

**COMPACTAÇÃO DE LATOSSOLO BRUNO EM SISTEMA INTEGRADO LAVOURA-PECUÁRIA**  
**COMPACTION OF A BROWN LATOSSOL ON INTEGRATED SYSTEM OF PLANT AND ANIMAL**  
**FARMING**

Maria Alice Soares CONSALTER<sup>1</sup>  
Marcos Luiz de Paula SOUZA<sup>2</sup>  
Anibal de MORAES<sup>3</sup>  
Carlos Henrique Guimarães COIMBRA<sup>4</sup>

**RESUMO**

No Estado do Paraná, onde a implantação do sistema integrado lavoura – pecuária vem apresentando um crescimento expressivo foi avaliado o comportamento da compactação do solo, em consequência da adoção desta prática de manejo. O estudo foi desenvolvido durante o período de 1997 a 1998, na Cooperativa Agrária Mista de Entre Rios, no município de Guarapuava, PR. e se constituiu na formação de pastagens durante o inverno e plantio da cultura da soja, no verão, em sistema de plantio direto. O solo é classificado como Latossolo Bruno Álico Epieutrófico textura muito argilosa relevo suave ondulado fase vegetação campo natural. Foram coletadas amostras de solo em 20 (vinte) unidades amostrais, em 2 (duas) profundidades, durante 4 (quatro) períodos de amostragens, caracterizados como Período 0 – antes do pastejo; Período 60 – o gado há 60 dias na área; Período 120 – o gado há 120 dias na área e Período 300 – após a colheita da cultura da soja. As propriedades físicas foram submetidas à análise de Regressão Linear simples, para detectar a tendência de cada variável analisada, ao longo dos períodos e profundidades amostrados. Os dados nos permitem inferir que não foram constatadas diferenças com magnitude suficiente para caracterizar a presença de camadas compactadas impeditivas ao crescimento radical.

**Palavras-chave:** índice de cone; pastagem de inverno; densidade do solo; oferta de forragem.

**ABSTRACT**

In the State of Paraná, where the implement of the integrated system of plants and animal farming has shown a significant growth, the level of soil compacting was evaluated, in consequence to the adoption of this management practice. The study was developed between 1997 and 1998, at the Cooperativa Agrária Mista Entre Rios, in the city of Guarapuava, PR. It was mainly the formation of pasture during winter, and the growing of soy beans, in the Summer, in the system of direct planting. The soil is classified as Latossolo Bruno Álico Epieutrófico, with a very sandy texture, smooth undulated relief, natural Field vegetation phase. Soil samples were collected from 20 (twenty) sample units, at 2 (two) depths, during 4 (four) periods of sampling, named as Period 0, before grazing; Period 60, the cattle after 60 days in the area; Period 120, the cattle after 120 days in the area, and Period 300, after the harvesting of the soy bean culture. The physical properties were subjected to analyses of simple Linear Regression, to detect the tendency of each analyzed variable, throughout the sampled periods end depths. The data let us infer that no differences with sufficient magnitudes were verified, to characterize the presence of compacted layers impeding the root growth.

**Key-words:** cone index; winter swards; bulk density; herbage allowance

<sup>1</sup> Mestre em Agronomia, Área de concentração em Ciência do solo- UFPR, Professora Doutora em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Rua Nicolau Maeder, 821 Apartamento – 303, Alto da Glória, CEP - 80030-330, e-mail: [marialice@netpar.com.br](mailto:marialice@netpar.com.br)

<sup>2</sup> Professor Doutor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050. Curitiba - PR.

<sup>3</sup> Professor Doutor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050. Curitiba - PR.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo - UFPR, Professor, Travessa Rafael Francisco Greca, 98 apto. 71, CEP: 80620-150, Curitiba, Paraná, e-mail: [chg.coimbra@gmail.com](mailto:chg.coimbra@gmail.com), indicado como correspondente.

## INTRODUÇÃO

Nos países onde a pesquisa agrícola reconheceu a necessidade de estudar a propriedade rural dentro de um sistema integrado lavoura-pecuária, tem-se obtido importantes avanços no sentido de mudar os rumos de uma agricultura predatória para uma agricultura conservacionista.

A pecuária de corte integrada com sistemas agrícolas vem apresentando um crescimento expressivo nos últimos anos, principalmente através da terminação de animais em pastagens cultivadas de inverno.

Um dos benefícios desta integração lavoura-pecuária no subtropico brasileiro é a utilização de áreas agrícolas com forrageiras temperadas como azevém, aveias, trevo branco, trevo vesiculoso e cornichão no período frio do ano, formando um sistema de produção de forragem suplementar às gramíneas de estação quente. Isto representa uma solução à pecuária para este período crítico do ano, constituindo-se numa alternativa de utilização destas áreas pelos agricultores (Moraes et al. 1995).

