

Resistência do solo à penetração em diferentes sistemas de cultivo e práticas de preparo do solo no Sudoeste dos Cerrados⁽¹⁾.

Alexandre Romeiro de Araújo⁽²⁾; Manuel Cláudio Motta Macedo⁽³⁾; André Dominghetti Ferreira⁽²⁾; Aline Almeida Gonçalves⁽⁴⁾; Andressa Nunes França⁽⁴⁾, Eduardo da Cunha Maldonado⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da EMBRAPA, FUNDECT e CNPq.

⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS; alexandre.araujo@embrapa.br; ⁽³⁾ Pesquisador Embrapa Gado de Corte, Bolsista CNPq; ⁽⁴⁾ Estudante Agronomia, Universidade Anhaguera Uniderp; ⁽⁵⁾ Estudante Agronomia, Universidade Católica Dom Bosco.

RESUMO: Monitorar a compactação do solo pela resistência à penetração é uma forma prática de avaliação dos efeitos dos diferentes sistemas de cultivo e preparo na estrutura do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes sistemas de cultivo e práticas de preparo de solo, na manutenção e aprimoramento da qualidade do solo, por meio da medida da resistência do solo à penetração (RP). O experimento está instalado na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS. O solo é um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo: lavoura contínua convencional (LCCV); lavoura contínua cultivo conservacionista (LCCS) e lavoura contínua plantio direto (LCPD). As parcelas experimentais foram constituídas de faixas de 6 x 110 metros. A RP foi avaliada em 10 posições, distanciadas de aproximadamente oito metros. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Independentemente do sistema de cultivo, os valores observados neste estudo são inferiores aos considerados críticos para o desenvolvimento de plantas. Apesar de não restritivas, existem diferenças significativas entre os sistemas propostos, principalmente onde existe interação tratamento*profundidade. Observa-se uma tendência dos valores de RP serem menores nos primeiros 15 cm de profundidade no tratamento LCCV. A partir dos 20 cm esta tendência se inverte. A subsolagem efetuada 3 anos antes no LCCS foi significativa em diminuir a RP no intervalo de 20 a 35 cm quando comparado ao LCCV. Estes efeitos não foram significativos para o LCPD.

Termos de indexação: qualidade física, umidade e compactação.

INTRODUÇÃO

Com o intuito de solucionar problemas de degradação, o Sistema Plantio Direto (SPD) no Brasil é um exemplo de adoção tecnológica, com produtores proativos se mobilizando, buscando conhecimentos e inovações.

A literatura tem mostrado que o uso do solo em SPD muitas vezes está associado ao intenso tráfego de máquinas, as quais, de acordo com Collares et al. (2006), ajudam a alterar a qualidade estrutural do solo, acarretando em aumento da compactação, principalmente em solos com elevados teores de argila (Secco et al., 2004).

A compactação do solo tem sido um dos grandes entraves na obtenção de altas produtividades. É caracterizada pela redução do volume de poros e da taxa de difusão de oxigênio e pelo aumento da densidade e da resistência física à penetração.

A resistência do solo à penetração (RP) é uma das propriedades físicas diretamente relacionadas com o crescimento das plantas (Letey, 1985), bem como com os valores de densidade, além de ser muito influenciada pelos sistemas de preparo do solo.

Beltrame et al. (1981) relatam que a redução no teor de umidade do solo aumenta os valores de RP, dificultando comparações entre sistemas de preparo.

Neste sentido, Busscher et al. (1997), procuraram diminuir possíveis efeitos na RP em função dos teores de umidade do solo. Tais pesquisadores propõem o uso de equações matemáticas para corrigir possíveis distorções de interpretação da RP em função da umidade e, enfatizam ainda, a necessidade de reinterpretação dos valores de RP depois de realizada a correção.

