



Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Comparação entre dois modelos de Agitador de Yoder na avaliação da estabilidade de agregados de solo

Paulo Angelo Fachin¹, Edison Vieira Gonçalves Junior², Edivaldo Lopes Thomaz³

¹Doutorando em Geografia Física pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: fachinp@hotmail.com (autor correspondente) ²Mestrando em Geografia Física pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO. Guarapuava, Paraná, Brasil. E-mail: edinho.gj37@gmail.com ³Professor Associado, Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO. Guarapuava. Paraná. Brasil. E-mail: edilopes.thomaz@gmail.com

Artigo recebido em 20/10/2018 e aceito em 26/01/2019

RESUMO

O Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) do solo é um parâmetro físico determinado pelas características intrínsecas dos solos, variando de acordo com as classes texturais, teor de matéria orgânica, teor de carbono orgânico, tipo de clima, formas de uso e manejo. Este é um dos principais indicadores do grau de erodibilidade do solo, pois expressa a resistência dos agregados do solo em resistir à desagregação quando submetido a processos e ações potencialmente disruptivas. Vários métodos, técnicas e equipamentos têm sido desenvolvidos para avaliação do IEA: simulação de chuva, impacto de gota de água em diferentes classes de agregados, peneiramento seco, peneiramento submerso em água. O objetivo deste trabalho foi avaliar dois equipamentos de modelos diferentes (Agitador de Yoder) utilizados para estimar o IEA via peneiramento úmido (submerso em água). O solo em teste foi um Latossolo Vermelho Distroférico de textura argilosa coletado em uma floresta nativa. Foram feitas 6 repetições com 25 g de solo cada em cada equipamento. Todas as variáveis foram controladas de maneira igual nos dois equipamentos: temperatura e condutividade elétrica da água, conjuntos de peneiras, intensidade de oscilação, tempo de peneiramento. Os resultados apresentaram diferenças significativas entre os dois modelos avaliados nos valores do Índice de Estabilidade de Agregados e no Diâmetro Médio Ponderado.

Palavras chaves: avaliação, método, desagregação, latossolo.

Comparison between two models of Yoder Stirrer in the evaluation of soil aggregate stability

ABSTRACT

The Soil Aggregate Stability Index (IEA) is a physical parameter determined by the soils' intrinsic characteristics, varying according to the textural classes, organic matter content, organic carbon content, climate type, use and management. This is one of the main indicators of the soil erodibility degree, since it expresses the resistance of the soil aggregates in resisting the disaggregation when subjected to potentially disruptive processes and actions. Several methods, techniques and equipment have been developed to evaluate the IEA: rain simulation, water splash in different classes of aggregates, dry sieving, submerged sieving. The objective of this work was to evaluate two different model equipment (Yoder Agitator) for estimation of IEA via wet screening (submersion in water). A clay textured Dystroferic Red Latosol collected in a native forest was tested. Six repetitions whit 25 g each were made in each kit. All variables were controlled equally in the two equipments: temperature and electrical conductivity of the water, sieve sets, oscillation intensity, sieving time. The results presented significant differences between the two evaluated models in the values of the Aggregate Stability Index and the Geometric Weighted Diameter.

Keywords: evaluation, method, disaggregation, oxisol.

Introdução

O solo é o recurso natural que representa fundamental importância no que diz respeito à produção alimentícia e econômica para as atuais e futuras gerações. Sua degradação é um problema

ambiental que vem aumentando todos os anos em nível mundial, dentre as formas de degradação dos solos, a erosão é que representa maior efeito negativo. No Brasil, estudos mostram que mudanças no uso da terra vêm aumentando a degradação do solo, consequência do processo

erosivo (Oliveira et al., 2015; Ochoa et al., 2016; Wang et al., 2016).

Segundo Liu (2016) a erosão é um processo formado a partir de um conjunto de fatores, dos quais, a ação da água, as características do solo e do relevo, a cobertura vegetal e o tipo de uso e manejo utilizado, são os principais elementos determinantes.

