

## Resistência à penetração em área irrigada sob diferentes níveis de investimento, rotação e sucessão e culturas

**Karina Mendes Bertolino<sup>(1)</sup>; Bruno Montoani Silva<sup>(2)</sup>; Gabriela Soares Santos Araujo<sup>(3)</sup>; Aline Martineli Batista<sup>(4)</sup>; Marina Luciana Abreu de Melo<sup>(5)</sup>; Emerson Borghi<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Estudante de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Sete Lagoas, MG; soaresgabriela038@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor; UFSJ; <sup>(3)</sup> Estudante de Engenharia Agrônômica/Bolsista FAPEMIG; <sup>(4)</sup> Estudante de Engenharia Agrônômica; UFSJ/Bolsista PET Agronomia; <sup>(5)</sup> Estudante de Engenharia Agrônômica; UFSJ/Bolsista CNPq; <sup>(6)</sup> Pesquisador Embrapa Milho e Sorgo.

**RESUMO:** A Resistência a Penetração (RP) é uma propriedade que indica e quantifica a compactação do solo. Objetivou-se avaliar a RP em uma área irrigada sob diferentes níveis de investimento, rotação de culturas e consórcio. O experimento foi realizado em uma área de pivô da Embrapa Milho e Sorgo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com dez tratamentos e sete repetições que consistiam em faixas com diferentes níveis de investimento em adubação: Alto investimento em adubação e outros tratamentos rotação soja-milho-feijão (T1); Alto investimento + braquiária + leguminosa rotação soja-milho-feijão (T2); Alto investimento + braquiária rotação soja-milho-feijão (T3); Médio investimento + braquiária rotação soja-milho-feijão (T4); Médio investimento rotação soja-milho-feijão (T5) e Médio investimento sucessão milho-feijão (T6); Médio investimento monocultura de milho (T7). Para a análise em campo utilizou-se um Penetrômetro de impacto, e para umidade coletou-se em 5 camadas de 10 cm. A camada de 0-10 cm apresentou menores valores de RP comparadas a camada de 10-20 cm. Na camada de 20-30 cm, T4 e T5 obtiveram menores valores de RP. Na camada de 30-40 cm, T2, T3, T7 obtiveram maiores valores de RP, que diferiram de T1, T5, T6, T4. O mesmo ocorre para a camada de 40-50 cm, em que os tratamentos T2-(3.47 MPa), T3-(3.38 MPa), T7-(3.11 MPa) obtiveram valores de RP, o que se apresenta uma maior restrição ao desenvolvimento do milho.

**Termo de Indexação:** Milho, Compactação.

### INTRODUÇÃO

Atualmente o milho é um dos cereais mais cultivados no Brasil (Cruz et al., 2010). Na safra 2014/2015 a produção média de 80 milhões de toneladas, o país está posicionado dentre os maiores produtores mundiais (Conab, 2015).

A compactação do solo é um dos fatores capazes de limitar o desenvolvimento das culturas,

uma vez que o sistema radicular das plantas se mostra sensível a essas modificações no solo (Foloni et al. 2013),

Segundo Collares et al., (2006) para que as plantas expressem um bom desenvolvimento são necessários solos com boas condições físicas, que determinaram os fluxos de água, calor e gases. A umidade controla a aeração, temperatura e resistência mecânica do solo à penetração de raízes, que são afetadas também pela densidade e distribuição do tamanho dos poros do solo. As interações desses fatores físicos regulam o crescimento e a funcionalidade das raízes refletindo no crescimento e produtividade dos cultivos.

A resistência à penetração (RP) é uma propriedade física que expressa o grau de compactação de um solo e a facilidade que as raízes penetram neste (Llanillo et al., 2006). Por ser um equipamento de baixo custo, fácil manuseio e tendo em vista que o resultado não depende do operador, o Penetrômetro de impacto tem sido muito utilizado na agricultura para caracterizar a compactação ocasionada pelo uso e manejo do solo (Tormena & Roloff 1996.).

Em um trabalho onde foi avaliada a RP na cultura do milho, Freddi et al., (2006), constataram que valores entre 0,9 e 2,0 MPa não afetaram a produtividade da cultura. Tavares filho et. al., (2001), concluíram por sua vez que, valores de RP entre 1 e 3.5 MPa, presentes na literatura como restritivos a cultura, não afetaram o desenvolvimento de raízes do milho. Entretanto é encontrado ainda na literatura que valores de RP de 1.3 MPa são capazes de reduzir o crescimento das raízes seminais adventícias do milho à metade (Rosolem et al., 1999).