Segundo Schreiner (1991), pastagens suplementares de inverno podem ser usadas em rotação com lavouras de verão, o que permite não só o aproveitamento da terra durante todo o ano, como também o barateamento do custo de sua formação, uma vez que o residual de fertilidade deixado pela lavoura pode permitir uma redução nos custos de produção.

Esse sistema tem particular interesse para o Estado do Paraná, onde é comum a atividade de agricultura e pecuária, na mesma propriedade ou vizinhança.

Quanto ao manejo das pastagens para terminação de bovinos, segundo Maraschin (1987), deve-se observar a relação entre ganho por animal e ganho por área, uma vez que se busca o ganho de peso num curto espaço de tempo para obtenção de um produto animal comercializável. Esse manejo também favorecerá a manutenção de uma boa cobertura vegetal, que servirá de proteção ao solo, minimizando os efeitos do pisoteio em áreas que serão ocupadas por culturas de verão em plantio direto.

Santos et al. (1997), estudando os efeitos de culturas de inverno e de sistemas de rotação de culturas sobre as características da soja, no município de Guarapuava – PR., nos períodos de 1984 a 1989 e de 1990 a 1993, demonstraram que o rendimento da soja, após o cultivo de aveia branca, no período de 1984

a 1989 foi de 2.639 kg.ha<sup>-1</sup>, e no período de 1990 a 1993, em três sistemas de plantio, onde a soja foi semeada após a aveia branca foi de 3.409 kg.ha<sup>-1</sup>.

Esse sistema, se bem manejado torna-se lucrativo, porém, se mal manejado inicia um ciclo de degradação do solo com sérios riscos do ponto de vista econômico e ambiental (Mello, 2002).

Quando associada ao plantio direto, a Integração lavoura-pecuária pode melhorar a qualidade do solo, aumentando os teores de matéria orgânica, a biodiversidade, várias propriedades físicas e, sobretudo, a capacidade de retenção de água, além de melhorar a renda e o emprego no meio rural e diminuindo consideravelmente a necessidade de abertura de novas áreas para produção (Macedo, 2005).

Consalter (2008) avaliando o sistema de produção lavoura-pecuária nas dimensões socioeconômica, técnico-agronômica, ecológica e econômica, como forma de identificar os indicadores de sustentabilidade, constatou que o sistema lavoura-pecuária pode ser adotado por propriedades de diversos tamanhos e por diferentes categorias de adotantes do sistema (pequeno agricultor, agricultor e produtor rural). O referido estudo aponta, ainda, que as principais vantagens do sistema são o de promover a cobertura do solo, que o protege da erosão, e o aumento da lucratividade. Os dados comprovam que os pesquisados aceitam bem o sistema e que pretendem se manter na atividade, o que nos permite afirmar a sua potencial sustentabilidade.

O presente trabalho integra um programa de pesquisa e tem como objetivo específico apresentar os resultados da avaliação do comportamento da compactação do solo, por meio da variável Densidade do solo e da medida da Resistência à penetração, devido ao pisoteio animal, em consequência da adoção da prática de manejo integração lavoura-pecuária, na região de Guarapuava, Estado do Paraná. Objetiva-se também fornecer subsídios científicos para embasar tecnicamente a adoção deste sistema para a mesma.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Guarapuava, na Colônia Vitória, área pertencente à Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, da Cooperativa Agrária Mista Entre Rios Ltda, situado no 3º Planalto Paranaense, Região Sudeste do Estado do Paraná, com altitude 1.095 m, Latitude

25° 33' S., Longitude 51° 29' W.

O clima da região, segundo classificação de Köppen é Cfb (Maak, 1981), caracterizado como clima temperado, com médias de temperatura do mês mais frio, inferiores a 18° C. As médias dos meses mais quentes ficam abaixo de 22° C, Não apresenta estação seca definida e há ocorrência de geadas severas e freqüentes.

A precipitação anual varia de 1400 a 1800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos.

O solo foi classificado como Latossolo Bruno Álico Epieutrófico textura muito argilosa relevo suave ondulado fase vegetação campo subtropical, conforme Embrapa, (1999).

A área experimental vem sendo utilizada com o sistema plantio direto por mais de 10 anos, sendo que no verão são cultivados milho, *Zea mays*, ou soja, *Glycine max* e no inverno, utiliza-se a rotação com cereais de inverno e nabo forrageiro.

Após a colheita do milho, utilizado para silagem, em abril de 1997, foi semeada em maio deste mesmo ano, a pastagem de inverno, constituída pelas seguintes espécies: Aveia branca, *Avena sativa* L., cultivar ER-89104, Azevém, *Lolium multiflorum* L., Trevo branco, *Trifolium repens* L., e Trevo vermelho, *Trifolium pratense* L..

