

Resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico em fase inicial de estabelecimento de sistemas intensivos de cultivo de grãos

Eduardo Vieira Guimarães ⁽¹⁾; **Bruno Montoani Silva** ⁽²⁾; **Aline Martineli Batista** ⁽³⁾; **Marina Luciana Abreu de Melo** ⁽⁴⁾; **Gabriela Soares Santos Araújo** ⁽⁵⁾; **Maise Soares de Moura** ⁽⁶⁾; **Paula Karen Mota** ⁽⁷⁾; **Emerson Borghi** ⁽⁸⁾.

⁽¹⁾ Estudante de Bacharelado Interdisciplinar em Biosistemas; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Sete Lagoas, MG; eduguimaraes.guimaraes@gmail.com; ⁽²⁾ Professor; UFSJ; ⁽³⁾ Estudante de Engenharia Agrônômica/Bolsista PET-Agronomia; UFSJ; ⁽⁴⁾ Estudante de Engenharia Agrônômica; UFSJ/Bolsista CNPq; ⁽⁵⁾ Estudante de Engenharia Agrônômica; UFSJ/Bolsista FAPEMIG; ⁽⁶⁾ Mestranda em Ciências Agrárias/Bolsista FAPEMIG; ⁽⁷⁾ Engenheira Ambiental; ⁽⁸⁾ Pesquisador/Professor; Embrapa Milho e Sorgo.

RESUMO: Dentre os atributos físicos do solo, a resistência do solo a penetração de raízes (RP) é um dos indicadores do nível de compactação de sua estrutura. O objetivo deste estudo foi comparar a RP em uma área de produção de grãos, com diferentes tratamentos, ao ambiente natural. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e sete tratamentos, sendo eles: médio investimento em adubação, monocultura de soja (T1); médio investimento, monocultura de milho (T2); médio investimento, sucessão soja-milho (T3); médio investimento + braquiária, sucessão soja-milho (T4); alto investimento + braquiária, sucessão soja-milho (T5) e alto investimento, sucessão soja-milho (T6); e área de Cerrado nativo em regeneração (CN). Os resultados evidenciaram que, na camada de 0-10 cm, os tratamentos T1, T5, T6 e CN expressaram melhores valores de RP. Nos demais tratamentos e profundidades, os valores de RP foram restritivos ao crescimento radicular do milho. A partir de 30 cm de profundidade, todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento, apesar da existência de diferença significativa entre os valores de RP. Esses resultados ressaltam a importância da consolidação de sistemas de produção que promovam a redução da compactação do solo.

Termos de indexação: Milho, compactação, física do solo.

INTRODUÇÃO

No cenário mundial, a cultura do milho possui grande relevância. Seja na alimentação humana ou animal, na fabricação de óleos e na produção de

biocombustíveis (Silva et al., 2009). O Brasil possui uma área total cultivada com milho de 15,69 milhões de hectares, o que torna essa cultura uma das espécies mais cultivadas em solo brasileiro (Conab, 2016).

Segundo Lal e Pierce (1991), o uso intensivo dos solos na agricultura nas últimas décadas tem ocasionado uma rápida degradação. Essa problemática vem despertando uma consciência para o uso sustentável do solo.

O cultivo inadequado e não sustentável do solo altera os atributos físicos se comparado a um solo sob vegetação natural. Isso mostra uma necessidade de qualificar a estrutura do solo e, com base nessas informações, adequar o manejo, para favorecer as propriedades físicas do solo. O manejo convencional, o qual preconiza o uso de grade aradora e arado de disco, acarreta a pulverização do solo, deixando-o suscetível à erosão. Além disso, nas camadas de movimentação dos implementos, há o favorecimento da formação de impedimentos mecânicos (Baüer et al., 1981).

Como sugerido por Cubilla et al. (2002), uma rotação de culturas que inclui gramíneas com alta produção de biomassa e um sistema radicular abundante e agressivo, contribui para a recuperação e a manutenção das características físicas. Consequentemente, há a redução dos efeitos da compactação do solo.