Ao avaliar a RP é importante considerar que esta é uma variável sensível a textura, estrutura do solo, densidade e umidade do solo (Tavares et al., 2014, Paulucio et al., 2014, Llanillo et al., 2006).

A estrutura do solo pode sofrer alterações de acordo com o manejo empregado, tais alterações

podem ser refletidas na densidade do solo e no aumento a dificuldade da penetração das raízes (Kiehl, 1979).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à penetração em uma área irrigada sob diferentes níveis de investimento em adubação e de intensificação de culturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área experimental com pivô central de aproximadamente de 3.64 ha, localizada na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas (MG), (19°28'S e 44°15'W) e altitude de 732m. O clima da região e do tipo (Cwa) segundo Koppen. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) (Embrapa, 2013). As análises foram processadas no laboratório de Física do solo e conservação do solo e da água da Universidade Federal de São João del Rei, *campus* Sete Lagoas.

A área é composta por um sistema de plantio direto em processo de implantação (primeiro ano). De setembro a outubro 2014 foram realizadas em toda área, várias operações de mobilização do solo para a incorporação de insumos e preparo do solo, essas práticas não ultrapassaram 30 cm de profundidade. Em junho de 2015 foi realizada a semeadura do milho (Agroeste 1581 PRO) e em novembro foi semeada a soja (cultivar BRS 7380 RR – BRS RR 09-10051). A coleta das amostras foi realizada em março de 2015, período no qual a área era composta por soja em seu estágio de senescência.

O Delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com dez repetições e sete tratamentos que consistiram em faixas de plantio com diferentes níveis de investimento em adubação: Alto investimento em adubação e outros tratos rotação soja-milho-feijão (T1); Alto investimento + braquiária + leguminosa rotação soja-milho-feijão (T2); Alto investimento + braquiária rotação soja-milho-feijão (T3); Médio investimento + braquiária rotação soja-milho-feijão (T4); Médio investimento rotação soja-milho-feijão (T5) e Médio investimento sucessão milho-feijão (T6); Médio investimento monocultura de milho (T7).

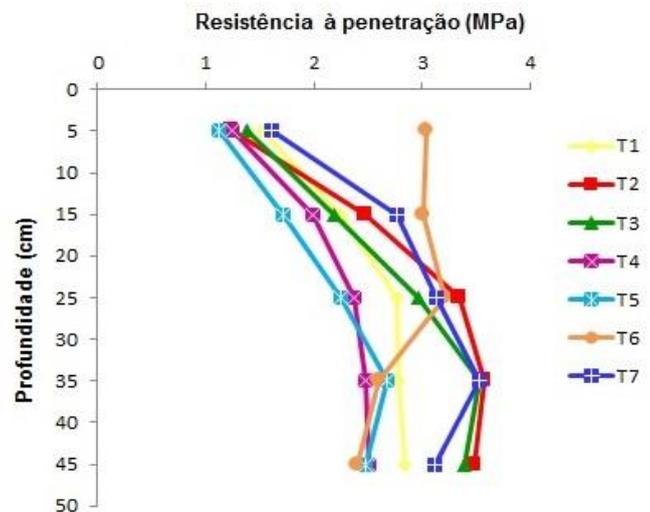
Para a análise em campo, utilizou-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, no qual o funcionamento consiste na penetração de uma haste com ponteira através de um êmbolo de massa conhecida e altura constante. A penetração é medida após cada impacto da haste no solo (Molin et al.2012).

Para determinação da umidade do solo, foram coletadas amostras em três pontos por faixa nas camadas de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 cm de profundidade com o auxílio de um trado holandês.

Os dados obtidos foram processados em planilha eletrônica desenvolvida por (Stolf ,2011). Posteriormente foram submetidos à análise de variância e quando significativo ao teste de medias Skott-knott a 5 % de significância com auxílio da linguagem R pacote ExpDes (Ferreira et al., 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de RP nos tratamentos estudados encontram-se na **Figura 1**.