A estrutura do solo é um arranjo espacial em diferentes escalas de sólidos e vazios que controlam processos diversos como vida, dinâmica de nutrientes, aeração e trocas gasosas, vulnerabilidade à erosão, infiltração, armazenamento de água, decomposição e distribuição de material orgânico (Bottineli et al., 2015; Rabot et al., 2018). Todo processo que envolve a construção da estrutura do solo passa invariavelmente pela agregação.

A estrutura do solo é uma combinação de partículas primárias em unidades secundárias ou agregados. A combinação de partículas minerais, areia, silte e argila com substâncias cimentantes produzem os agregados, nas suas diferentes formas, tamanhos e arranjos definidos, que se comportam mecanicamente como uma unidade estrutural (Mesquita e Dias Júnior, 2013).

A agregação das partículas do solo está ligado vários fatores, desde o ajuntamento de partículas, pelo tipo e o teor de argila, silte e areia; metais polivalentes; carbonato de cálcio; óxidos e hidróxidos de ferro; alumínio e manganês; exudatos orgânicos de plantas; substâncias orgânicas provenientes da ação de microrganismos; o aporte de matéria orgânica; óxidos e os hidróxidos que são agentes cimentantes de coligação e o manejo do solo. E pode-se incluir, também, os ciclos de umedecimento e secagem que causa a separação das unidades estruturais (Devine et al., 2014; Keil e Mayer, 2014; Blankinship et al., 2016; Seidel et al., 2017; Sarker et al., 2018;).

Inúmeros parâmetros de análise física são utilizados para estimar a qualidade e as condições dos solos, dos quais a estabilidade de agregados é uma das que recebe destaque por ser um indicador do grau de erodibilidade do solo e fornecer interpretações sobre outros parâmetros físicos, químico e biológicos, sendo um indicador chave da qualidade do solo (Inagaki et al., 2016; Saygin et al., 2017).

O índice de estabilidade de agregados refere-se à capacidade que o agregado de solo tem em resistir ao poder destrutivo de forças naturais, por exemplo: contato com gotas de chuva, rompimento por abrasão durante o transporte pelo escoamento superficial. Este índice é um indicativo da condição estrutural do solo, a qual tem influência em vários atributos e processos que

ocorrem no solo, como, porosidade do solo, infiltração de água, aeração, selamento superficial, crescimento de raízes, proteção da matéria orgânica e erodibilidade do solo. (Das et al., 2014; Thomaz et al., 2014).

A estabilidade de agregados é diretamente afetada pelo clima e pelo manejo do solo, fatores climáticos, como quantidade de precipitação, congelamento, descongelamento, secagem, e fatores de manejo, como cultivo, colheita e sistemas de gerenciamento de resíduos determinam a formação e estabilidade de agregados.

Os estudos de estabilidade de agregados do solo em água vêm sendo realizados há bastante tempo, principalmente a partir do trabalho de Yoder (1936). A priori os trabalhos tinham como objetivo relacionar a estabilidade de agregados com os processos erosivo, já nos dias atuais, a maioria dos estudos com agregados se concentram na avaliação do impacto do uso do solo e seu manejo na qualidade física dos solos (Castro Filho et al., 2002).

Entre os indicadores mais utilizados na avaliação do nível estabilidade da estrutura do solo, o diâmetro médio ponderado e o índice de estabilidade de agregados, são alguns dos parâmetros mais empregados (Castro Filho et al., 1998; Silva et al., 2014). Cada um desses parâmetros reflete um aspecto diferente da qualidade física do solo: o valor de DMP está diretamente relacionado à porcentagem de agregados com diâmetro superior a 0,25 mm (macroagregados), enquanto o IEA, por sua vez, aponta a condição de agregação total do solo (Castro Filho et al., 1998).

Existem vários métodos para avaliar a estabilidade de agregados ligados aos mecanismos de degradação, incluindo: 1) chuva natural, 2) chuva simulada (Imeson e Vis, 1984), 3) impacto de gota de chuva em diferentes classes de agregados (McCalla, 1944; Vaezi et al., 2017), 4) peneiramento a úmido Yoder (1936) e suas modificações, peneiramento úmido e turbidimetria (Pojasok e Kay, 1990), 5) peneiramento a seco (Chepil, 1962), 6) mais recentemente, métodos envolvendo energia ultra-sônica, que permitem a quantificação da energia necessária para dispersão do agregados (Raine e So, 1993). Todos estes métodos têm sido examinados criticamente para permitir que os processos de triangulação detectem os efeitos do manejo no índice de estabilidade do solo (Thomaz et al., 2019).