A compactação, por sua vez, é um atributo físico do solo muito estudado e que impacta diretamente a produtividade agrícola, implicando alterações nas propriedades físicas e impedimentos ao crescimento e distribuição de raízes (Foloni et al., 2006; Schaffer et al., 2007; Taboada & Alvarez, 2008). O estudo da

compactação é realizado por meio de diferentes métodos, sendo frequentemente utilizado o método da penetrometria (Beutler et al., 2007).

Uma maneira eficiente de detectar em profundidade camadas naturalmente adensadas ou compactadas é através do uso de penetrômetro de impacto, instrumento que mede a resistência do solo à penetração. As vantagens mais relevantes do penetrômetro de impacto é o seu custo reduzido e sua viabilidade para o trabalho em solos de baixa umidade, alta resistência e elevados teores de argila (Pedro Vaz et al., 2002).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho distrófico sob sistemas de produção de grãos com diferentes níveis de investimento em adubação em uma área de sequeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental de produção de grãos, com 4,4 ha, está localizada na Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas - MG, (19°28'S, 44°15'W) e altitude de 732 m. O clima da região se enquadra no tipo (Cwa), segundo a classificação de Köppen. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (Embrapa, 2013). As análises foram processadas no Laboratório Solos II da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*.

A área foi inicialmente subsolada a 25 cm, houve a aplicação de 4 t ha⁻¹ de calcário, dividida em duas vezes, com arado de aiveca após a primeira parcela e grade aradora após a segunda; 1100 kg ha⁻¹ de super fosfato simples em pó foram incorporado com grade aradora. O preparo do solo e o plantio foram realizados em 2014.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e sete tratamentos que consistiram em faixas de plantio com diferentes níveis de intensificação ecológica (culturas consorciadas, sucessão e rotações de culturas) e diferentes níveis de investimento em adubação. Os tratamentos consistiram em cultivos com: médio investimento em adubação, monocultura de soja (T1); médio investimento, monocultura de milho (T2); médio investimento, sucessão soja-milho (T3); médio investimento + braquiária, sucessão soja-milho (T4); alto investimento + braquiária, sucessão soja-milho (T5) e alto investimento, sucessão soja-milho (T6); e área de Cerrado Nativo em regeneração (CN).

A resistência à penetração (RP) foi avaliada em novembro de 2015 e foi obtida utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/

PLANALSUCAR-STOLF de ponta fina (30°) (Stolf, 2014), cujo funcionamento consiste na penetração de uma haste com ponteira cônica, através do acionamento manual de um êmbolo de massa conhecida a uma altura constante.

Foi avaliado o número de impactos até a camada de 50 cm. Por meio da equação RP (Kgf cm⁻²) = 5,6 + 6,98 N, o número de impactos foi transformado para Kgf cm⁻². Em seguida, os dados foram transformados para MegaPascal (MPa) por meio de multiplicação pelo fator 0,098 (Stolf, 1991). Os resultados obtidos de resistência à penetração foram classificados de acordo com a **tabela 1**.

Com o uso de um trado holandês, foram coletadas, em três pontos por tratamento, amostras de solo nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm, para determinação da umidade.

Tabela 1 - Classes de resistência do solo à penetração (RP). Adaptadas de Soil Survey Staff (1993), citadas por (Arshad et al., 1996).

Classe	RP (MPa)
Extremamente baixa	<0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1-1,0
Moderada	1,0-2,0
Alta	2,0-4,0
Muito alta	4,0-8,0
Extremamente alta	> 8,0

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, ao teste de médias Skott-knott a 5% de significância com auxílio da linguagem R pacote ExpDes (Ferreira et al. 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que, na camada superficial (0-10 cm), a qual é geralmente mais afetada pelos diferentes manejos do solo, os tratamentos T1, T5, T6 e CN expressaram menores valores de RP em comparação aos demais tratamentos (**Tabela 2**). Isso pode ser explicado pelo preparo do solo que foi conduzido para reduzir possível compactação superficial na área, para implantação do experimento. Dos tratamentos com emprego de braquiária, apenas T5 mostrou menor RP, provavelmente em função do baixo tempo de adoção dos manejos. Calonego et al. (2011) constataram que, quando a *Brachiaria* foi consorciada com o milho durante dois anos consecutivos, as condições estruturais do solo foram melhoradas, reduzindo sua resistência à penetração.