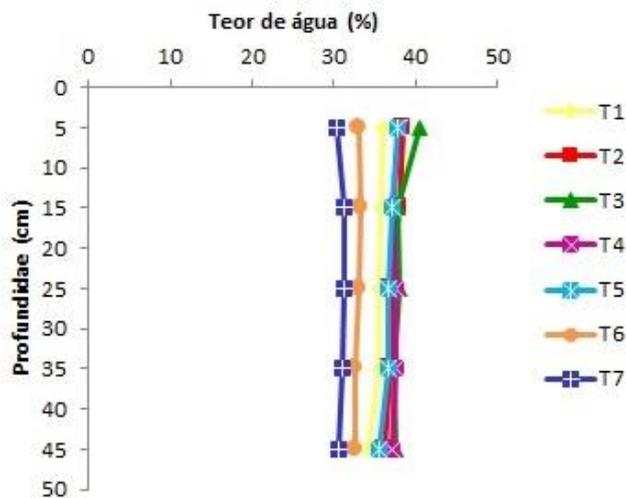


**Figura 1:** Resistencia a Penetração nos diferentes tratamentos estudados.

Observa-se que na camada de 0-10 cm, os tratamentos T1(1.51 MPa), T2(1.24 MPa), T3(1.38 MPa), T4(1.37 MPa), T5(1.12 MPa), T7(1.60 MPa), se diferiram estatisticamente do tratamento T6 (3.03MPa), que apresentou maior RP.

A camada de 0-10 cm. apresentou menores valores de RP se comparada à camada de 10-20 cm. Esse resultado pode estar relacionado aos tratos culturais realizados anteriormente na área, sendo eficientes para esta profundidade.

Para Resende et al., (2002), operações de preparo do solo como escarificação e subsolagem modificam a estrutura do solo, reduzem a RP, contribuem na melhoria da circulação do ar, água e nutrientes e aumenta o volume de solo a ser explorado pelas raízes.



**Figura 2:** Teor de água presente nos tratamentos.

De acordo com Mercante et al., (2003) para um mesmo solo, quanto maior for a densidade, maior será a RP e menor será a macroporosidade do solo. Contudo deve ser levado em conta que a resistência do solo é mais afetada pela variação da umidade do solo no momento da amostragem do que pela densidade. No entanto, de forma geral, pode-se observar que T7 e T6 estavam menos úmidos (Figura 2), mas não repercutiu em maior RP em todo o perfil do solo para estes tratamentos.

Na camada subsequente (10 a 20 cm) há um aumento da RP para os tratamentos T1-(2.24 MPa), T3-(2.19 MPa), T4-(1.99 MPa), T5-(1.71 MPa). Tais tratamentos se diferem estatisticamente de T2-(2.47 MPa), T6-(3.01 MPa), T7-(2.76 MPa), que obtiveram valores maiores do que os do primeiro grupo. O aumento da RP em T6 e T7 pode ser explicado pelo fato dessas áreas estarem em pousio desde a safra anterior.

Voorhes e Lindstrom (1984) relataram trabalhos que o aumento da RP em uma área de pousio está relacionado à exposição do solo a ação direta da chuva acarretando em degradação deste solo. Embora ocorra o surgimento de plantas daninhas espontâneas, estas não são capazes de promover adequada cobertura do solo.

Já o maior valor da resistência à penetração no tratamento T2, pode ser explicado pela ineficiência dos tratos culturais realizados nessa faixa. Semelhante efeito tem sido observado por Prado et al., (2002), que relata que efeitos diferenciados dos sistemas de preparo ao longo do perfil do solo se devem a diferentes ações na camada mobilizada.

Na camada de 20-30 cm, T1-(2.79 MPa), T2-(3.33 MPa), T3-(2.96 MPa), T6-(3.19 MPa), T7-(3.13 MPa) se diferiram estatisticamente de T4-(2.36 MPa) e T5-(2.25 MPa). Apesar de e operações de mobilização e preparo do solo tenham sido realizadas até 30 cm, estas práticas parecem não

ter sido eficientes a esta camada já que para todos os tratamentos foram encontrados valores de RP maiores que 2 MPa. Segundo alguns autores como Tormena & Roloff (1996), valores de RP como 2 MPa tem sido restritivo ao crescimento radicular das plantas.

O hábito de crescimento do sistema radicular do milho é superficial, e a maior parte das raízes de se encontram nos primeiros 30 cm de solo. No entanto as raízes desta cultura podem chegar a 3 m, alguns fatores como pH, umidade do solo e compactação podem influenciar na profundidade do sistema radicular (Magalhaes et al., 1996). Portanto, para todos tratamentos estudados a esta profundidade (20-30cm), os valores de RP sinalizaram restrições para o pleno crescimento do milho.