Estes métodos têm sido motivo de debates entre os pesquisadores, pois existem inúmeras metodologias diferentes reportadas, que variam as técnicas de pré-secagem, número e tamanho das peneiras utilizadas, líquido usado para imersão das

amostras, número de repetições, nível de energia aplicado e as diferentes expressões dos resultados, sendo aspectos que dificultam a comparação da estabilidade de agregados de diferentes procedimentos (Moncada et al., 2015; Gyawali e Stewart, 2019).

Para Saygin et al. (2017) a escolha dos métodos ou tratamentos a serem implementados em qualquer amostra de solo para quantificar a estabilidade agregada depende principalmente do propósito da medição. Outra questão importante a ser considerada é a existência de diferentes modelos de equipamentos para o mesmo tipo de método a ser adotado, pois não há um modelo padrão de equipamentos, cada fabricante desenvolve um tipo de modelo, o que traz a necessidade de estudos que verifiquem a existência ou não de diferenças entre eles nos resultados finais.

A partir disto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da mensuração de estabilidade de agregados em dois modelos de agitadores do tipo Yoder da marca 1)

Solo Teste e 2) Marconi. Além disso, foi estimado o índice de estabilidade de agregados de solo via peneiramento úmido (submerso em água), afim de verificar a existência ou não de diferenças dos resultados entre os dois, empregando a mesma metodologia e o mesmo tipo de solo.

Material e métodos

O solo utilizado no estudo foi coletado em uma propriedade rural localizada as margens da BR 158 (24° 01' 46''S; 52° 19' 01''O) no município de Campo Mourão-PR (Figura 1). O clima em Campo Mourão é classificado como Cfa: clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, temperatura média anual de aproximadamente 20°C e precipitação média anual variando entre 1.300 e 1.600 mm, sem estação seca definida, de acordo com a classificação de Köppen. (Alvares et al., 2013).

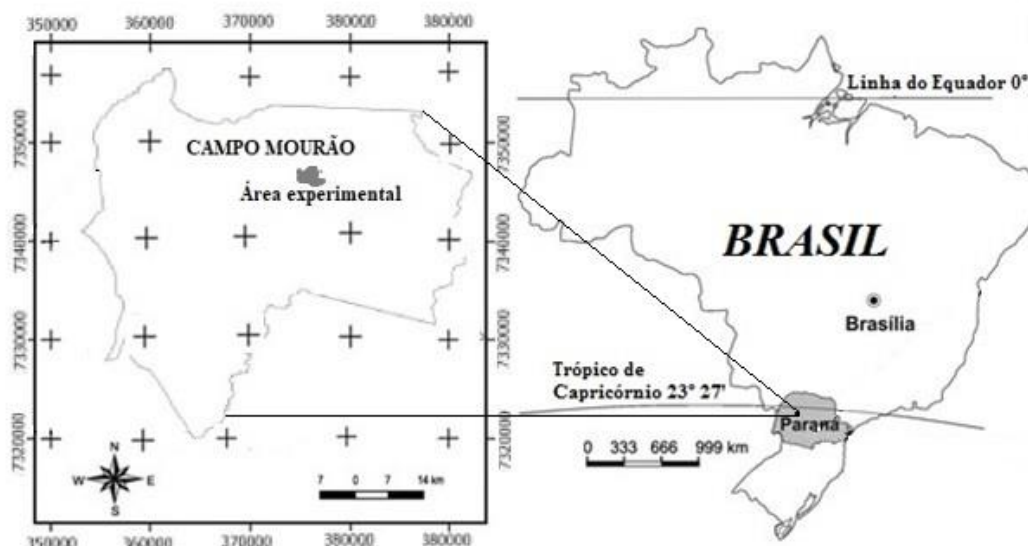


Figura 1 – Localização da área experimental de origem do solo utilizado no estudo.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico de textura muito argilosa (Santos, 2018), areia 14%, silte 23%, argila 63% e matéria orgânica 45,5 g/dm³.