O menor valor de RP para T1 nessa mesma profundidade contraria os resultados esperados. No entanto, isso pode ser explicado pela umidade do solo na ocasião do teste de penetrometria, a qual foi superior aos demais tratamentos, exceto para T2 (Tabela 2). Neste sentido, Beutler et al. (2007) e Carbonera (2010) demonstraram que a RP é um atributo altamente dependente do teor de água no solo no momento da realização do teste de penetrometria.

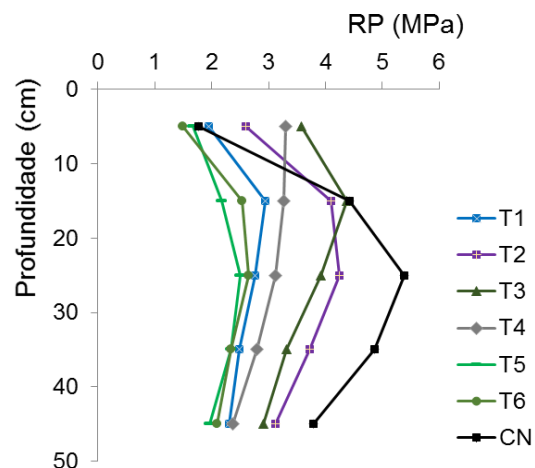
Segundo Arshad et al. (1996), valores de RP variando de 2,0 a 4,0 MPa podem impossibilitar ou limitar o crescimento de raízes. Entretanto, Tavares Filho et al. (2001) demonstraram que valores de RP acima de 3,5 MPa em sistemas de plantio direto bem conduzidos influenciaram apenas na morfologia da planta de milho, não limitando o crescimento radicular e a produtividade dos grãos.

Portanto, não existe um consenso sobre qual valor de RP acarreta restrições. Contudo, Beutler et al. (2003) consideraram valores de RP acima de 2 MPa muito restritivos ao crescimento das raízes das plantas em Latossolos. Considerando 2,0 MPa como o valor de referência, verificou-se que a maioria dos valores de RP obtidos para todos os tratamentos, em todas as profundidades avaliadas, foram restritivos ao crescimento radicular do milho (Tabela 2).

De acordo com a figura 1, percebe-se uma RP mais baixa na camada superficial (0-10 cm) e um aumento dos valores na camada de 10-15 cm, o que pode apontar formação inicial de pé-de-grade, causado pelo preparo restrito à camada superficial. De Maria et al. (1999) e Goedert et al. (2002) relataram resultados semelhantes.

Foi constatado um comportamento similar entre os tratamentos a partir da profundidade de 30 cm (Figura 1), com oscilação de 1,96 a 3,72 MPa para as áreas cultivadas (Tabela 2). Esses valores, conforme a tabela 1, enquadram-se nas classes de moderada a alta RP. Trabalhando com sistema convencional, sistema de plantio direto, pastagem e floresta, Ralisch et al. (2008) constataram que apenas a pastagem e a floresta proporcionaram menores valores de resistência à penetração em profundidades acima de 30 cm.

Figura 1: Resistência à penetração (RP) ao longo do perfil do solo de um LVd para os tratamentos avaliados.



CONCLUSÕES

A análise de resistência à penetração indicou que a camada superficial foi a mais afetada pelo preparo do solo. Em geral, os valores de RP obtidos foram restritivos ao crescimento radicular do milho, ressaltando a importância do estabelecimento e da consolidação de sistemas de produção que favoreçam a redução da compactação do solo.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo, à FAPEMIG, ao CNPq e à UFSJ.

