

PERFILÔMETRO DE BARRA CORREDIÇA: AVALIAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA RUGOSIDADE DO SOLO

DARLAN FERREIRA BORGES¹, FELIPE AUGUSTO REIS GONÇALVES², JOÃO DE DEUS GODINHO JUNIOR³, CAIO FERNANDO ECKHARDT SOUZA⁴, ALBERTO CARVALHO FILHO⁵

¹ Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Rua Francisco Mota, 572 - Presidente Costa e Silva, CEP: 59625-900, Mossoró - Rio Grande do Norte, Brasil, darlan.f.borges@gmail.com.

² Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Rodovia MG-230 - Km 7, Zona Rural, CEP: 38810-000, Rio Paranaíba - Minas Gerais, Brasil, felipe.a.agro@gmail.com.

³ Departamento de Engenharia Rural, Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, S/N - Vila Industrial, CEP: 14884-900, Jaboticabal - São Paulo, Brasil, joao.ufv.agro@gmail.com.

⁴ Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Rodovia MG-230 - Km 7, Zona Rural, CEP: 38810-000, Rio Paranaíba - Minas Gerais, Brasil, caioesouza@hotmail.com.

⁵ Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Rodovia MG-230 - Km 7, Zona Rural, CEP: 38810-000, Rio Paranaíba - Minas Gerais, Brasil, albertoufv@gmail.com.

RESUMO: Com o objetivo de analisar e discriminar métodos de avaliação do perfil mobilizado do solo através de perfilômetro de barra corrediça, realizou-se um trabalho em campo, sob latossolo vermelho-amarelo distrófico (LVAd), montado no esquema de parcelas subdivididas no espaço. Procedeu-se em delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. As parcelas constaram do preparo primário do solo, aração e gradagem, e as subparcelas de dois perfilômetros de barra: 1000 mm (Perf 1) e 2500 mm (Perf 2) de comprimento. Avaliou-se a área mobilizada do solo e a área de elevação, referenciando-se a superfície natural do solo em pré-preparo, a espessura média da camada mobilizada, o empolamento do solo, o índice de rugosidade antes e após o preparo e a modificação da rugosidade. Observou-se diferença entre os aparelhos para todas variáveis. Ocorreu maior expressividade dos dados com o Perf 2 para os tipos de preparo avaliados. Os dados obtidos pelo Perf 1 subestimaram ou superestimaram os valores das variáveis analisadas. Concluiu-se que, para as condições estudadas, indica-se a tomada de 200 pontos por parcela, quando utilizado perfilômetro de barra corrediça de 2500 mm de comprimento, para estudo do perfil do solo e determinação de parâmetros relacionados a essa característica.

Palavras-chave: mobilização do solo, área de elevação, área mobilizada, empolamento.

MICRORELIEF METER: EVALUATION OF METHODOLOGY FOR ANALYSIS OF ROUGHNESS OF SOIL

ABSTRACT: The aim of this study is analyzing and discriminating methods of soil mobilized profile evaluation through a sliding bar profilometer. A field work was carried out under dystrophic red-yellow latosolo (LVAd), observed in plots subdivided in space. A completely randomized design was used with four repetitions. The plots consisted of the primary soil preparation, plowing and harrowing, and the subplots of two bar profilometers: 1000 mm (Perf 1) and 2500 mm (Perf 2) in length. The soil mobilization and lifting area were evaluated, with reference to the natural surface of the pre-tillage soil, average thickness of the mobilized layer, soil puffiness, roughness index before and after the preparation, and roughness modification. It was observed a difference between the devices for all variables. There were higher data with Perf 2 for the types of preparation evaluated. The data obtained by Perf 1 underestimated or overestimated the values of analyzed variables. It was concluded that for these studied conditions, it is indicated the taking of 200 points per plot, when using a 2500 mm long slide bar profilometer, to study the soil profile and to determine parameters related to this characteristic.

