



Sistemas Agroflorestais e
Desenvolvimento Sustentável:
10 anos de Pesquisa

24 a 27 de junho de 2013 - Campo Grande - MS

SAF's +10

RESISTÊNCIA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

André Dominghetti Ferreira¹, Alexandre Romeiro de Araújo¹, Manuel Cláudio Motta Macedo², Roberto Giolo de Almeida¹

¹ Pesquisador Embrapa Gado de Corte, andre.dominghetti@embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Gado de Corte, Bolsista do CNPq

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis, associada à pressão da sociedade e da legislação ambiental vigente para preservação ambiental, têm exigido o desenvolvimento de tecnologias e de processos para a agricultura visando o uso eficiente das terras.

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 (Adamoli et al., 1986). 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.

Dexter & Youngs (1992) relatam que 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. As avaliações destas alterações deveriam ser realizadas submetendo um solo sob vegetação nativa às explorações agrícolas desejadas (uso e manejo) e analisando suas propriedades físicas periodicamente.

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). A reversão desse quadro tem sido realizada pela utilização de várias tecnologias importantes, tais como: o sistema de plantio direto (SPD), que contempla não só o preparo mínimo do solo, mas também a prática de rotação de culturas, e os sistemas de integração lavoura-pecuária (SILPs). Apesar de estas técnicas terem como um dos objetivos a redução do efeito das atividades antrópicas sobre o sistema, 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 vem atuando no desenvolvimento e na transferência de tecnologias para aumentar a eficiência de utilização de pastagens e do SPD em áreas de Cerrado. Entretanto, pesquisas de longa duração, avaliando o impacto do manejo do solo, associado a práticas de cultivo, sobre a pastagem são raras no Centro-Oeste do Brasil. Desta forma, no presente trabalho avaliou-se a qualidade do solo através da resistência do solo à penetração, em diferentes sistemas de manejo, em pastejo contínuo, lavoura contínua e sistemas integrados e rotacionados de lavoura-pecuária-floresta.

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

pluviométrica 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 26 a 30/03/2012. A precipitação pluvial durante esse mês foi de aproximadamente 94 mm, sendo que o último volume de chuva significativo ocorrido na área foi no período de 16 a 19/03/2012 onde a precipitação acumulada foi de 46 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.

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: (1) eucalipto em linhas simples, com espaçamento de 14 metros entre linhas e dois metros entre plantas, resultando em um estande de 227 árvores de eucalipto por hectare (ILPF 1), (2) eucalipto em linhas simples, com espaçamento de 22 metros entre linhas e dois metros entre plantas, obtendo uma densidade de 357 árvores por hectare (ILPF 2), (3) sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e (4) área de vegetação natural (VN).

Os tratamentos (1) e (2) são compostos por capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) em consórcio com eucalipto “urograndis” (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), clone H 13, o tratamento (3) é composto por capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã) e o tratamento (4) por vegetação natural de Cerrado Nativo. Antes da implantação dos sistemas, a área experimental apresentava pastagem de *Brachiaria* sp. com baixa capacidade produtiva e foi reformada em setembro-outubro de 2008, por meio de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com preparo total do solo e semeadura de soja. As mudas de eucalipto foram transplantadas em janeiro de 2009 e o capim-piatã foi semeado sobre os restos culturais da soja, em abril de 2010.

As parcelas experimentais foram constituídas de piquetes de 50 x 390 metros. A RP foi avaliada em 10 posições, em duas linhas paralelas dentro do piquete, distanciadas de vinte metros, com uma bordadura de no mínimo 15 metros em cada lado. Nas áreas de ILPF, a avaliação da RP foi ligeiramente modificada. Com intuito de avaliar a influência do componente florestal na qualidade do solo, além de avaliações na entrelinha do eucalipto, também foi realizada avaliação próxima a linha de plantio (1,5 m).

A resistência à penetração foi medida com um penetrógrafo modelo SC60 da Soil Control, de 0 a 45 cm de profundidade. Os resultados originais obtidos em kgf.cm^{-2} foram posteriormente convertidos em MPa.

Os dados foram submetidos à aplicação do teste F, na análise da variância, com utilização do software Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2008). Quando da significância do teste F, foi aplicado o teste de Tukey para comparação das médias, ambos com 5% de significância.