Apesar da literatura abundante em trabalhos que mostram alternativas de preparo de solo, com intuito de minimizar os efeitos da compactação em SPD, poucos são os estudos em experimentos de longa duração na região dos Cerrados. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivos, avaliar diferentes sistemas de cultivo e práticas de preparo de solo, associadas à rotação de culturas, em sistemas de lavoura contínua convencional, cultivo conservacionista e SPD na manutenção e aprimoramento da qualidade do solo, através da medida da resistência do solo à penetração e do conteúdo de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está instalado na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS, no Sudoeste da região dos Cerrados. 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. O solo do local é um Latossolo Vermelho Distrófico argiloso (Embrapa, 2006), com valores de argila variando de 40 a 45%.

Foram estudadas parcelas que vêm sendo utilizadas convencionalmente e em SPD desde 1993/94, com diferentes combinações de rotações que foram compostas de tratamentos adicionais para avaliar o proposto no objetivo do projeto.

As avaliações da RP foram realizadas no período de 08 a 10/04/2013. 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.

Os tratamentos principais foram constituídos por três sistemas de cultivo e preparo do solo: Lavoura Contínua Cultivo Convencional (LCCV); Lavoura Contínua Cultivo Conservacionista (LCCS) e Lavoura Contínua Plantio Direto (LCPD). O tratamento LCCV consiste em plantio de soja no verão, sem cultivo de outono-inverno, com preparo de solo anual com grade aradora e niveladora. O LCCS é composto por plantio de soja no verão, cultivo simultâneo de Guandu (*Cajanus cajan*) cv. Mandarin consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã no outono-inverno (2012) e subsolagem efetuada a cada quatro anos. Esta ação foi efetuada em novembro de 2009 e o SPD continua a partir do outono de 2010. O LCPD está sendo avaliado sem nenhum preparo de solo há 19 anos e, assim como o LCCS, consiste no plantio de soja no verão e diferentes rotações de outono-inverno que, especificamente em 2012, período anterior à realização das avaliações, foi de guandu com braquiária, conforme descrito anteriormente para o tratamento LCCS. O cultivo de outono-inverno é realizado com guandu e braquiária, mas em anos alternados planta-se o consórcio sorgo e braquiária. A plantadeira utilizada para o plantio direto, nos sistemas LCCS e LCPD, possuía mecanismos rompedores de solo constituídos de discos de corte e facões rompedores.

Além disto, todos os tratamentos principais foram subdivididos em: sem preparo e com preparo. O preparo consistiu nas seguintes operações: grade aradora, arado de aiveca e grade niveladora. Estas operações foram realizadas em novembro de 2010.

As parcelas experimentais foram constituídas de faixas de 6 x 110 metros. A RP foi avaliada em 10

posições, distanciadas de aproximadamente oito metros, com uma bordadura de no mínimo 15 metros em cada lado.

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 e 30-45 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).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e quatro repetições, nos quais os sistemas de plantio convencional, conservacionista e plantio direto constituem a parcela principal e a ausência ou presença de preparo do solo as subparcelas. 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 podem ser observados na **tabela 1** e estes indicam que, independentemente do sistema de cultivo e preparo do solo, os valores observados neste estudo são inferiores aos considerados críticos para o desenvolvimento de plantas.

O valor de RP = 2 MPa tem sido utilizado como crítico para o desenvolvimento das plantas (Lapen et al., 2004). Ainda que 2,5 MPa tenha sido utilizado em solos sob pastagem (Leão et al., 2004) e 3,0 MPa em solos sob florestas (Zou et al., 2000). O valor de 3,5 MPa foi utilizado por Tormena et al. (2007) em solo cultivado em longo prazo sob plantio direto, justificado pela presença de bioporos contínuos e efetivos no solo sob plantio direto, o que corrobora com os resultados obtidos neste ensaio.

Mesmo sem ter sido realizado o teste estatístico, optou-se em colocar na **tabela 1**, bem como na **tabela 2**, os valores de RP da vegetação natural (VN), que se trata de área de Cerrado natural adjacente a área experimental, a fim de estes possam servir de valores de referência de ação antrópica.

