

## Resistência do solo à penetração em dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta <sup>(1)</sup>.

**Alexandre Romeiro de Araújo<sup>(2)</sup>; André Dominghetti Ferreira<sup>(2)</sup>; Manuel Cláudio Motta Macedo<sup>(3)</sup>; Maria Julia Betiolo Troleis<sup>(4)</sup>, Alexandre Cassiano Batistela Ortiz<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da EMBRAPA, FUNDECT e CNPq.

<sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS; [alexandre.araujo@embrapa.br](mailto:alexandre.araujo@embrapa.br); <sup>(3)</sup> Pesquisador Embrapa Gado de Corte, Bolsista CNPq; <sup>(4)</sup> Estudante Agronomia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – Campus Chapadão do Sul; <sup>(5)</sup> Estudante Agronomia, Universidade Anhanguera-UNIDERP

**RESUMO:** A crescente demanda por alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis, associada à pressão da sociedade e da legislação ambiental vigente para preservação do meio ambiente, têm exigido o desenvolvimento de tecnologias e de processos para a agricultura visando o uso eficiente das terras. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do solo por meio da resistência do solo à penetração em dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. O experimento está instalado na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados. Foram testados dois tratamentos (Lavoura de soja 4 anos – Pastagem de capim-massai 4 anos (L4PE) e Pastagem de capim-massai 4 anos- Lavoura de soja 4 anos (P4LE)), ambos com eucalipto implantado no espaçamento de 14 x 2 m. As avaliações foram realizadas no centro das entrelinhas e próximas às linhas de eucalipto. Verificou-se que ao final de quatro anos com cultivos sucessivos de soja, em sistema de plantio direto, o solo tem sua resistência à penetração aumentada, assim como há um aumento nos valores desta característica nas áreas próximas às linhas de eucalipto.

**Termos de indexação:** física do solo; eucalipto; integração.

### INTRODUÇÃO

A ocupação dos solos com maior aptidão agrícola pelos cultivos de grãos ou culturas de maior valor industrial faz com que as pastagens ocupem áreas com solos que possuem menor fertilidade natural, elevada acidez, pedregosidade e limitações de drenagem. Face às características apresentadas, é de se esperar que as áreas de exploração para os bovinos de corte apresentem problemas de produtividade e de sustentabilidade de produção (Adamoli et al., 1986).

As propriedades físicas do solo influenciam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, e segundo Dexter & Youngs (1992), a quantificação e a compreensão das alterações

físicas do solo devidas ao seu uso e manejo são fundamentais para o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis.

Atualmente, a degradação das pastagens é o fator que mais tem comprometido a sustentabilidade da produção animal, e pode ser explicada como um processo dinâmico de degeneração ou de queda relativa da produtividade das forrageiras (Macedo & Zimmer, 1993). Como alternativa para reverter este cenário, alguns agricultores lançam mão de tecnologias importantes como os sistemas de integração lavoura – pecuária – floresta (SILPF), associados ao sistema de plantio direto (SPD). Apesar destas técnicas terem como um dos objetivos a redução do efeito das atividades antrópicas sobre o sistema como um todo, a falta de planejamento pode provocar a compactação do solo, causada pelo intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas e pelo pisoteio animal, resultando em perdas de produtividade (Albuquerque et al., 2001).

Neste contexto, a Embrapa têm atuado no desenvolvimento e na transferência de tecnologias para aumentar a eficiência de utilização de pastagens por meio do uso adequado do SPD e dos SILPFs em áreas de Cerrado. Todavia, pesquisas de longa duração avaliando o impacto dos sistemas de manejo do solo, sobre as pastagens em sistemas de integração são raras no Centro-Oeste do Brasil. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de dois sistemas integrados de produção lavoura-pecuária-floresta sobre a resistência do solo à penetração.

### MATERIAL E MÉTODOS

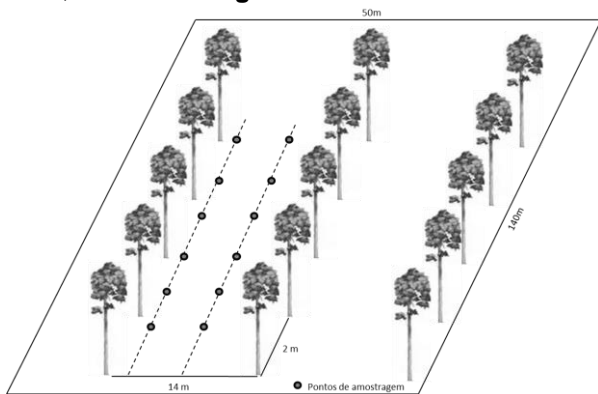
O experimento está instalado na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, nas coordenadas: 20°24'57" S, e 54°42'32" W. O padrão climático da região é descrito, segundo Köppen, como pertencente à faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido. A precipitação média anual é de 1.560 mm, e o período considerado de seca compreende os meses de maio a setembro.