No verão (nov/1997) a área foi cultivada com soja, cultivar BR 16, no sistema plantio direto, para compor a rotação de cultura com as espécies forrageiras. A colheita da soja ocorreu em maio de 1998.

A área total de pesquisa da FAPA destinada aos estudos em integração lavoura-pecuária, denominada Campo 12, possui 12,91 ha divididos em 12 piquetes tendo, cada piquete, área variando de 0,8 a 1,2 ha. O local onde foi conduzido o experimento é denominado Piquete 9 e possui 155 m de comprimento e 68 m de largura, com área total de 10.540 m<sup>2</sup> ou 1,054 ha e foi conduzido no decorrer de maio de 1997 a maio de 1998.

O modelo experimental escolhido se constitui em um estudo observacional, com 20 (vinte) unidades amostrais, caracterizadas ao longo do tempo, num total de 300 (trezentos) dias com 4 (quatro) períodos de amostragens distintos, denominados de Período 0, 60, 120 e 300 dias nos meses de Julho/97, Setembro/97, Novembro/97 e maio/98, respectivamente, e em 2 (duas) profundidades, sendo a primeira de 0 a 5 cm e a segunda de 5 a 10 cm.

Na área experimental, cada unidade

amostral possui 31 m de comprimento e 17 m de largura, perfazendo um total de 527 m<sup>2</sup>, onde foram coletadas as amostras de solo para análise em laboratório.

Foram coletadas durante o experimento, nas 20 (vinte) unidades amostrais, um total de 160 (cento e sessenta) amostras de solo, isto é 80 (oitenta) para cada profundidade, com anéis de metal de 25,4 cm<sup>3</sup>, cravados no solo, após efetuar a limpeza superficial da área.

Nos locais onde foram retiradas as amostras, também foram feitas 160 (cento e sessenta) determinações com o penetrômetro, para avaliar a resistência à penetração, por meio do Índice de Cone, nas 2 (duas) profundidades e nos quatro períodos de amostragens.

Em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, vedados para transporte até o laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Paraná, onde foram realizadas as determinações analíticas, para caracterização do solo.

As propriedades do solo foram submetidas a tratamento de análise de Regressão Linear simples, com posterior agrupamento em estratos crescentes de 3% de Umidade gravimétrica e determinação das médias aritméticas.

Foram calculadas as equações de regressão que representam as relações entre as propriedades físicas e foram utilizadas para detectar a tendência de cada variável analisada, ao longo do tempo, denominados Períodos.

Posteriormente, foram feitos estudos das correlações entre as variáveis e submetidos à análise estatística.

Dentre as análises físicas determinadas em laboratório, conforme as recomendações do Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997), a de Densidade do solo (Ds), em Kg.m<sup>-3</sup>, e Umidade gravimétrica (%) é que serão apresentadas. Os dados de Índice de Cone (IC), para determinar a resistência à penetração, representam a média de 3 (três) determinações por profundidade em cada unidade amostral. Para tal, os valores brutos de Índice de cone obtidos no campo foram transformados em Resistência à penetração por meio da equação  $IC = 0,0855 + 0,0559 X (Ld)$  onde, IC – Índice de cone (Kgf.cm<sup>-2</sup>) e Ld – Leitura direta obtida no campo, em 0,01 mm. O valor obtido em Kgf.cm<sup>-2</sup> é posteriormente multiplicado por 0,0980665 para ser transformado em Mega Pascal (MPa).

Para determinação do Índice de Cone,

foi utilizado o penetrômetro da Solotest, ref. S-210 de fabricação brasileira. O equipamento mede a força aplicada por unidade de área seccional (esforço) necessário para introdução no solo. A capacidade máxima de leitura do equipamento é de 100 Kgf/cm<sup>2</sup> (9,8067 MPa). A área basal do cone é de 6,33 cm<sup>2</sup>.

Em maio/97 foi semeada a pastagem hiberna, e em Julho/97, antes do início do pastejo do gado, foi realizada a primeira amostragem de solo, caracterizando o Período 0.

A segunda amostragem, que caracteriza o Período 60, foi efetuada em setembro/97, quando os animais já estavam na área há 60 dias. O final do pastejo ocorreu em novembro/97, após o gado ter permanecido na área por um período de 120 dias.

Após a retirada do gado da área e antes do plantio da cultura da soja, foi efetuada a terceira amostragem em novembro de 1997, caracterizando o Período 120.

A quarta amostragem foi efetuada em maio/98 (Período 300) após a colheita da soja.