Keywords: soil mobilization, lifting area, mobilized area, blistering.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um sistema complexo com características resultantes da interação de vários fatores (PRAGANA et al., 2012) e o seu preparo é a atividade que mais altera a sua estrutura (RÓS et al., 2013), entretanto, o manejo inadequado do sistema agrícola, sem conservação do solo, acelera o processo de degradação, desequilibrando as características físicas, químicas e biológicas (CARVALHO FILHO et al., 2007; STEFANOSKI et al., 2013).

Existem vários tipos de solos, com distintos atributos físicos, sendo que para cada um existe uma operação agrícola e equipamento mais apropriado. Carvalho Filho et al. (2007) dizem que o preparo do solo deve causar o mínimo de mobilização e, também, manter a profundidade de operação, permitindo que a superfície do solo mantenha sua rugosidade mais próxima da natural. Porém, esses mesmos autores também afirmam que a maioria dos equipamentos não cumpre essa premissa.

A rugosidade superficial do solo é definida como pequenas elevações e depressões (BERTOL et al., 2007; VIDAL VAZQUES et al., 2010), também sendo chamada, independentemente da escala (métrica ou submétrica), de microtopografia (VIDAL et al., 2007). Seu estudo é importante pois, em termos práticos, solos com alta rugosidade possuem maior capacidade de armazenar água antes que inicie o escoamento superficial (CORREA et al., 2012). A rugosidade quando considerada alta além de reduzir o escoamento superficial, diminui a velocidade da água, minimizando o arraste de agregados (BRAMORSKI et al., 2012). Várias práticas de manejo, como o preparo do solo, podem influenciar a rugosidade do solo (PANACHUKI et al., 2010).

Para avaliar os efeitos de preparo do solo existem várias maneiras, tais como, mobilização do solo, estabilidade de agregados, perfil mobilizado, resistência mecânica do solo à penetração e densidade do solo. Esses métodos são utilizados por diversos autores em

trabalhos com preparo do solo (CARVALHO FILHO et al., 2007; ROSA et al., 2013; BRANDELERO et al., 2014; DRESCHER et al., 2016). Algumas das determinações já possuem metodologia consagrada e amplamente utilizada. Para o estudo do perfil mobilizado existem equipamentos mais robustos, como o perfilômetro de barra corrediça, ou rugosímetro, e os perfilômetros a laser e digital.

Todavia, ainda não se definiu um método eficiente e eficaz para o perfilômetro de barra corrediça. Existem vários modelos de aparelhos e metodologias (CARVALHO FILHO et al., 2007; ZOLDAN JÚNIOR et al., 2008; BRANDELERO et al., 2014; GASSEN et al., 2014), que avaliam os resultados obtidos de perfil mobilizado e rugosidade do solo. Entretanto, nenhum trabalho é conclusivo quanto a melhor forma de proceder a avaliação; apenas comparam os valores obtidos pelos diferentes aparelhos e metodologias, na maioria das vezes, distintas.

Objetivou-se com este trabalho analisar e discriminar métodos de avaliação do perfil mobilizado do solo através de perfilômetro de barra corrediça.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área localizada na posição geográfica 19° 12' 43" S e 46° 07' 56" W e na altitude de 1128 m, na bacia do Rio São Francisco, região do Alto Paranaíba, município de Rio Paranaíba (MG), sob um latossolo vermelho-amarelo distrófico típico (LVAd) (SANTOS et al., 2013), com textura argilosa (42% de argila) na camada de solo mobilizada e declividade da área de 3%. O clima da região é o Cwa, segundo Köppen-Geiger, caracterizado por duas estações bem definidas.