As coletas foram feitas em uma floresta nativa em uma encosta com declividade baixa de aproximadamente 4°. O solo foi coletado na camada de 0-20 cm com o auxílio de uma pá de corte em formato de blocos para a não ocorrência de desestruturação dos agregados, posteriormente as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para posterior análises no laboratório.

Delineamento experimental e avaliações

Os solos foram secos a temperatura ambiente em laboratório (21°C) por 4 dias e em seguida foram passados em peneira de 8,0 mm para avaliação somente dos agregados < 8,0 mm. Foram separadas 6 amostras de vinte e cinco gramas (25g) para análises físicas de estabilidade de agregados (IEA); diâmetro médio ponderado (DMP); peneiramento seco (PS).

Para determinação do peneiramento seco (PS), cada uma das 6 amostras de (25g) foram peneiradas por 30 segundos em agitador de peneira eletromecânico para separar as classes de agregados. As amostras foram fracionadas de

acordo com as seguintes classes granulométricas: 4,0 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5mm; 0,250 mm, 0,125; <0,125 mm. Em seguida, pesou-se a fração retida em cada peneira e estabeleceu-se a representatividade de cada classe utilizando a equação 1.

$$\text{Equação 1} \quad A\% = \frac{PAR}{PAT} * 100$$

A% = Agregado retido na peneira em porcentagem

PAR = Peso de agregado retido na peneira (g)

PAT = Peso total da amostra total (g)

Para estimativa da estabilidade de agregados via úmida foi realizado o peneiramento submerso em água (PU), este procedimento empregado no peneiramento submerso foi adaptado a partir de Yoder (1936).

Para tanto foram usados 25 g de solo de cada amostra, que foram pré-umedecidos por 10 minutos, conforme o princípio de umedecimento lento (Teixeira, 2017). Em seguida, o material foi agitado levemente nos dois agitadores de Yoder com movimentos ascendente e descendente no sentido vertical (agitador modelo Solo Test, figura - 2) e movimentos vertical e horizontal (agitador modelo Marconi, figura - 3) nas seguintes classes granulométricas: 4,0 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,5 mm; 0,250 mm, 0,125; <0,125 mm. O equipamento modelo Marconi possibilita o controle da intensidade de oscilação, enquanto o modelo Solo Test possui intensidade de oscilação fixa de (30 rpm), deste modo estabeleceu-se a oscilação padrão de 30 rpm por 10 minutos de peneiramento para os dois modelos.



Figura 2 – Agitadores do tipo Yoder para avaliação do índice de estabilidade de agregados de solo. 2a) agitador modelo Solo Test; 2b) agitador modelo Marconi.

O material retirado de cada peneira foi transferido para *beckers* de vidro e seco a 105°C por 24 horas em estufa de aquecimento, após secagem foram pesadas as frações retidas em cada peneira. Em ambos os procedimentos a distribuição e quantidade de agregados (peso-volume) de uma peneira para outra foi obtida por meio da razão entre a quantidade de agregados retidos em cada peneira pelo total de material avaliado. Os índices dos agregados: diâmetro médio ponderado e

estabilidade de agregados em porcentagem, foram obtidos por meio das equações 2 e 3 abaixo:

$$\text{Equação 2} \quad DMP = \sum xi yi$$

DMP = Diâmetro Médio Ponderado

x = Diâmetro médio da classe de agregados (mm)
 $i y$ = Proporção de agregado retido em cada classe em relação à amostra total

$$\text{Equação 3} \quad IEA\% = \frac{PAR - PA - A}{PTA - A} * 100$$

EA% = Estabilidade de Agregados em porcentagem

PAR = Peso de Agregados Retidos >0,25 mm

PA = Peso de Agregados <0,25 mm

PTA = Peso Total da Amostra

A = Areia total da amostra

Os índices apresentam interpretações diferentes, o DMP aumenta à medida que agregados maiores fica retido nas peneiras e o IEA% pode variar de 1 a 100% e indica a agregação

de acordo com o manejo do solo (Castro Filho et al., 2002; Thomaz, 2017).