Nota-se na **tabela 1** que apesar de não restritivas, existem diferenças significativas entre os sistemas propostos. Observa-se uma tendência dos valores de RP serem menores nos primeiros 15 cm de profundidade no tratamento LCCV. Este fato pode

estar associado ao revolvimento anual do solo com grade aradora e niveladora. A partir dos 20 cm de profundidade esta tendência se inverte e também está intimamente ligada ao preparo anual do solo com tais implementos. A profundidade onde ocorre a inversão da tendência observada coincide com a de operação das grades e pode estar relacionado ao popularmente chamado “pé de arado ou pé de grade”. Esta tendência de inversão permanece até aos 35 cm de profundidade. A partir deste ponto, as diferenças estatísticas significativas entre os sistemas propostos não são mais observadas. Porém, mesmo sem diferenças estatísticas, os resultados mostram que os valores de RP tendem a ser maiores, em profundidade, no sistema LCCV, seguido pelo LCPD e por último o LCCS.

Apesar de terem sido encontradas diferenças estatísticas significativas, não houve diferenças na produtividade de soja entre os sistemas propostos.

Atentando-se para os tratamentos LCCS e LCPD, observa-se que mesmo sem significância estatística, a subsolagem efetuada em novembro de 2010 ainda mostra um “efeito residual”, principalmente nos primeiros 30 cm de profundidade. Excetuando-se a primeira profundidade (5 cm) em todas as demais, o tratamento LCCS mostrou-se menos restritivo à penetração de raízes quando comparado ao LCPD. O sistema LCPD, mesmo com níveis adequados de umidade (Tabela 2), mostrou-se pouco mais resistente que o LCCS.

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

Prof. (cm)	LCCV	LCCS	LCPD	VN
-----MPa-----				
5	0,48 a	0,77 a	0,72 a	0,57
10	0,62 b	1,32 a	1,44 a	0,94
15	1,17b	1,44 ab	1,61 a	0,96
20	1,80 a	1,35 b	1,51 b	1,07
25	1,76 a	1,36 b	1,53 b	1,10
30	1,72 a	1,38 b	1,48 b	1,16
35	1,63 a	1,46 b	1,54 ab	1,34
40	1,50 a	1,40 a	1,43 a	1,35
45	1,43 a	1,33 a	1,35 a	1,35
50	1,34 a	1,24 a	1,29 a	1,36
55	1,27 a	1,21 a	1,23 a	1,49
60	1,20 a	1,18 a	1,17 a	1,43
Média	1,22 a	1,19 a	1,26 a	

(1) Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade

Onde: LCCV (Lavoura contínua cultivo convencional); LCCS (Lavoura contínua cultivo conservacionista); LCPD (Lavoura contínua plantio direto) e VN (vegetação nativa).

Os resultados observados na **tabela 2** referem-se aos teores de umidade do solo na ocasião das avaliações da RP. Pode-se notar nesta tabela que,

em média, os valores de umidade foram bem próximos, independentemente do sistema de cultivo. Nota-se que em todas as profundidades analisadas, os valores de umidade na VN foram sempre superiores aos demais sistemas propostos. Apesar da pequena diferença, o teste estatístico mostrou-se significativo entre os tratamentos para a segunda profundidade analisada (15-30 cm). Esta significância pode estar relacionada ao baixo coeficiente de variação encontrado quando comparado às demais profundidades. Por estarem bem próximos, estes valores pouco influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas. Ressalta-se que as avaliações de RP e umidade foram realizadas logo após um período de chuvas considerado bom para a região e época do ano. É razoável dizer, e bem provável que aconteça, que com o passar do tempo e a chegada da estação seca do ano, com períodos de déficit hídrico intensos, as diferenças entre os valores de umidade nos diferentes sistemas propostos se acentuem.

