrico coeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa, MG, v. 34, p. 659-667, 2010.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATEHR, J. R. *The water balance. Publications in Climatology*. New Jersey: Drexel Inst. of Technology, 1955. 104p.
- TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. da S. Resistência à penetração em área de pastagem capim Tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. *Bioscience Journal*, Uberlândia, MG, v.28, n.1, p.232-239, 2012.