Análise de Dados

Os dados foram tabulados e tratados por meio do software BioEstat 5.0. A análise dos dados foi realizada da seguinte forma: 1) estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação); 2) comparação de médias pelo teste t.

A aplicação das técnicas e análises estatísticas seguiu as recomendações e procedimentos contidos em Vieira (1999).

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos a partir dos parâmetros analisados neste trabalho apresentaram diferenças significativas entre os dois modelos de agitadores de peneiras do tipo Yoder avaliados para o mesmo tratamento e procedimento aplicado.

Ao realizar o peneiramento úmido no modelo Solo Teste e Marconi, foram registrados no momento da análise respectivamente uma condutividade elétrica da água de 103 $\mu\text{s}/\text{cm}$ e temperatura de 17,6°C.

Em relação ao Diâmetro Médio Ponderado (DMP), no peneiramento seco, o modelo Solo Teste apresentou valor de 1,87 mm, sendo esse valor 16% inferior em relação ao equipamento da marca Marconi. No modelo Solo Teste todas as seis repetições apresentaram valores abaixo de 2 mm, sendo que a média encontrada foi de 1,87 mm, com os valores variando entre 1,65 mm a 1,95 mm, enquanto o modelo Marconi, apresentou uma média geral de 2,24 mm com o menor valor entre as repetições realizadas sendo de 1,99 mm e o maior valor sendo de 2,64 mm, com uma diferença entre as médias do DMP de 18,1 % entre os dois resultados, indicando que a desagregação do solo avaliado foi menor no equipamento Marconi (figura 4, gráfico A).

Na avaliação do Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) verificou-se a mesma tendência que o DMP. O peneiramento seco apresentou valor de 75,9% para o IEA (29,3% superior ao valor do equipamento da Solo Teste e 1,5% inferior ao equipamento da Marconi).

Entre os modelos, a variação dos resultados encontrados foi significativa, no qual o valor do IEA para o modelo Solo Teste foi 30,4% menor que no modelo Marconi. O IEA encontrado no modelo Solo Teste apresentou uma variação nas seis repetições realizadas entre 48,84% e 56,64%, com uma média geral de 53,63% do IEA. No modelo Marconi, variou entre 72,53% e 81,58%, com a média ficando em 77,96% e com uma diferença final de 30,5% entre os dois equipamentos conforme descrito no gráfico B da figura 4.

Constatou-se que o modelo Solo Teste, apresentou maior poder de desagregação, principalmente nos agregados maiores que 4,0 mm. levando em conta a diferença da média das porcentagens para essa classe nos dois modelos, 15,8% e 22% respectivamente Solo Teste e Marconi. Para as demais classes, apesar de o modelo Marconi, apresentar valores médios maiores, a diferença não é significativa, exceto nos agregados <0.125 mm, no qual os valores médios da porcentagem de agregados dessa classe, corresponderam a 9,14% para o Marconi e 20,47% para o Solo Teste, do total da amostra.

O peneiramento seco foi feito a nível de comparação entre os agregados predominantes antes e após o peneiramento submerso em água. A distribuição granulométrica no peneiramento seco registrou maior presença dos agregados de 2,0 mm e 0,250 mm (respectivamente 20,9% e 20,5% de representação) e menor presença dos agregados das classes 0,125 mm e <0,125 mm (respectivamente 7,5 % e 8,3% de representação). No entanto, após o peneiramento submerso em água, as classes predominantes ficaram entre 1,83 e 2,25 mm, evidenciando a maior desagregação nos macroagregados >1 mm.

Nos dois parâmetros avaliados (IEA e DMP) ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os dois modelos, as condições dos peneiramentos foram controladas de formas iguais: separação do solo em peneira de 8 mm, temperatura e condutividade elétrica da água iguais, intensidade de oscilação e tempo duração de peneiramento iguais.