As avaliações da resistência à penetração (RP) foram realizadas no período de 27/03/2013 a 01/04/2013. A precipitação acumulada durante o mês de março foi de 188 mm e durante a primeira semana de abril (01 a 07/04) foi de aproximadamente 160 mm.

O solo do local é um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso (Embrapa, 2006), com valores de argila variando de 40 a 45%. O histórico da área é conhecido desde 1979, com análises químicas e físicas. As parcelas estudadas vêm sendo utilizadas desde 1993/94, com diferentes combinações de sistemas de produção.

Os tratamentos principais foram constituídos por dois sistemas de ILPF em rotação: Lavoura de soja 4 anos - Pastagem de *Panicum maximum* cv. Massai 4 anos (L4PE) e Pastagem de *Panicum maximum* cv. Massai 4 anos- Lavoura de soja 4 anos (P4LE), ambos com eucalipto. Os eucaliptos foram implantados em 2009 no P4LE e em 2010 no L4PE, no espaçamento de 14 x 2m, totalizando 357 árvores/ha. O plantio da soja foi realizado em sistema de plantio direto. A partir de 2013 haverá a inversão dos cultivos nas áreas, ou seja, onde foi cultivado soja nos últimos quatro anos será plantado a forrageira para os próximos quatro anos, e onde foi conduzida a forrageira nos últimos quatro anos será implantada a lavoura de soja pelos próximos quatro anos. A título de comparação, foram realizadas avaliações em uma área de Cerrado Nativo (VN), adjacente à área experimental.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, sendo as parcelas constituídas por piquetes de 50 x 140 metros. A resistência do solo à penetração (RP) foi avaliada em dois piquetes por tratamento, em 10 posições na entrelinha do eucalipto, e em 10 posições próximas à linha das árvores (aproximadamente 1,5 m de distância das árvores), sendo a distância entre os pontos da mesma linha de aproximadamente 10 metros, com uma bordadura de no mínimo 15 metros no início e final de cada linha, conforme a **figura 1**.



**Figura 1** – Esquema de amostragem de solo em SILPF com arranjo do componente florestal de 14 x 2m.

A fim de relacionar a RP com o teor de umidade do solo, foram retiradas amostras para determinação da umidade em cada faixa, nas profundidades de 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm (Embrapa, 1997).

A resistência do solo à penetração foi medida com um penetrômetro modelo PLG1020 (cone tipo 2) da Falker, de 0 a 60 cm de profundidade. Para minimizar os efeitos da umidade nos valores da RP, foi realizada correção desta de acordo com o proposto por Busscher et al.(1997).

Os dados foram submetidos à aplicação do teste F, na análise da variância, com utilização do software SAS 9.2, procedimento GLM. Quando da significância do teste F, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ambos com 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações de RP indicam que, independentemente dos sistemas de produção, os valores de RP tendem a ser mais elevados nas camadas superficiais do solo, excetuando-se os obtidos na Vegetação Nativa, aqui representada pelo Cerrado, onde houve inversão desta tendência (**Tabela 1**). Verifica-se também que no sistema L4PE, onde há o cultivo de soja em plantio direto por quatro anos seguido de pastagem por mais quatro anos, houve maiores valores de RP para as profundidades de 5 e 10 centímetros quando comparados aos valores encontrados para estas mesmas profundidades no sistema P4LE. Os maiores valores encontrados no sistema L4PE, possivelmente são resultado de um maior fluxo de máquinas na área para a condução da lavoura de soja.

Os resultados apresentados são provenientes do quarto ano do ciclo, ou seja, a partir de 2013, onde há pastagem, haverá lavoura e vice-versa. Dessa forma, pode-se inferir que a condução de pastagem por quatro anos consecutivos após o cultivo de lavoura pelo mesmo período apresenta potencial de redução dos valores de RP nas camadas superficiais do solo.

O valor de RP= 2 MPa tem sido frequentemente empregado como crítico para o desenvolvimento das plantas (Lapen et al., 2004). Neste contexto, nota-se que no sistema L4PE os valores de RP até os primeiros 25 centímetros de profundidade foram superiores a 2 MPa, podendo resultar em menor crescimento do sistema radicular e parte aérea das plantas, e consequentemente, menor produtividade.

**Tabela 1** – Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades em dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e cerrado natural.

Profundidade	Sistemas		
	L4PE	P4LE	VN
----- MPa -----			
5	2,27 b	1,93 a	0,57
10	2,48 b	1,92 a	0,94
15	2,16 a	1,84 a	0,96
20	2,30 a	1,90 a	1,07
25	2,21 a	1,83 a	1,10
30	1,86 a	1,81 a	1,16
35	1,84 a	1,80 a	1,34
40	1,77 a	1,64 a	1,35
45	1,66 a	1,49 a	1,35
50	1,63 a	1,42 a	1,36
55	1,56 a	1,41 a	1,49
60	1,57 b	1,41 a	1,43

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  de probabilidade.

Onde: L4PE (Lavoura 4 anos seguida por Pastagem 4 anos), P4LE (Pastagem 4 anos seguida por Lavoura 4 anos) e VN (Vegetação Nativa).