REFERÊNCIAS

- ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**. 1996. p. 123-141 (SSSA Special publication 49).
- BAÜER, A.; BLACK, A. L. "Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland." **Soil Science Society of America Journal**, v. 45. n. 6, p. 1166-1170, 1981
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; SILVA, A. P. Comparação de penetrômetros na avaliação da compactação de Latossolos. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.146-151, 2007.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 849-856, 2003.
- CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. Costa. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 2183-2190, 2011

- CARBONERA, L. **Estudos com penetrometria – novos equipamentos e amostragem correta.** Piracicaba: USP-ESALQ, 2010 (Relatório Final de Atividades/Projeto de Iniciação Científica / Processo FAPESP n°. 2008/10862-1).
- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de grãos 2012/13 – Décimo Segundo Levantamento-Setembro/2013.** Dados de safra. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 19 de nov. 2013.
- CUBILLA, M. et al. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n. 71, p. 29-32, 2002.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.703- 709, 1999.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs pacakege** (Portuguese), 2013.
- FOLLONI, J. S.; SIMONETI, S. L. L.; BULL, L. T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 30, n.1 p. 49-57, 2006.
- GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; DE FREITAS, Frederico Carneiro. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 223-227, 2002.
- PEDRO VAZ, C. M.; PRIMAVESI, O.; PATIZZI, V. C.; LOSSI, M. F. Influência da umidade na resistência do solo medida com penetrômetro de impacto. **Comunicado técnico.** Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos-SP. n 51, 2002. 5 p.
- RALISCH, R; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência a penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.381-384, 2008.
- RATTAN, L. & PIERCE F. J. **Soil Management for sustainability.** n. 631.45/L193.1991.
- SCHÄFFER, B.; ATTINGER, W.; SCHULIN, R. Compaction of restored soil by heavy agricultural machinery: Soil physical and mechanical aspects. **Soil & Tillage Research**, v.93, p.28-43, 2007.
- SILVA, G. J.; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S. N.; RABEL, M.; LANA, U. G. P.; PAIVA, E. **Produção de haploides androgenéticos em milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 17p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual.** Washington, USDASCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p. (Handbook, 18).
- STOLF, R. Penetrômetro de impacto Stolf – Programa computacional de dados em Excel-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Araras, v. 38, p. 774-782, 2014.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2,p.229-235, 1991.
- TABOADA, M. A.; ALVAREZ, C. R. Abundância de raízes de milho (*Zea mays* L.) em solos de Argentina sob preparo convencional e plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, p. 769-779, 2008.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.725-730, 2001.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

Tabela 2 – Resistência à penetração (MPa) e umidade (%) de um Latossolo Vermelho distrófico para os tratamentos avaliados em diferentes profundidades.

Tratamentos	Profundidade (cm)				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
	Resistência à penetração (MPa)				
T1	1,94 a	2,94 a	2,76 a	2,48 a	2,30 a
T2	2,59 b	4,10 b	4,25 b	3,72 b	3,12 b
T3	3,58 b	4,38 b	3,92 b	3,32 a	2,92 b
T4	3,31 b	3,26 a	3,12 a	2,80 a	2,37 a
T5	1,67 a	2,18 a	2,50 a	2,35 a	1,96 a

T6	1,49 a	2,54 a	2,66 a	2,34 a	2,09 a
CN	1,76 a	4,43 b	5,39 c	4,87 c	3,79 c
CV (%)	52,85	39,39	36,09	27,69	24,10
Umidade (%)					
T1	34,17 a	34,10 a	35,60 a	34,90 a	35,30 a
T2	34,27 a	34,37 a	34,67 a	34,97 a	35,33 a
T3	26,30 b	28,73 b	30,13 b	31,43 b	32,40 b
T4	26,07 b	27,40 b	27,37 b	28,80 c	29,30 b
T5	25,63 b	29,57 b	30,30 b	30,93 b	30,60 b
T6	24,23 b	28,73 b	30,20 b	30,80 b	31,43 b
CN	27,97 b	28,50 b	28,23 b	28,37 c	28,93 b
CV (%)	4,69	5,30	7,13	4,58	4,40

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5%.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