A utilização da pastagem com os animais iniciou-se a partir do momento em que existia uma disponibilidade Matéria Seca (MS) de forragem em torno de 2.000 Kg.ha<sup>-1</sup>, obtida por meio do método do disco, aplicando a metodologia desenvolvida e avaliada por Barcellos (1990).

O método de pastejo utilizado foi o da lotação contínua, com carga animal variável, sendo utilizada a prática "put and take" descrita por Mott & Lucas (1952). Nesta técnica, o número de animais é variável em função da disponibilidade de forragem.

Foram utilizados dois tipos de animais experimentais: animais "testers", aqueles que permanecem na parcela experimental ao longo de todo o período de pastejo e se possível, durante todo o experimento. E animais "reguladores", os que entram e saem da parcela experimental de acordo com a variação na disponibilidade de forragem, regulando a oferta de matéria seca (Blazer, 1966).

Foram utilizados 5 (cinco) novilhos "testers" no piquete, animais inteiros (não castrados) da raça Charolesa e 5 (cinco) animais "reguladores" mestiços. Os animais foram identificados com brincos plásticos numerados e fornecidos água e sal mineral. A cada 4 (quatro) semanas eram feitas as pesagens dos animais, que passaram por um jejum prévio (enxugo), de 12 horas com restrição de água e alimento.

Durante o experimento os animais permaneceram na área por um período de 120

(cento e vinte) dias e carga animal média de 4,2 UA (unidades animais) por hectare. Uma UA corresponde a um bovino com 450 Kg de peso vivo (PV).

Os ganhos médios diários (GMD) foram obtidos periodicamente subtraindo o peso final de cada novilho "tester" do seu peso inicial, em cada período avaliado. Após obter o ganho médio de peso individual, este foi multiplicado pelo número de animais e dividido pela área do piquete. O resultado foi padronizado para unidade hectare obtendo-se o ganho por hectare (G.ha<sup>-1</sup>).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a Densidade do solo e a Resistência à penetração são parâmetros que refletem com alta significância o estado de compactação e degradação do solo, desde que o tratamento dos dados seja adequado, considerando os valores médios por estratos de umidade (Roa, 1992), as variáveis Índice de cone, Densidade e Umidade gravimétrica foram correlacionados, por meio de Regressões Lineares Simples.

Portanto, os dados foram agrupados em estratos crescentes de 3% de Umidade gravimétrica, na faixa de 30,62 a 60,58%, na profundidade de 0-5 cm, e de 33,33 a 48,43% na profundidade de 5-10 cm, o que corresponde aos valores encontrados em campo.

Em relação aos dados obtidos de Índice de cone, ficou demonstrado que a resistência do solo aumentou com a diminuição da umidade, confirmando os dados encontrados por Adur (1990) e Beltrame et al. (1991).

Este fato ocorre porque o teor de umidade intervém modificando a coesão entre as partículas do solo, que é maior no solo seco e decresce na medida em que o teor de água se eleva, provocando separação entre elas.

O solo ofereceu sempre maior resistência à penetração quando se apresentou com menor umidade, portanto, como era de se esperar, os valores médios de Índice de cone foram de 13,16 Kgf.cm<sup>2</sup> (1,2906 MPa) a 39,5% de umidade, (0-5 cm) e 14,13 Kgf.cm<sup>2</sup> (1,3857 MPa) a 40,25% (5-10 cm), respectivamente. As correlações entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica estão demonstradas na tabela 1.

TABELA 1 – Coeficientes de correlação (r), valor de a, valor de b, e ANOVA, da variável Índice de cone, durante os 4 (quatro) períodos de amostragens, nas 2 (duas) profundidades amostradas.

Período	Prof	a	b	r	Anova
0	0-5	-0,2636	23,889	0,8566	*
0	5-10	-0,3571	28,25	0,8891	*
60	0-5	-0,1814	19,287	0,9998	**
60	5-10	-0,4046	27,504	0,8895	*
120	0-5	-0,0188	9,7731	0,2041	n.s.
120	5-10	-0,0528	11,285	0,6586	n.s.
300	0-5	-0,1465	14,748	0,6736	n.s.
300	5-10	-0,2356	20,192	0,9721	n.s.

Comparando os dados obtidos, com os dados destes dois últimos autores, verificamos que estes estão muito acima dos valores médios obtidos neste experimento, não caracterizando compactação do solo ou Índices de cone restritivos à penetração radical.

Coimbra, et al. (1997) ao avaliarem o efeito do impacto do animal no solo de áreas de plantio direto envolvidas na integração lavoura-pecuária mostraram que os efeitos negativos do pisoteio são rapidamente revertidos após o cultivo da lavoura de verão, no caso pelo plantio do milho.