Observa-se na **tabela 2** que os valores de RP variaram em função do local da amostragem, sendo maiores quanto mais próximos à linha de eucalipto, à exceção da profundidade de 5 centímetros.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para a ocorrência de maiores valores da RP nos pontos próximos ao eucalipto, como maior absorção de água pelas árvores, maior permanência dos animais nesta região em função da sombra proporcionada pelas árvores, e ainda pelo trânsito do maquinário em uma mesma região ou faixa de solo, uma vez que o eucalipto delimita a área de passagem das máquinas.

A preferência dos animais por áreas sombreadas foi verificada por Souza et al. (2010), Ferreira (2010) e Leme et al. (2005). Estes autores relataram que os animais permaneceram de 47 a 68,6% do tempo nos piquetes à sombra, uma vez que nesta condição ocorre maior conforto térmico animal. Porém a maior frequência de permanência dos animais nas áreas sombreadas poderá proporcionar um maior pisoteio desta área, em detrimento das áreas com insolação direta.

Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas para a umidade do solo entre os sistemas em estudo e entre os locais de amostragem, nota-se uma tendência de ocorrer menor umidade no sistema L4PE em relação ao P4LE, e menor umidade na faixa de solo mais próxima à linha de eucalipto (**Tabela 3 e Tabela 4**).

**Tabela 2** – Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades em dois locais de amostragem nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Profundidade	Local de amostragem	
	C	E
----- MPa -----		
5	1,43 a	1,78 a
10	1,90 a	2,50 b
15	1,66 a	2,35 b
20	1,83 a	2,37 b
25	1,76 a	2,28 b
30	1,67 a	2,00 b
35	1,66 a	1,97 b
40	1,52 a	1,89 b
45	1,30 a	1,85 b
50	1,23 a	1,83 b
55	1,25 a	1,72 b
60	1,34 a	1,64 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  de probabilidade.

Onde: C (entrelinha de eucalipto) e E (próximo à linha de eucalipto).

Segundo Lapen et al. (2004), a menor disponibilidade de água resulta em maior resistência do solo à penetração, explicando em parte os maiores valores de RP encontrados na faixa de solo mais próxima à linha de eucalipto.

**Tabela 3** – Umidade do solo ( $g.g^{-1}$ ) em diferentes profundidades em dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e cerrado natural.

Profundidade	Sistemas		
	L4PE	P4LE	VN
----- $g.g^{-1}$ -----			
0 – 15	0,18 a	0,17 a	0,28
15 – 30	0,20 a	0,19 a	0,27
30 – 45	0,21 a	0,19 a	0,28
45 – 60	0,21 a	0,19 a	0,28

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  de probabilidade.

Onde: L4PE (Lavoura 4 anos seguida por Pastagem 4 anos), P4LE (Pastagem 4 anos seguida por Lavoura 4 anos) e VN (Vegetação Nativa).

**Tabela 4** – Umidade do solo ( $\text{g.g}^{-1}$ ) em diferentes profundidades em dois locais de amostragem nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Profundidade	Local de amostragem	
	C	E
	----- $\text{g.g}^{-1}$ -----	
<b>0 – 15</b>	0,18 a	0,17 a
<b>15 – 30</b>	0,20 a	0,19 a
<b>30 – 45</b>	0,20 a	0,20 a
<b>45 – 60</b>	0,20 a	0,20 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey com  $p < 0,05$  de probabilidade.

Onde: C (entrelinha de eucalipto) e E (próximo à linha de eucalipto).

### CONCLUSÕES

O cultivo de pastagem por quatro anos consecutivos após o cultivo de lavoura pelo mesmo período apresenta potencial de redução dos valores de resistência à penetração nas camadas superficiais do solo, melhorando, consequentemente a qualidade física do mesmo.

A resistência do solo à penetração é superior nas proximidades das linhas de eucalipto quando comparada aos valores observados nas entrelinhas.

### AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA, à FUNDECT e ao CNPq pelo apoio na execução do projeto de pesquisa.

### REFERÊNCIAS

ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, J.G.; NETTO, J.M. 1986. Caracterização da região dos Cerrados. In: Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégia de Manejo. EMBRAPA/CPAC. Liv. Nobel, São Paulo, p.-33-74.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L. & ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 25:717-723, 2001.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R. & SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a Coastal Plain soil. Soil Till. Res., 43:205-217, 1997.

DEXTER, A.R. & YOUNGS, I.M. Soil physic toward 2000. Soil Till. Res., 24:101-106, 1992.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FERREIRA, L.C.B. Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LAPEN, D.R.; TOPP, G.C.; GREGORICH, E.G. & CURNOE, W.E. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production. *Soil Till. Res.*, 78:151-170, 2004.

LEME, T.M.P.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S.V.; ALVIM, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:688-675, 2005.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A. H. 1993. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: 2º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens. FUNEP, UNESP, JABOTICABAL, SP, p. 216-245.

SOUZA, W. de. BARBOSA, R.R.; MARQUES, J.A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:677-684, 2010.