Já nas camadas de 30-40 cm valores superiores de RP foram encontrados para T2-(3.54 MPa), T3-(3.53 MPa), T7-(3.52 MPa) que se diferiram estatisticamente de T1-(2.78 MPa), T5-(2.67 MPa), T6-(2.59 MPa) e T4-(2.47 MPa). O mesmo ocorre para a profundidade de 40-50 cm, em que os tratamentos T2-(3.47 MPa), T3-(3.38 MPa), T7-(3.11 MPa) obtiveram valores superiores se comparados a T1-(2.83 MPa), T4-(2.51 MPa), T5-(2.47 MPa) e T6-(2.40 MPa). Essa maior RP em subsuperfície abaixo de 30 cm pode ser explicada pelo histórico da área ou mesmo em função das variações texturais presentes no solo. Tais variações texturais devem ser investigadas para atestar se há variabilidade espacial do solo na área experimental.

## CONCLUSÃO

O milho possivelmente encontrará restrições ao pleno desenvolvimento do seu sistema radicular (>2.0 MPa), em todos os tratamentos estudados e em todas as profundidades, exceto para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5 e T7 na camada de 0-10 cm.

## REFERÊNCIAS

- COLLARES, G. L., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., & KAISER, D. R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1663-1674,2006.
- CONAB. Companhia nacional do abastecimento. Disponível em:< <http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: Maio.2016.
- CRUZ, J. C., ALVARENGA R. C., NOVOTNY, E. H., FILHO, I. A., SANTANA, D. P., PEREIRA, F. T. F., HERNANI, L. C., Cultivo do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, 6 ed. 2010.

- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs package** (Portuguese), 2013.
- FOLONI, J. S. S., CALONEGO, J. C., & DE LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n8, p.947-953, 2003.
- FREDDI, O. S., CARVALHO, M. P., VERONESI JÚNIOR, V., & CARVALHO, G. J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.113-121, 2006.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-planta**. São Paulo, Ceres, 262p.1979.
- LIANILLO, R. F., RICHART, A., TAVARES FILHO, J., DE FÁTIMA GUIMARÃES, M., & FERREIRA, R. R. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.27, n.2, p.205-220, 2006.
- MAGALHÃES, P. C., DURÃES, F. O., GOMIDE, R. L. Fisiologia da cultura do milho. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária. **Manual técnico para a cultura do milho no estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, p.15-33,1996.
- MERCANTE, E., URIBE-OPAZO, M. A., SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.1149-1159,2003.
- MIRTA, C. J. M. R. C., PETRYIII, T., & Dalla SANTA, V. G. D. D. C. (2007). Qualidade física de solos irrigados do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.37, n.5, 2007.
- MOLIN, J. P., DIAS, C. T. D. S., CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Piracicaba, v.16, n.5, p.584-590, 2012.
- PAULUCIO, F. F., PEREIRA, R. S., RIBEIRO, E. S., ZAMBRZYCKI, G. C., MELO, R. A. T. Avaliação da compactação do solo em área de cerrado sensu stricto através do mapeamento da resistência à penetração. **Biodiversidade**, v.13, n.1, p 51-65, 2014.
- PRADO, M., R., ROQUE, C. G., DE SOUZA, Z. M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801,2002.
- REZENDE, J.O.; MAGALHÃES, A.F.J.; SHIBATA, R.J.C.; BRANDÃO, F.J.C. & REZENDE, V.J.R.P. Citricultura nos solos dos tabuleiros costeiros: Análise e sugestões. **SEAGRI/SPA**, Salvador, p.97 n. 03, 2002.
- ROSOLEM, C. A., FERNANDEZ, E. M., ANDREOTTI, M., & CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.821-828,1999
- STOLF, R. Penetrômetro de Impacto Stolf – programa de manipulação de dados em Excel – VBA. UFSCar, 2011.
- 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**, Viçosa. v.25, n.3, p.725-730, 2001.
- TAVARES, U. E., DE ASSUNÇÃO MONTENEGRO, A. A., ROLIM, M. M., DA SILVA, J. S., DA SILVA VICENTE, T. F., & DE ANDRADE, C. W. L. Variabilidade espacial da resistência à penetração e da umidade do solo em Neossolo Flúvico. **Water Resources and Irrigation Management**, v.3, n.2, p.79-89, 2014.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, n.2, p.333-339,1996.
- VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 38, n. 5, p.307-311, 1984.



## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

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

---