Considerando que Cintra & Mielniczuck (1983), observaram que na resistência média superior a 11 Kgf.cm<sup>2</sup> (1,0787 MPa) ocorrem reduções de até 50% do sistema radical da soja e trigo. Demonstramos que, com os dados obtidos na área experimental, após a saída do gado e antes do plantio da cultura da soja (Período 120) o Índice de cone médio foi de 9,13 Kgf.cm<sup>2</sup> (0,8953 MPa) na profundidade de 0-5 cm e 9,10 Kgf.cm<sup>2</sup> (0,8924 MPa) na de 5-10 cm, não caracterizando restrição ao desenvolvimento radical.

Nas condições deste experimento, esta variável teve um comportamento distinto, a medida que aumentou a Umidade gravimétrica diminuiu a Densidade do solo. Esta tendência é confirmada por Roa (1992), que demonstrou uma alta correlação ( $r = -0,95$ ) entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica, em um Latossolo Roxo Distrófico.

Verificamos que a tendência da densidade em diminuir com o acréscimo de umidade é confirmada por Adur (1990), onde afirma que, mesmo sem aplicação de energia, o solo apresentou variação na sua densidade de acordo com o conteúdo de água, caracterizan-

do a existência de variação natural no seu estado de compactação.

Os resultados médios de Densidade do solo obtidos no presente estudo variaram de 1,06 g.cm<sup>-3</sup> (1.060 Kg.m<sup>-3</sup>) a 1,19 g.cm<sup>-3</sup> (1.190 Kg.m<sup>-3</sup>) correspondendo a 49,30 e 43,87% de Umidade gravimétrica (0-5 cm) e 1,16 g.cm<sup>-3</sup> (1.160 Kg.m<sup>-3</sup>) a 1,19 g.cm<sup>-3</sup> (1.190 Kg.m<sup>-3</sup>) correspondendo a 40,25 e 39,41% (5-10 cm) de Umidade gravimétrica.

Segundo Viana (1998), a umidade ótima ou umidade no ponto crítico para a compactação para Latossolo Bruno, na camada de 5-10 cm é de 29,4%, alcançando densidade máxima de 1,5 g.cm<sup>-3</sup> (1.500 Kg.m<sup>-3</sup>). O dado médio, de maior densidade encontrada, foi de 1,19 g.cm<sup>-3</sup> (1.190 Kg.m<sup>-3</sup>) correspondendo a uma umidade de 43,87%, demonstrando a diferença entre os dados obtidos em condições de laboratório e de campo.

Os resultados de pesquisa comparando métodos de preparo de solo (plantio direto, convencional e escarificação), sumarizados por Derpsh et al. (1992), indicam que em Latossolos Roxos com densidade inferior a 1,20 g.cm<sup>-3</sup> (1.200 Kg.m<sup>-3</sup>), problemas no desenvolvimento radical não são prováveis. Somente com densidade superior a 1,25 g.cm<sup>-3</sup> (1.250 Kg.m<sup>-3</sup>) seria possível haver dificuldades de crescimento das raízes.

Os dados obtidos no presente estudo, durante os 4 (quatro) períodos, nas profundidades amostradas, não caracterizam tendência à compactação, não sendo limitantes ao desenvolvimento da cultura da soja.

As correlações entre Densidade do solo e Umidade gravimétrica estão demonstradas na tabela 2.

TABELA 2 – Coeficientes de correlação (r), valor de a, valor de b, e ANOVA, da variável Densidade do solo, durante os 4 (quatro) períodos de amostragens, nas 2 (duas) profundidades amostradas.

Período	Prof	a	b	r	Anova
0	0-5	-0,0047	1,2966	0,6512	n.s.
0	5-10	-0,0049	1,3471	0,5712	n.s.
60	0-5	-0,0035	1,3000	0,4808	n.s.
60	5-10	-0,012	1,6712	0,7742	n.s.
120	0-5	-0,0098	1,5932	0,8594	*
120	5-10	-0,0127	1,735	0,9001	*
300	0-5	-0,015	1,7794	0,8419	*
300	5-10	-0,0131	1,7062	0,7892	n.s.

Coimbra (1999), avaliando a Resistência à penetração, por meio do Índice de cone, e Densidade do solo em um Latossolo Bruno Álico manejado em três níveis de pressão de pastejo (5, 10 e 15%), não observou diferenças significativas entre as referidas variáveis que caracterizasse a formação de camadas

compactadas impeditivas ao desenvolvimento das raízes tanto da pastagem, como da cultura do milho em sucessão.

A tabela 3 apresenta o comportamento temporal das variáveis em questão conforme a umidade padronizada no experimento.