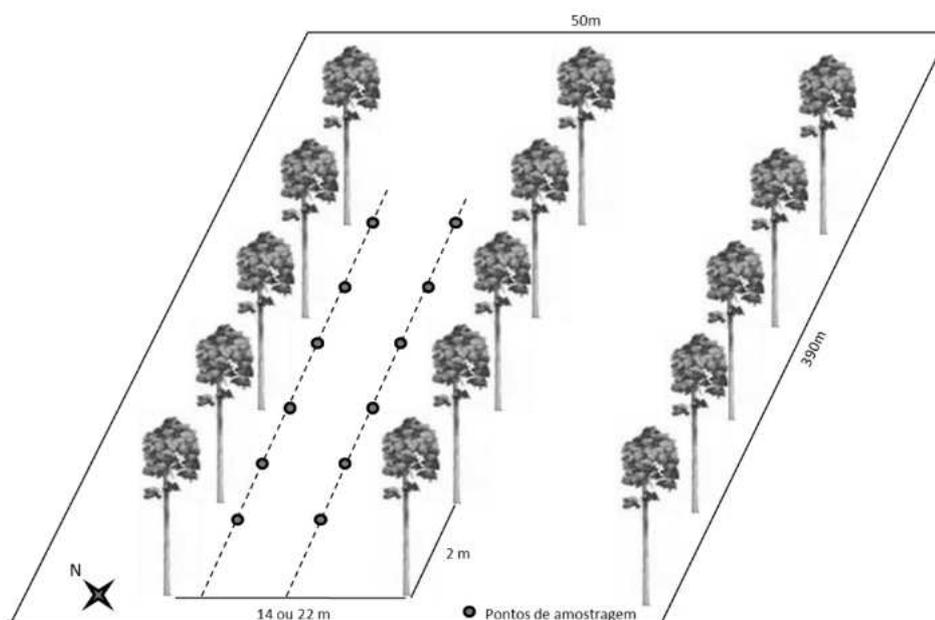


Figura 1. Esquema dos locais de amostragem dos componentes da lavoura de soja em ILPF com arranjo do componente florestal de 14 x 2 metros e 22 x 2 metros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações de RP indicam que nos sistemas onde há intervenção antrópica – ILPF 1, ILPF 2 e ILP - os valores de RP são mais elevados quando comparados com a vegetação nativa (**Tabela 1**). Entretanto, nos sistemas onde há presença do componente arbóreo, verifica-se uma intensificação dos valores de resistência do solo à penetração nas camadas mais superficiais. Os valores de RP observados nos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta foram aproximadamente de 3,0 MPa.

Segundo Lapen et al. (2004), o valor de RP considerado como crítico para o desenvolvimento das plantas é próximo 2 MPa. Em outros trabalhos, novos valores foram considerados como críticos. O valor de RP = 2,5 MPa foi utilizado em solos sob pastagem (Leão et al., 2004) e 3,0 MPa em solos sob florestas (Zou et al., 2000). Tormena et al. (2007) utilizou o valor de 3,5 MPa como crítico em solo cultivado sob plantio direto por longo período, em função da presença de bioporos contínuos e efetivos no solo sob plantio direto, o que corrobora com os resultados obtidos neste ensaio.

Tabela 1. Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades e sistemas de uso e manejo.

Profundidade	Sistemas			
	VN	ILP	ILPF 1	ILPF 2
	MPa			
5	1,80 a	1,45 a	3,03 b	1,85 a
10	1,63 ab	1,57 a	2,99 b	2,14 b
15	1,77 a	2,64 b	3,21 c	2,81 bc
20	1,76 a	3,42 b	3,30 b	3,46 b
25	1,49 a	3,65 b	3,58 b	3,88 b
30	1,73 a	3,58 b	3,64 b	4,05 b
35	1,75 a	3,36 b	3,70 b	3,86 b
40	1,84 a	3,21 b	3,71 bc	3,79 c
45	1,34 a	3,00 b	3,80 c	3,71 c

Média	1,68	2,87	3,44	3,28
		CV= 11,7 %		

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey com $p < 0,05$ de probabilidade. Onde: VN (Vegetação Nativa do Cerrado); ILP (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária); ILPF 1 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, com eucalipto implantado no espaçamento 14 x 2 m); ILPF 2 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, com eucalipto implantado no espaçamento 22 x 2 m); C (amostragem realizada no centro das entrelinhas de eucalipto); E (amostragem realizada a 1,5 metros de distância das linhas de eucalipto).

Pela **Tabela 2** verifica-se que não há interferência do componente florestal sobre a resistência do solo à penetração na área como um todo, ou seja, independentemente do local onde foi avaliada a RP (centro da entrelinha e próximo às linhas de eucalipto) os valores de RP não apresentaram diferenças significativas nos primeiros 30 centímetros de profundidade. A partir deste ponto, no sistema com arranjo espacial 22 x 2 metros (ILPF 2), os valores de RP nas proximidades da linha de árvores apresentaram-se superiores aos encontrados no centro da entrelinha.