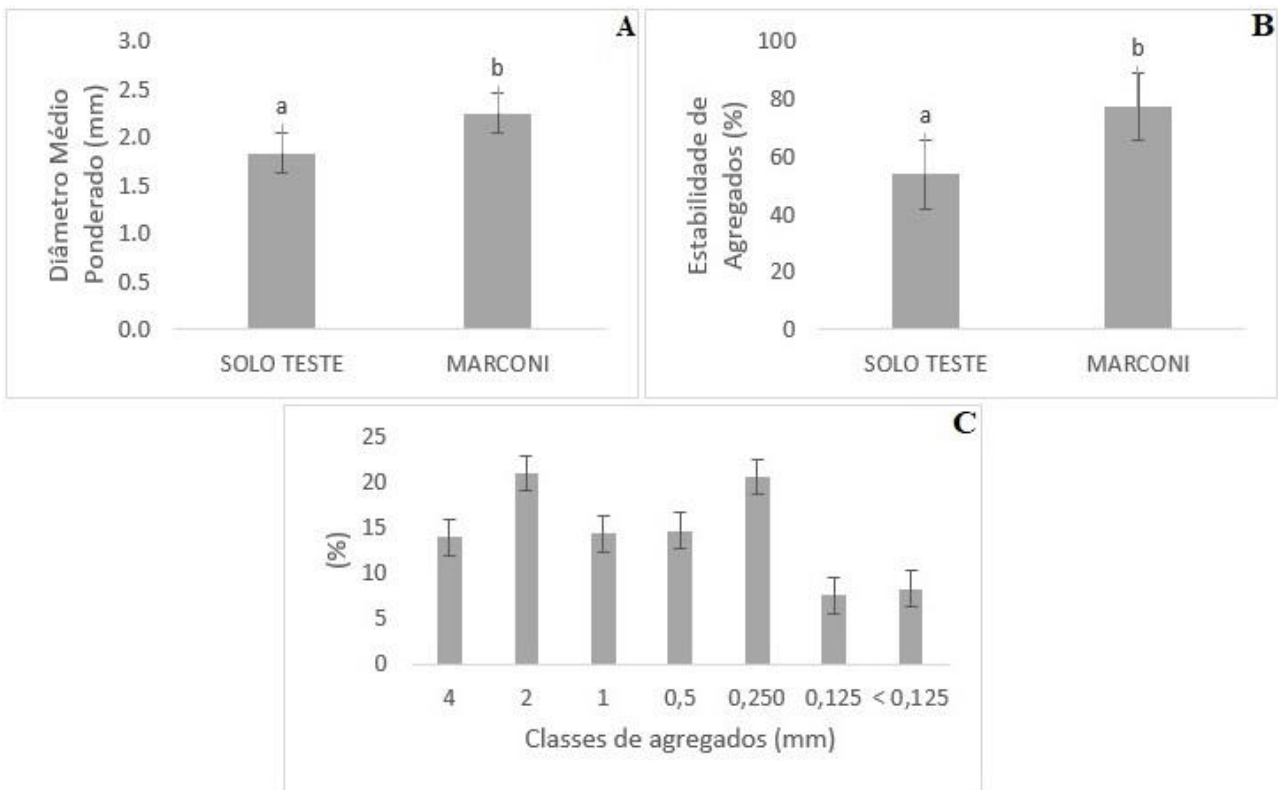


Figura 4 – Teste de comparação entre os dois equipamentos avaliados: a) diâmetro médio ponderado b) estabilidade de agregados e c) peneiramento seco para estimativa das classes de agregados em porcentagem. Letras diferentes indicam diferença significativa a 5% no teste t.

No entanto, observou-se que o equipamento da Solo Teste exerce a mesma oscilação em todas as peneiras enquanto o equipamento da Marconi possui oscilação vertical e horizontal não homogênea em todas as peneiras, sendo que no conjunto 0,5; 0,250; 0,125 e <0,125 mm a oscilação é maior que no 1,0; 2,0 e 4,0 mm, desta forma a desagregação do material nas peneiras superiores é menor no equipamento Marconi com relação ao da Solo Teste, fato este que responde as diferenças nos resultados obtidos neste estudo.

Conclusão

1. Mesmo controlando todas as condições de análise de formas iguais, ocorreu diferença significativa nos valores obtidos entre os dois modelos de agitadores avaliados. O equipamento modelo Solo Test resultou em maior taxa de desagregação do solo no peneiramento submerso em água.