O experimento foi esquematizado em fatorial 2 x 2, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu ao tipo de preparo periódico primário de solo - arado de discos (AD) e grade aradora (GA) - e o segundo fator a dois aparelhos do tipo perfilômetro, de tamanhos

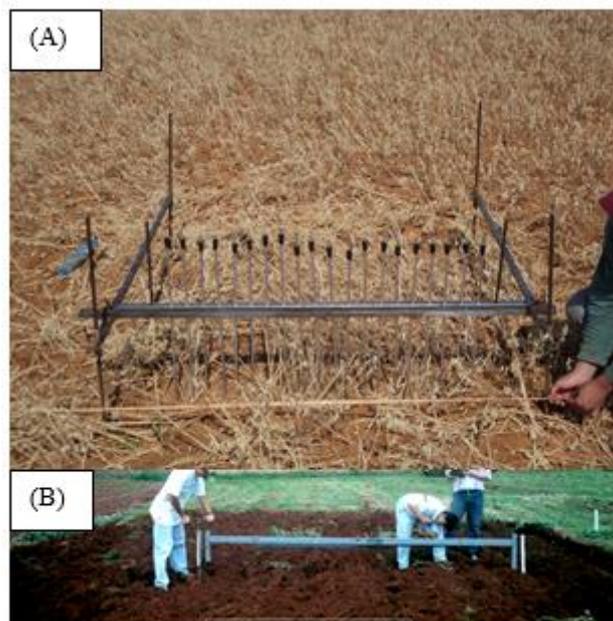
distintos. Cada parcela fez-se de uma área de 100 m² (10 x 10 m), deixando-se área de igual dimensão entre elas a fim de permitir a regulagem e manobra dos equipamentos. O solo da área do experimento estava em repouso antes da aplicação dos tratamentos e apresentava pouca palhada de milho, residual de cultivo antecedente e umidade média de 30%.

Para tracionar as máquinas, utilizou-se o trator New Holland TL85E, 4 x 2 TDA, com potência de 88 cv e transmissão 12 x 12 Power Shuttle. Assim, para o preparo periódico primário do solo, seguindo regulagens e procedimentos normalmente utilizados na propriedade rural em que foi instalado o experimento, utilizou-se: AD – arado de disco, modelo AF, marca BALDAN[®], montado, equipado com três discos côncavos lisos (Ø 28" x 6,0 mm), com ângulo vertical de 20° e ângulo

horizontal de 50°, largura de corte de 90 cm, massa de 0,402 Mg, trabalhando a cerca de 0,15 m de profundidade e velocidade de trabalho de 5,0 km h⁻¹; GA – grade aradora intermediária, modelo GA, marca MARCHESAN[®], de arrasto, com 14 discos côncavos recortados (Ø 24" x 6,0 mm), largura de corte de 220 mm, massa de 1,523 Mg, trabalhando a 0,18 m de profundidade e velocidade de trabalho de 5,0 km h⁻¹.

Foram utilizados dois perfilômetros de barra corrediça, sendo o primeiro de 1000 mm de comprimento (Perf 1) e o outro de 2500 mm (Perf 2), ambos com pontos tomados de 50 em 50 mm (Figura 1). Em cada parcela realizou-se a coleta de 200 pontos, para cada aparelho, a fim de compará-los (CARVALHO FILHO et al., 2007).

Figura 1. Perfilômetros de barra corrediça: (A) Perf 1 - largura útil de 1000 mm; (B) Perf 2 - largura útil de 2500 mm



Na obtenção das cotas dos perfis do solo com o Perf 1, utilizou-se um perfilômetro com 20 hastes, instalado sobre uma base previamente nivelada, montada no sentido transversal ao deslocamento do trator, com as hastes distanciadas 50 mm umas das outras e distribuídas ao longo de uma linha no suporte do perfilômetro. As leituras foram obtidas por meio de uma régua de 1000 mm de comprimento, graduada de 10 em 10 mm. Após a tomada das 20 leituras, o conjunto de hastes

foi movido sobre o suporte do aparelho, na direção do deslocamento do trator, em dez posições distanciadas de 100 mm umas das outras, para a obtenção de 200 leituras em cada parcela, em uma área de 1 m² (GAMERO e BENEZ, 1990, apud CARVALHO FILHO et al., 2008).