Avaliando a RP em diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, Araújo & Macedo (2012), demonstraram que o componente arbóreo maximiza os valores de RP, principalmente nas proximidades da linha de eucalipto. Neste estudo, os autores fizeram a correção dos valores de RP em função do teor de umidade do solo, de acordo com Busscher et al. (1997). Este fato pode estar influenciando os valores encontrados no presente trabalho, uma vez que tal correção não foi realizada. Vale ressaltar que os valores de umidade do solo encontravam-se em torno de $0,15 \text{ g.g}^{-1}$, e segundo Araújo & Macedo (2012), a umidade do solo afeta diretamente os valores de RP, e, portanto, para um solo semelhante ao deste estudo, recomenda-se tomar medidas de RP quando o solo apresentar valores de umidade em torno de $0,20 \text{ g.g}^{-1}$ de solo.

Ainda pela **Tabela 2**, observa-se que apesar de não haver diferença significativa nos primeiros 30 cm de profundidade do sistema de ILPF 2, existe uma tendência de maiores valores de RP nas proximidades das linhas de eucalipto, quando comparada com a posição central. Neste sistema, há uma maior concentração de sombra nas proximidades das árvores em relação ao ILPF 1, pois o espaçamento entre os renques de eucaliptos é maior. Segundo Souza et al. (2010), Ferreira (2010) e Leme et al. (2005) os animais tem preferência por áreas sombreadas. 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.

Tabela 2. Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades no desdobramento de local de amostragem dentro de sistemas ILPF.

Prof.	Sistemas ILPF			
	ILPF 1		ILPF 2	
	C	E	C	E
-----MPa-----				
5	3,04 a	3,01a	1,82 a	1,88 a
10	3,04 a	2,93 a	2,07 a	2,20 a
15	3,35 a	3,06 a	2,90 a	2,73 a
20	3,40 a	3,21 a	3,25 a	3,68 a
25	3,52 a	3,63 a	3,67 a	4,09 a
30	3,60 a	3,69 a	3,82 a	4,28 a
35	3,64 a	3,76 a	3,50 a	4,23 b
40	3,56 a	3,85 a	3,49 a	4,10 b
45	3,76 a	3,83 a	3,32 a	4,09 b
Média	3,43	3,44	3,09	3,78
		CV = 10,2 %		

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas e dentro dos sistemas, não diferem entre si pelo teste de Tukey com $p < 0,05$ de probabilidade.

Onde: ILPF 1 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, com eucalipto implantado no espaçamento 14 x 2 m) ; ILPF 2 (Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, com eucalipto implantado no espaçamento 22 x 2 m); C (amostragem realizada no centro das entrelinhas de eucalipto); E (amostragem realizada a 1,5 metros de distância das linhas de eucalipto).

CONCLUSÕES

A intervenção no sistema natural para a implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária ou lavoura-pecuária-floresta, afeta de maneira negativa a qualidade física do solo, quando avaliada por meio da resistência do solo à penetração;

O componente florestal plantado em renques espaçados de 22 x 2 m tende a maximizar os valores da resistência do solo à penetração nas proximidades da linha de eucalipto após três anos de condução do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta.

AGRADECIMENTOS

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

BIBLIOGRAFIA*

- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:717-723, 2001.
- ARAÚJO, A.R. & MACEDO, M.C.M. Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas integrados e de uso do solo. In: VII Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Pecuária Sustentável (7.:2012). Belém-PA; **Anais...CD Room**, 2007.
- 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 Tillage Research**, 43:205-217, 1997.
- DEXTER, A.R. & YOUNGS, I.M. Soil physic toward 2000. **Soil Tillage Research**, 24:101-106, 1992.
- 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, D.F. 2008. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-418.
- 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 Tillage Research**, 78:151-170, 2004.
- LEÃO, T.P.; SILVA, A.P.; MACEDO, M.C.M.; IMHOFF, S. & EUCLIDES, V.P.B. 2004. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:415-423.
- 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: 2^o **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.
- TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. 2007. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:211-219.
- ZOU, C.; SANDS, R.; BUCHAN, G. & HUDSON, I. 2000. Least limiting water range: A potential indicator of physical quality of forest soils. **Aust. J. Soil Res.**, 28:947-958.

* A correção e a padronização do texto e das Referências Bibliográficas são de responsabilidade dos autores.