2. A única diferença observada entre os equipamentos que pode ser a variável de interferência nos resultados foi a diferença de

oscilação entre eles. Enquanto no equipamento modelo Solo Test há uniformidade da oscilação em todas as peneiras (sentido vertical), no equipamento modelo Marconi os movimentos verticais e horizontais fazem com que o conjunto oscile em movimento quase em forma de pêndulo, impondo às peneiras <0,5 mm maior intensidade de oscilação do que nas peneiras >0,5 mm.

3. A diferença de oscilação entre os dois equipamentos foi o principal fator determinante na diferença dos resultados obtidos neste estudo.

4. Uma das possibilidades de equivalência entre os resultados dos dois equipamentos pode ser aumento da intensidade de oscilação do equipamento Marconi, no entanto, esta possibilidade deve ser verificada.

Agradecimentos

O primeiro autor é bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. O segundo e o terceiro autor agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e Bolsa Produtividade, respectivamente.

Referências

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Gonçalves, J.L. de M.; Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map of Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Blankinship, J.C., Fonte, S.J., Six, J., Schimel, J.P., 2016. Plant versus microbial controls on soil aggregate stability in a seasonally dry ecosystem. *Geoderma*, 272, 39-50. DOI: 10.1016/j.geoderma.2016.03.008
- Bottinelli, N., Capwicz, J.Y.P., Podwojewski, P., Grimaldi, M., Peng, X., 2015. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil and Tillage Research*, 146, 118-124. DOI: 10.1016/j.still.2014.01.007.
- Castro Filho, C., Muzilli, O., Podanoschi, A.L., 1998. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo de amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 22, 527-538.
- Castro Filho, C., Lourenço, A., Guimarães, M.F., Fonseca, I.C.B., 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil and tillage research* 188, 45-65. DOI: 10.1016/S0167-1987(01)00275-6
- Chepil, W., 1962. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical soil analysis. *Soil Science Society of America Journal* 26, 4-6. DOI: 10.2136/sssaj1962.03615995002600010002x
- Das, A, Lal, R., Patel, D., Idapuganti, R., Layek, J., Ngachan, S., Ghosh, P., Bordoloi, J., Kumar, B., 2014. Effects of tillage and biomass on soil quality and productivity of lowland rice cultivation by small scale farmers in North Eastern India. *Soil Till* 143, 50 – 58. DOI: 10.1016/j.still.2014.05.012
- Devine, D., Markewitz, P., Hendrix, D., Coleman, D., 2014. Soil aggregates and associated organic matter under conventional tillage, no-tillage, and forest succession after three decades. *PLoS One* 9, 84-98. DOI: 10.1371/journal.pone.0084988
- Gyawali, A.J., Stewart, R.D., 2019. An improved method for quantifying soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal* 53, 56-74.
- Imeson, A., Vis, M., 1984. Seasonal variations in soil erodibility under different land-use types in Luxembourg. *European Journal of Soil Science* 35, 323-331. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1984.tb00286.x
- Inagaki, T.M., Sá, J.C.M., Ferreira, A.O., Briedis, C., Tivet, F., Romaniw, J., 2016. Macroagregados como indicadores de qualidade em Sistema plantio direto. *Revista Plantio Direto* 151, 4 – 10.
- Keil, R.G., Mayer, L.M., 2014. Mineral matrices and organic matter. *Treatise Geochem* 12, 337-359.
- Liu Y., Fu B. 2016. Assessing sedimentological connectivity using WATEM/SEDEM model in a hilly and gully watershed of the Loess Plateau, China. *Ecological Indicators* 66, 259-268. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.01.055
- McCalla, T.M., 1944. Water drop method of determining the stability of soil structure. *Soil Science Society of America* 7, 209-214.
- Mesquita, M.G.B.E., Dias Junior, M.S., 2013. Física do solo. In: Fátima M.S., Moreira, J.E.C., Zanetti, R., Sturmer, S.L. (Eds.), *O ecossistema solo – componentes relações ecológicas e efeitos na produção vegetal*. UFLA, Lavras, pp. 182.
- Moncada M.P., Gabriels D., Cornelis W., Lobo D., 2015. Comparing aggregate stability tests for physical quality indicators. *Land Degradation & Development* 34, 25-37. DOI: 10.1002/ldr.2225
- Ochoa, P.A., Fries, A., Mejía, D., Burneo, J.I., Ruiz-Sinoga, J.D., Cerdà, A., 2016. Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. *Catena* 140, 31-42. DOI: 10.1016/j.catena.2016.01.011
- Oliveira, J.A., Dominguez, J.M.L., Nearing, M.A., Oliveira, P.T.S., 2015. A gis-based procedure for automatically calculating soil loss from the universal soil loss equation: gisus-m. *Applied Engineering in Agriculture*. American Society of Agricultural and Biological Engineers 31, 907-917. DOI: 10.13031/aea.31.11093.
- Pojasok, T., Kay, B.D., 1990. Assessment of a combination of wet sieving and turbidimetry to characterize the structural stability of moist