TABELA 3 – Valores de Densidade do solo e Resistência à penetração obtida para um conteúdo padrão de Umidade gravimétrica (42%), nas diferentes profundidades e períodos de amostragens.

Profundidade	Densidade do solo	Resistência à penetração
(cm)	(Kg.m <sup>-3</sup> )	(MPa)
0-5	1.099,2	1,2570
5-10	1.141,3	1,2996
0-5	1.153,0	1,1443
5-10	1.167,2	1,0308
0-5	1.181,6	0,8810
5-10	1.201,6	0,8892
0-5	1.149,4	0,8429
5-10	1.156,0	1,0098

A resistência à penetração varia muito mais com o conteúdo de umidade do solo do que com a densidade. Um solo com mesma densidade apresentará índices de Resistência à penetração diferente se os conteúdos de umidade forem diferentes. Portanto, sua utilidade fica limitada à medida feita para o mesmo solo à mesma umidade (Adur, 1990).

A calibração do Índice de cone e da Densidade do solo em função da umidade é necessária para tornar possível a comparação dos valores, restringindo os efeitos intervenientes que possam ocorrer, apesar das dúvidas existentes, quanto à melhor maneira de proceder esta calibração.

No caso específico deste experimento, a correlação dos valores das variáveis estudadas em relação a um valor padrão de umidade gravimétrica facilitou a compreensão do comportamento das mesmas sobre a compactação do solo, durante a sequência das amostragens realizadas no campo.

A Resistência à penetração teve variação temporal decrescente, variando de 1,2570 a 0,8429 MPa (0-5 cm) e 1,2996 a 1,0098 MPa (5-10 cm).

Lunardi et al. (2005) avaliando a resistência à penetração de um Argissolo Vermelho Distrófico Típico sob pastejo de ovinos obtiveram valores de índice de cone próximos de 2

MPa nos níveis de intensidade de pastejo moderada e baixa (1.421 e 975 Kg de peso vivo por hectare, respectivamente). Segundo Taylor et al. (1966), o nível de 2 MPa é o valor a partir do qual se tem restrições ao crescimento radicular no solo.

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se que nos Períodos 60 e 120, nos quais houve pisoteio do gado, ocorreu redução na Resistência à penetração de 1,1443 a 0,8810 MPa, evidenciando que o efeito do pisoteio, com a carga animal utilizada (4,2 UA.ha<sup>-1</sup>) não foi suficiente para causar compactação no solo. Estes resultados, no Período 60, são considerados resistências médias, 10 a 20 Kgf.cm<sup>-2</sup> (0,9807 a 1,9613 MPa) e, no Período 120, são consideradas resistências baixas, menor que 10 Kgf.cm<sup>-2</sup> (0,9807 MPa), conforme Soil Survey Manual, (1993).

Após a colheita da soja, Período 300, os valores de resistência à penetração são insuficientes para reduzir a produtividade da soja.

A Densidade do solo teve uma variação temporal crescente, de 1.099,2 Kg.m<sup>-3</sup> a 1.149,4 Kg.m<sup>-3</sup> (0-5 cm) e de 1.141,3 a 1.201,6 Kg.m<sup>-3</sup> (5-10 cm). Após a colheita da soja houve um decréscimo atingindo 1.149,4 Kg.m<sup>-3</sup> (0-5 cm) e 1.156,0 Kg.m<sup>-3</sup> (5-10 cm). Apresentou uma tendência a aumentar quando a área permaneceu com o pisoteio do gado, mas não

atingiu valores que caracterizassem um solo compactado, capaz de limitar o desenvolvimento da cultura subsequente ao pastejo.

Lanzanova et al. (2007) trabalhando com diferentes freqüências de pastejo em um Argissolo Vermelho-Amarelo aluminico típico, do Planalto Médio do Estado do Rio Grande do Sul, não encontraram diferença significativa nos valores de densidade do solo entre as freqüências de uso da pastagem testadas. Na profundidade de 0-5 cm, encontraram entre 1,16 a 1,20 Mg.m<sup>-3</sup>, e na profundidade de 5-10 cm, encontraram 1,32 a 1,35 Mg.m<sup>-3</sup>, para as freqüências de 28 e 14 dias, respectivamente.

Constataram também que os dados de Resistência à penetração atingiram valores máximos de 2,49 e 2,61 MPa nas profundidades de 0-5 cm e de 5-10 cm, respectivamente.

Bowen (1985) sugeriu valores críticos generalizados de densidade, para solo na capacidade de campo, com uma variação de 1,55 g.cm<sup>-3</sup> ou 1.550 Kg.m<sup>-3</sup> para solo de textura argilosa até 1,85 g.cm<sup>-3</sup> ou 1.850 Kg.m<sup>-3</sup>, para solo de textura arenosa.