Para os perfis do solo avaliados com o Perf 2, o perfilômetro também foi instalado no sentido transversal ao deslocamento do trator, em uma base previamente nivelada. Foram

tomadas 50 leituras, sendo os pontos espaçados de 50 em 50 mm, através de uma régua de 1000 mm e graduada de 10 em 10 mm, conforme adaptação realizada do trabalho de Gamero e Benez, 1990, apud Carvalho Filho et al, 2008. Com as 50 leituras obtidas, o perfilômetro foi deslocado no sentido longitudinal, coincidindo exatamente o ponto da última leitura da posição anterior com o primeiro da nova posição (ALLMARAS et al., 1966; CARVALHO FILHO et al., 2007). Após essas 100 leituras serem tomadas, o aparelho foi deslocado um metro, no sentido do deslocamento do trator, e repetido o procedimento anterior, até a obtenção de 200 leituras. Foram feitas as leituras do perfil do solo antes do preparo, obtendo-se o perfil natural e, após o preparo, para obtenção do novo perfil da superfície, e o perfil interno mobilizado, denominados, respectivamente, de perfil de elevação e perfil de fundo. Esse último foi obtido após a retirada do solo mobilizado pelo equipamento, se atentando sempre para as instalações nos mesmos locais e respeitando o nível da primeira montagem e regulagem do aparelho.

Os cálculos da área de elevação, área mobilizada, índice de rugosidade inicial e final, espessura média da camada mobilizada,

empolamento e modificação da rugosidade do solo foram obtidos conforme descrito na literatura (ALLMARAS et al., 1966) e adaptado por Carvalho Filho et al. (2007).

Os resultados, transformados por Box-Cox, quando necessário, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e avaliação de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e, quando pertinente, realizou-se o desdobramento do fatorial, sendo que os níveis de cada fator foram comparados pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Quando o F foi significativo, assumiu-se a diferença entre eles. Todas as análises foram realizadas com o auxílio dos *softwares* SPEED Stat (CARVALHO; MENDES, 2017) e Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado o desdobramento do fatorial e expressas as médias marginais de cada fator em estudo para todas as variáveis analisadas (Tabela 1). Para o fator preparo de solo, foi detectada diferença significativa entre o preparo com arado de disco e da grade aradora apenas quanto à área de elevação e à modificação da rugosidade (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados obtidos para as variáveis avaliadas a partir de dois perfilômetros (Perf 1 - largura útil de 1000 mm e Perf 2 - largura útil de 2500 mm) em função dos preparos primários de solo adotados (Arado de Disco e Grade Aradora)

Aparelho	Tipos de preparo primário do solo		
	Arado de Disco	Grade Aradora	
	Área mobilizada (m ²)		mm
Perf 1	0,066 Aa	0,076 Aa	0,071 b
Perf 2	0,223 Aa	0,190 Aa	0,206 a
mm	0,145 A	0,133 A	
F _{tipo de preparo} = 0,403 ^{ns}		F _{tipo de aparelho} = 56,394 ^{**}	F _{interação} = 1,414 ^{ns}
CV (%) = 25,970			
	Área de elevação (m ²)		mm
Perf 1	0,030 Ab	0,034 Ab	0,032 b
Perf 2	0,054 Ba	0,097 Aa	0,076 a
mm	0,042 B	0,066 A	
F _{tipo de preparo} = 13,493 ^{**}		F _{tipo de aparelho} = 47,777 ^{**}	F _{interação} = 9,736 ^{**}
CV (%) = 23,500			
	Espessura média da camada mobilizada (m)		mm
Perf 1	0,064 Aa	0,071 Aa	0,068 a
Perf 2	0,080 Aa	0,076 Aa	0,078 a
mm	0,072 A	0,074 A	
F _{tipo de preparo} = 0,109 ^{ns}		F _{tipo de aparelho} = 3,350 ^{ns}	F _{interação} = 0,985 ^{ns}
CV (%) = 15,600			
	Empolamento (%)		mm
Perf 1	51,648 Aa	31,397 Ba	41,522 a
Perf 2	27,530 Ab	37,160 Aa	32,345 b
mm	39,589 A	34,278 A	
F _{tipo de preparo} = 3,247 ^{ns}		F _{tipo de aparelho} = 9,694 ^{**}	F _{interação} = 25,699 ^{**}
CV (%) = 15,960			
	Índice de Rugosidade Inicial (cm)		mm
Perf 1	0,783 Aa	1,083 Aa	0,933 b
Perf 2	2,068 Aa	2,033 Aa	2,050 a
mm	1,425 A	1,558 A	
F _{tipo de preparo} = 1,459 ^{ns}		F _{tipo de aparelho} = 103,797 ^{**}	F _{interação} = 2,332 ^{ns}
CV (%) = 14,710			
	Índice de Rugosidade Final (cm)		mm
Perf 1	3,668 Aa	3,330 Aa	3,499 b
Perf 2	4,800 Aa	4,350 Aa	4,575 a
mm	4,234 A	3,840 A	
F _{tipo de preparo} = 2,455 ^{ns}		F _{tipo de aparelho} = 18,349 ^{**}	F _{interação} = 0,050 ^{ns}
CV (%) = 12,450			
	Modificação da Rugosidade (%)		mm
Perf 1	285,442 Aa	185,822 Ba	235,632 a
Perf 2	155,081 Ab	113,831 Bb	134,456 b
mm	220,261 A	149,826 B	
F _{tipo de preparo} = 33,658 ^{**}		F _{tipo de aparelho} = 69,448 ^{**}	F _{interação} = 5,779 [*]
CV (%) = 13,120			

Letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste F a 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de Variação.

Coan (1995) e Carvalho Filho et al. (2007) encontraram maiores valores do arado de disco em relação à grade aradora, para área mobilizada, área de elevação, espessura média da camada mobilizada e rugosidade após o preparo do solo. Essa discordância dos resultados pode ser em função da diferença ou eficiência das regulagens de profundidade de corte, feitas em campo, realizadas pelos autores e, ainda, pela utilização de distintos modelos dos equipamentos empregados.

Geralmente o arado de disco consegue atingir uma profundidade de operação maior que a grade, entretanto isto não foi observado no presente trabalho, onde o arado trabalhou em profundidade média de 15 cm e a grade a 18 cm, conforme as condições adotadas na propriedade em que se desenvolveu a presente pesquisa. Características dos equipamentos usados, assim como a regulagens destes, podem ser fatores cruciais para influenciar a profundidade de operação e, assim, afetar os resultados relacionados a isto. Carvalho Filho et al. (2007), trabalhando com profundidades de corte de 15 e 20 cm, para grade aradora e arado de discos, respectivamente, encontraram maiores valores de área mobilizada e espessura da camada mobilizada para o arado de discos e, também, maior valor desta última para grade aradora em relação ao presente estudo.

Todavia, os valores apresentados de empolamento, gerado pelo arado, e de área de elevação, empolamento, rugosidade final e modificação da rugosidade, gerados pela grade aradora se mostraram superiores aos valores obtidos por estes autores. Isso aconteceu devido à maior profundidade de regulagem da grade para o atual estudo. Comparando os perfilômetros foi possível observar diferença

entre eles para a maioria das variáveis, exceto para a variável espessura média da camada mobilizada (Tabela 1). Este resultado, extremamente importante e eficaz, mostra que existe diferença entre aparelhos utilizados para determinar o perfil do solo, reforçando a ideia de padronização (CARVALHO FILHO et al., 2007).

Nota-se maior expressividade dos dados obtidos com o Perf 2 para os tipos de preparo de solo em questão. Os dados obtidos pelo Perf 1 subestimaram ou superestimaram os valores das variáveis aferidas. Provavelmente, consequência da menor amplitude espacial avaliada no sentido de ação dos equipamentos, o que pode mascarar o efeito graduação das passadas dos equipamentos ao longo da parcela, propondo que é mais indicada a utilização do Perf 2, portador de 50 pontos, para avaliações do perfil natural e mobilizado de solos que receberam preparo primário com arado de discos e grade aradora.