- aggregates. *Canadian Journal of Soil Science*, 70, 33- 42.
- Rabot, E., Wiesmeier, M., Schluter, S., Vogel, H. J., 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma* 314, 122-137. DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.11.009
- Raine, S.R.; So, B., 1993. An energy based parameter for the assessment of aggregate bond energy. *Journal of Soil Science* 44, 249-259. DOI: 10.1111/j.1365-2389.1993.tb00449.x
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T.J.F., 2018. Sistema brasileiro de classificação de solos, 5 ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 5ªed. Brasília, p. 314.
- Sarker, J.R, Singh, B.P., Cowie, A.L., Fang, Y., 2018. Agricultural management practices impacted carbon and nutrient concentrations in soil aggregates, with minimal influence on aggregate stability and total carbon and nutrient stocks in contrasting soils. *Soil and Tillage Research*, 178, 209 – 223. DOI: 10.1016/j.still.2017.12.019
- Saygin, S.D., Erpul, G., Basaran, M., 2017. Comparison of aggregate stability measurement methods for clay-rich soils in asatepe catchment of Turkey. *Land Degrad. Develop.* 28, 199-206. DOI: 10.1002/ldr.2383
- Seidel, E.P., Schneider, A.P.H., Sustakowski, M.C., Matté, L.M., 2018. Soybean Yield, Soil Porosity and Soil Penetration Resistance under Mechanical Scarification in No-Tillage System. *Journal of Agricultural Science* 10, 53-66. DOI: 10.5539/jas.v10n4p268
- Silva, A.S., Silva, I.D.F., Bandeira; L.B., Dias, B.O., Silva Neto, L.D.F., 2014. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. *Ciência rural* 44, 1783-1789. DOI: 10.1590/0103-8478cr2013078.
- Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A., Teixeira, W.G., 2017. Manual de métodos de análise de solo, 3 ed. rev. e ampl. EMBRAPA, Brasília.
- Thomaz, E.L., Fachin, P.A., 2014. Effects of heating on soil physical properties by using realistic peak temperature gradients. *Geoderma* 230, 243–249. DOI: 10.1016/j.geoderma.2014.04.025
- Thomaz, E.L., 2017. High fire temperature changes soil aggregate stability in slash-and-burn agricultural systems. *Scientia Agricola* 74, 157-162. DOI:10.1590/1678-992x-2015-0495
- Thomaz, E.L., Antoneli, V., Melquiades, F., 2019. Methods used in the study of slash-and-burn fires. In: Pereira, P., Mataix-Solera, J., Úbeda, X., Rein, G., Cerdà, A. Fire effects on soil properties. *Csiro Publishing*, pp. 309-327.
- Vaezi, A.R., Ahmadi, M., Cerdà, A., 2017. Contribution of raindrop impact to the change of soil physical properties and water erosion under semi-arid rainfalls. *Science of the Total Environment* 583, 382-392. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.078
- Vieira, S., 1999. *Estatística para a Qualidade*, 1 ed. Campus, Rio de Janeiro.
- Wang, A., Liu B., Wang, Z., Liu, G., 2016. Monitoring and predicting the soil water content in the deeper soil profile of Loess Plateau, China. *International Soil and Water Conservation Research* 4, 6–17. DOI: 10.1016/j.iswcr.2016.02.001
- Yoder, R.E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion. *American Society of Agronomy Journal* 28, 337-339.