Outro ponto observado neste estudo foi o preparo do solo. Independentemente do sistema de cultivo (LCCV, LCCS e LCPD), procurou-se avaliar o efeito do preparo do solo na RP. Nota-se neste caso (**Tabela 3**) que o preparo do solo (CP) não mostrou diferenças significativas nos valores de RP, na maioria das profundidades analisadas. Este fato nos mostra, em princípio, que mais importante que o preparo do solo com grade aradora, arado de aiveca e grade niveladora, é o sistema de cultivo. Ou seja, diferenças significativas na qualidade do solo, através da medida da RP, são mais agudas e perceptíveis em função dos sistemas de cultivo adotados e não do preparo do solo.

Tabela 2 – Umidade do solo em diferentes profundidades e sistemas de cultivo⁽²⁾.

Prof. (cm)	LCCV	LCCS	LCPD	VN
-----g.g ⁻¹ -----				
0 - 15	0,20 a	0,21 a	0,22 a	0,28
15 - 30	0,22 a	0,21 b	0,20 c	0,27
30-45	0,22 a	0,22 a	0,21 a	0,28
45-60	0,22 a	0,22 a	0,21 a	0,28

(2) Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade

Onde: LCCV (Lavoura contínua cultivo convencional); LCCS (Lavoura contínua cultivo conservacionista); LCPD (Lavoura contínua plantio direto) e VN (vegetação nativa).

Na **tabela 4** observam-se os valores de umidade para os diferentes sistemas de preparo do solo. Nota-se, assim como na tabela 2, que os valores encontrados são bem próximos e que, mesmo com significância estatística, tais valores pouco influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Estas diferenças podem ser maximizadas

com a chegada da estação seca do ano. Inferências sobre o efeito destes valores na atual circunstância e época do ano ainda são, de certa forma, incipientes e podem levar a erros de interpretação.

Tabela 3 – Resistência do solo à penetração (MPa) em diferentes profundidades e sistemas de preparo do solo⁽³⁾.

Sistemas de preparo Prof. (cm)	Sistemas de cultivo	
	CP	SP
	----- MPa -----	
5	0,68 a	0,64 a
10	1,12 a	1,13 a
15	1,40 a	1,41 a
20	1,54 a	1,57 a
25	1,55 a	1,54 a
30	1,51 a	1,54 a
35	1,55 a	1,53 a
40	1,46 a	1,43 a
45	1,40 a	1,34 b
50	1,31 a	1,27 a
55	1,27 a	1,20 b
60	1,21 a	1,15 b

(3) Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade
Onde: CP (com preparo) e SP (sem preparo).

Tabela 4 – Umidade do solo em diferentes profundidades e sistemas de preparo do solo⁽⁴⁾.

Prof. (cm)	Sistemas de cultivo	
	CP	SP
	-----g.g ⁻¹ -----	
0 - 15	0,212 a	0,209 b
15 - 30	0,209 b	0,211 a
30-45	0,221 a	0,215 b
45-60	0,221 a	0,215 b

(4) Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de probabilidade
Onde: CP (com preparo) e SP (sem preparo).

CONCLUSÕES

Diferenças significativas na qualidade do solo, estimadas pela resistência do solo à penetração, foram consistentes em função do sistema de cultivo adotado e não do preparo do solo, nas condições de umidade em que foram realizadas as avaliações.

A subsolagem efetuada três anos antes das avaliações mostrou-se significativa para o sistema lavoura continua conservacionista quanto a diminuição da resistência no intervalo de 20 a 35 cm de profundidade, quando comparada ao sistema convencional, que nesta profundidade caracterizava a existência de um possível “pé de grade”. No entanto, tais efeitos não foram significativos quando comparados ao sistema lavoura plantio direto.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

BELTRAME, L.F.C.; GONDIM, L.A.P. & TAYLOR, F.C. Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 5:145-149, 1981.

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.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 41:1663-1674, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro – Brasil. 2ª Ed., 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solos. 2ª.Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

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

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. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:415-423.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. *Adv. Soil Sci.*, 1:277-294, 1985.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; DA ROS, C.O. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:797-804, 2004.

TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J. & COSTA, J.M. 2007. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférrico sob sistemas de plantio direto. *R. Bras. Ci. 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.