4 CONCLUSÕES

Para as condições estudadas, indica-se a tomada de 200 pontos por parcela, quando utilizado perfilômetro de barra corrediça de 2500 mm de comprimento (Perf 2), para estudo do perfil do solo e determinação de parâmetros relacionados a esta característica.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6 REFERÊNCIAS

- ALLMARAS, R. R.; BURWELL, R. E.; LARSON, W. E.; HOLT, R. F. **Conservation Research Report**: Total porosity and random roughness of the interrow zone as influenced by tillage. 7. United States Department of Agriculture (USDA), Washington: 1966. 22 p.
- BERTOL, I.; PAZ GONZALEZ, A.; VIDAL VAZQUEZ, E. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 103-110, 2007.

- BRAMORSKI, J.; DE MARIA, I. C.; SILVA, R. L.; CRESTANA, S. Relações entre a rugosidade superficial, a tortuosidade, o modo de preparo, a intensidade de chuva e as perdas de solo e água em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1291-1297, 2012.
- BRANDELERO, E. M.; ARAUJO, A. G.; RALISCH, R. Soil mobilization and seeding depth by no-till seeder mechanisms for residue management. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 254-262, 2014.
- CARVALHO, A. M. X.; MENDES, F. Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. In: RBras 62, 2017, Lavras. **Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**. Local: Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2017. p. 333.
- CARVALHO FILHO, A.; BONACIM, J. L. G.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Mobilização de um Latossolo Vermelho acriférrico em função de sistemas de preparo do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 1, n. 3, p. 1-2, 2008.
- CARVALHO FILHO, A.; SILVEIRA, M. E. G.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W.; CARVALHO, L. C. C. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho acriférrico cultivado com milho. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 6, n. 1-2, p. 31-39, 2007.
- COAN, O. **Sistemas de preparo de solo: efeitos sobre a camada mobilizada e no comportamento das culturas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e do milho (*Zea mays* L.), conduzidas em rotação**. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1995.
- CORREA, I. M. C.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C.; TAKIZAWA, M. M. Rugosidade da superfície de um Cambissolo Húmico relacionada com o preparo e compactação do solo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 567-576, 2012.
- DRESCHER, M. S.; REINERT, D. J.; DENARDIN, J. E.; GUBIANI, P. I.; FAGANELLO, A.; DRESCHER, G. L. Duração das alterações em propriedades físico-hídricas de Latossolo argiloso decorrentes da escarificação mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 159-168, 2016.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- GASSEN, J. R. F.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BELLÉ, M. P.; BONOTTO, G. J. Resistência específica à tração na operação de escarificação do solo em camadas de forma simultânea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 116-124, 2014.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO T. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; URCHER, M. A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 443-451, 2010.
- PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J.

A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1591-1600, 2012.

RÓS, A. B.; TAVARES FILHO, J.; DE CESARE BARBOSA, G. M. Propriedades físicas de solo e crescimento de batata-doce em diferentes sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 242-250, 2013.

ROSA, D. P.; REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; BARROS, C. A. P.; REINERT, D. J.; VIEIRA, D. A. Cultivo mínimo: Efeito da compactação e deformação abaixo da atuação da ponteira do subsolador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 11, p. 1199-1205, 2011.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.12, p.1301-309, 2013.

VÁZQUEZ, E. V.; BERTOL, I.; SIQUEIRA, G. M.; PAZ FERREIRO, J.; DAFONTE, J. D. Evolution of the soil surface roughness using geostatistical analysis. **Bragantia**, Campinas, v. 69, supl. p. 141-152, 2010.

VIDAL VÁZQUEZ, E. V.; MIRANDA, J. G. V.; PAZ GONZALEZ, A. Describing soil surface microrelief by crossover length and fractal dimension. **Nonlinear Processes in Geophysics**, Germany, v. 14, n. 3, p. 223-235, 2007.

ZOLDAN JUNIOR, W. A.; BERTOL, I.; PEGORARO, R.; FABIAN. E.L.; ZAVASCHI, E.; VÁZQUEZ, E. V. Rugosidade superficial do solo formada por escarificação e influenciada pela erosividade da chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 353-362, 2008.