A tabela 4 mostra os valores máximos, mínimos e médios da variável Umidade gravimétrica, Densidade do solo e Resistência à penetração dos dados obtidos no campo e submetidos à análise de Regressão Linear Simples.

TABELA 4 – Valores máximos, mínimos e médios das variáveis estudadas nos períodos e profundidades amostradas.

Períodos (dias)	Profundidade (cm)	Umidade (%)		Densidade do solo (Kg.m <sup>-3</sup> )		Resistência à penetração (MPa)	
		0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10
0	Mínimo	30,6	33,3	990,0	1.060,0	0,8924	0,9316
	Máximo	49,1	48,4	1.260,0	1.320,0	1,7358	1,7064
	Média	39,6	40,3	1.124,0	1.164,0	1,2910	1,3862
60	Mínimo	33,0	33,3	960,0	1.040,0	0,9807	0,8140
	Máximo	44,0	45,6	1.250,0	1.350,0	1,4612	1,4024
	Média	39,2	39,4	1.150,0	1.191,0	1,1954	1,1670
120	Mínimo	35,7	39,1	1.040,0	1.060,0	0,6963	0,6669
	Máximo	51,3	47,4	1.280,0	1.260,0	1,1670	1,0983
	Média	43,9	41,6	1.193,0	1.187,0	0,8953	0,8929
300	Mínimo	37,8	37,2	820,0	1.010,0	0,5001	0,7551
	Máximo	60,6	44,5	1.240,0	1.300,0	1,0101	1,3043
	Média	49,3	40,4	1.056,0	1.163,0	0,7639	1,0390

A produção da soja obtida na área experimental foi de 2.596 Kg.ha<sup>-1</sup>. Se compararmos este resultado, verificamos que foi superior à média global dos 12 (doze) piquetes da área experimental, (2.560 Kg.ha<sup>-1</sup>), no Campo 12, da FAPA., o mesmo acontecendo em relação à média de produtividade obtida nos últimos 5 (cinco) anos, no Estado do Paraná, que também é de 2.560 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Lustosa (1998) mostra que a produtividade média da soja, após rotação com pastagens associadas de inverno, tanto em piquete pastejado e não pastejado, no Campo 12 da FAPA, foi de 2.700 Kg.ha<sup>-1</sup>.

Em experimento de integração lavoura-pecuária em São Miguel das Missões (RS, Brasil), em Latossolo Vermelho Distroférico em plantio direto, com diferentes pressões de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm de altura do pasto) no inverno, Cassol & Anghinoni (2008) afirmam que o pisoteio animal não causa compactação do solo em plantio direto e nem afeta o rendimento da soja.

Durante o experimento, os animais obtiveram um ganho de peso médio diário de 1,098 Kg por animal e por dia, e uma média de 675 Kg de ganho de peso por hectare.

Pelos dados da tabela 5, observa-se que o alto ganho de peso (1,098 Kg por animal), se equivale aos ganhos de animais confinados na região, demonstrando que a alta qualidade da forragem aproxima o animal de seu potencial de ganho de peso. Estes resultados estão na faixa obtida por Quadros & Maraschin (1987), que obtiveram valores de 0,750 Kg a 1,018 Kg por animal por dia.

Quanto ao ganho de peso vivo por unidade de área, conforme demonstrado na tabela 5 obteve-se 675 Kg.ha<sup>-1</sup>, dados considerados satisfatórios, considerando que os ganhos de peso por hectare no Estado do Paraná, estão próximos aos 90 Kg por hectare e por ano, o que nos demonstra que o Estado está perdendo grande potencial de produção de carne a pasto.

TABELA 5 – Ganho de peso médio diário e ganho por hectare em uma pastagem associada de Aveia branca, Azevém, Trevo branco e Trevo vermelho com 5% de pressão de pastejo no período de julho a novembro de 1997.

	Períodos				TOTAL	MÉDIO
	09-08-97	09-09-97	03-10-97	12-11-97		
Ganho de peso diário	1,080	0,722	1,589	1,004	-	1,098
Ganho por área	264	81	149	181	675	-

### CONCLUSÕES

Na comparação dos valores de Resistência à penetração e Densidade do solo, para um conteúdo padrão de Umidade gravimétrica (42%), nas profundidades estudadas (0-5 cm e 5 -10 cm), durante os 4 (quatro) períodos, não foram constatadas diferenças, com suficiente magnitude, para caracterizar a presença de camadas compactadas, na área em estudo.

Os ganhos de peso médios diários e por hectare demonstram o potencial das espécies forrageiras de inverno, justificando a importância do sistema de integração lavoura-pecuária, o qual permite a terminação de animais em áreas onde anteriormente, no inverno eram

plantadas com culturas de baixa remuneração ou com cobertura para plantio direto.

A produtividade da soja não foi afetada pela entrada dos animais, demonstrando que pode haver pastejo no inverno, áreas destinadas à lavouras de verão, em plantio direto, sem o comprometimento das culturas subsequentes e problemas de compactação.

O conhecimento do comportamento da Resistência à penetração e Densidade do solo, relacionadas com a umidade, como parâmetros para avaliar a compactação do solo, são importantes para entender a potencialidade e limitações do sistema Integração lavoura-pecuária, no Latossolo Bruno Alíco, analisado em Guarapuava.



## REFERÊNCIAS

1. ADUR, A.F. **Comportamento de um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, quando submetido a diferentes energias de compactação.** 1990. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.
2. BARCELLOS, A. O. **Avaliação de métodos para estimativas da massa de forragem em condições de pastejo.** Porto Alegre. 1990. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.
3. BELATRAMÉ, L.F.S. ; GONDIN, L.A.P. ; TAYLOR, J.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.5, p.145-149. 1981.
4. BLAZER, R. R. Efecto del animal sobre la pastura. In: **Empleo de los animales en las investigaciones sobre pasturas.** IICA. Zona Sur. Osvaldo Paladines. 1966.
5. BOWEN, J. E. ; KRATKY, B. A. **Compactación del suelo.** Agricultura de las Americas. (6). P. 10-14, 1985.
6. CASSOL, J. P. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo.** 2008. 102 f. Tese Doutorado–Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
7. CINTRA, F. L. D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n.2, p.197-201, 1983.
8. COIMBRA, C. H. G.; SOUZA, M.L.P.; MORAES, A de. Avaliação do efeito do impacto do animal no solo em áreas de plantio direto envolvido na integração lavoura-pecuária. **Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais.** Maringá, 1997, p. 129-150.
9. COIMBRA, C.H.G. **Compactação de um Latossolo Bruno Álico utilizado em integração lavoura-pecuária.** 1999. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
10. CONSALTER, M. A. S. **Sistema de produção lavoura-pecuária: uma abordagem para a construção de indicadores integrados de sustentabilidade.** 2008. Dissertação de Doutorado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
11. DERPSCH, R. Importância da rotação de cultura e da adubação verde nos sistemas de produção trigo-soja no Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTIO DIRETO EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS. 8 sistemas in frame 11, 1993, Castro, PR, Brasil, **Anais...**, p. 58-75.
12. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.
13. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, Ed. 2, 1997.
14. LANZANOVA et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.31, n.5, p. 1131-1140, 2007.
15. LUNARDI, R. **Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de integração lavoura pecuária em função de espaçamento entre fileiras, métodos e intensidade de pastejo.** 2005. 143 f. Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.
16. LUSTOSA, S.C.L. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto.** 1998. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.
17. MACEDO, C. M. A bovinocultura integrando lavoura e pecuária. **Visão Agrícola.** USP – ESALQ, ano 2 jan/jun 2005. p. 87-89.
18. MELLO, N. A de. Degradação física dos solos sob integração lavoura-pecuária. In: **Anais do I Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil.** Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 364.
19. MORAES, A. de. ; MARASCHIN, G.E. ; NABINGER, C. Pastagens nos ecossistemas de clima subtropical: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS, XXXII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Brasília. D.F. 1995, p. 146-200.
20. 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. **Annals...**Pennsylvania; 1952. p.1380-1385.
21. QUADROS, F. L. F.; MARASCHIN, G. E. Desempenho animal em misturas de espécies forrageiras de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.5, p. 535-541, 1987.
22. ROA, M. A. K. M. **Degradação e uso do solo, aspectos fundiários e sócio-econômicos da microbacia do Rio Jacutinga – Tupãssi. Paraná.** 1992. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.
23. SANTOS, H. P. dos. ; LHAMBY, J. C. B. ; SANDINI, I. Efeitos de culturas de inverno e de sistema de rotação de culturas sobre algumas características da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.1, p.1141-1146, 1997.
24. SCHREINER, H. G. Características e rentabilidade da criação nos campos naturais do Paraná. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGEM. Cascavel: OCEPAR, 1991. p.109-140.
26. SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. **Soil survey manual.** Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18.
27. TAYLOR, H.M. et al. **Soil strength-root penetration relations for medium to coarse- textured soil materials.** **Soil Science, Baltimore**, v.102, n.1, p.18-22, 1966.
28. VIANA, J. D. **Relações entre as características físicas e os níveis de compactação de alguns latossolos paranaenses.** 1998. Dissertação de Mestrado, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

Recebido em 19/10/2011  
Aceito em 15/09/2014