

COMPORTAMENTO DA MICROESTRUTURA DO SOLO COM DIFERENTES TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA POR REOMETRIA

Luiza Bernardi de Carvalho¹, José Miguel Reichert², Dörthe Holthusen³

1. Estudante de IC, Universidade Federal de Santa Maria- UFSM

2. Professor do Depto. de Solos, Universidade Federal de Santa Maria- UFSM (Orientador)

3. Pesquisadora, Kiel University

Resumo:

O objetivo, por meio deste estudo, foi determinar e avaliar os efeitos de diferentes teores de matéria orgânica do solo (MOS) sobre o tamanho dos microagregados e a estabilidade microestrutural do solo, por meio da reometria. Solos com diferentes teores de MOS foram separados em grupos de agregados. As amostras foram submetidas ao potencial matricial de - 6 kPa e, posteriormente, usadas para a análise reológica, por meio de um teste de varredura de amplitude. O intervalo da deformação viscoelástica linear (γ_{LVR}) do solo rico em MOS foi 3 a 4 vezes maior que a do solo pobre em MOS. A tensão de cisalhamento máxima ($\tau_{m\acute{a}x}$) teve diferença entre os teores de MOS, mas a intensidade dependeu da classe de agregados. Em geral, o solo com alto teor de MOS também teve uma maior integral (I_z), que é uma medida para a viscoelasticidade do solo. A comparação dos diferentes teores de matéria orgânica mostrou os diferentes mecanismos e agentes de ligação dos agregados nos vários grupos.

Palavras-chave: Reologia; microescala; estabilidade do solo

Apoio financeiro: FAPERGS

Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição: UFSM

Introdução:

As propriedades macroestruturais, físicas e mecânicas são amplamente estudadas em solo no Brasil, entretanto, muitas práticas de manejo podem alterar a organização da matriz do solo numa escala muito menor que as técnicas usuais conseguem detectar. O entendimento dos processos de estruturação dos solos em microescala pode ser obtido por meio da reologia, ciência que trata do comportamento de um corpo sob tensões externas, para estudar e comparar a estabilidade microestrutural dos solos.

Quase todo processo de deformação e fluxo da massa de solo origina-se de interações moleculares ou microscópicas (Ghezzehei e Or, 2001). Por consequência, o comportamento em microescala é influenciado pela presença da matéria orgânica e as suas ligações com as partículas minerais, especialmente a argila. A avaliação e interação desses processos têm sido pouco avaliadas devido ao limitados métodos e equipamentos disponíveis, como a reometria (Ghezzehei e Or, 2001; Markgraf e Horn, 2006a, b, 2007; Markgraf, 2011; Holthusen et al., 2012). A reometria é uma técnica experimental fundamentada na reologia, que estabelece empiricamente as relações entre tensão e deformação (Schramm, 1995; Markgraf, 2006).

A reologia baseia-se na lei de Newton para um fluido viscoso ideal, na qual a resistência ao fluxo de líquidos é proporcional à velocidade do fluxo; na Lei de Hooke para um sólido ideal (lei da elasticidade), na qual a deformação do sólido é proporcional à força que age (Hillel, 1998; Reichert et al., 2009; Holthusen et al., 2010); e na Lei de Bingham que explica o comportamento viscoplástico, pelo qual, devido ao aumento da tensão de cisalhamento, substâncias podem ficar rígidas até que o ponto de escoamento específico do material seja alcançado (Or e Ghezzehei, 2002; Markgraf et al., 2006). Na compreensão reológica, o solo não é nem uma substância perfeitamente elástica nem plástica, sendo classificado como um material viscoelástico, ou seja, exhibe comportamento elástico e plástico (Markgraf e Horn, 2006a; Markgraf et al., 2006; Holthusen, 2010).

Objetivou-se determinar e avaliar os efeitos de diferentes teores de MOS sobre o tamanho dos microagregados e a estabilidade microestrutural do solo, por meio da reometria.

Metodologia:

Amostras de solos sob “solo descoberto” e do “campo nativo”, com ampla variação no teor de matéria orgânica, foram coletadas em uma área experimental de longo prazo, implantada em março de 1991 na Universidade Federal de Santa Maria. No campo nativo, é realizado o corte da vegetação a 8 cm e o excesso de massa verde é retirado da parcela simulando o pastejo de gado.

Em cada parcela, foram coletados 10 kg de solo com estrutura não preservada e amostras de solo com estrutura preservada, em cilindros metálicos, para obter a densidade do solo. As amostras de solo com estrutura não preservada foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira com abertura malha de 2 mm para obter a fração terra fina seca ao ar (TFSA). A TFSA parcialmente foi separada em classes de agregados por

peneiramento, nas classes de diâmetro: < 0,5 mm, 0,5 – 1 mm e 1 – 2 mm. A TFSA (< 2 mm), considerada como solo não separado, representou uma classe de agregados. Os microagregados de cada classe foram umedecidos separadamente e deixados em repouso por, aproximadamente, 24 horas. Posteriormente, as amostras foram acomodadas em cilindros de aproximadamente 9,8 cm³, com densidade definida. A densidade foi determinada com base na densidade do campo e dos projetos anteriores, a primeira sendo 1,52 e 1,33 Mg m³ no solo de alto e baixo teor de matéria orgânica, respectivamente. De acordo com Holthusen et al. (2017) em pesquisas anteriores assumiu-se continuar com a densidade de 1,30 Mg m⁻³ para fins de comparação.

Em seguida, as amostras foram saturadas por capilaridade ($\psi = 0$ kPa) com água destilada e submetidas à tensão matricial de - 6 kPa ($\psi = - 6$ kPa), em coluna de areia (Reinert e Reichert, 2006), totalizando três repetições por classe.

A avaliação da estabilidade estrutural em microescala foi realizada em um reômetro modular compacto MCR 102 (Anton Paar, Alemanha), do Laboratório de Física do Solo da UFSM, com um dispositivo de medição de placas paralelas (placa inferior fixa de 50 mm de diâmetro e placa superior rotativa de 25 mm de diâmetro), no qual foram realizados testes de varredura de amplitude com deformação controlada e frequência constante (Markgraf et al., 2006). Os parâmetros de teste foram: temperatura constante na placa inferior de 20 °C; período de repouso antes do teste de 30 s; deformação controlada de 0,0001 a 100%; frequência angular de 0,5 Hz; e série de 30 pontos de medição com duração aproximada de 14 min em acordo com (Markgraf et al., 2006) e modificado para distância entre as placas (*gap*) variável (sendo função da força/tensão normal de 5 N/10,2 kPa) de acordo com Holthusen et al. (2017).

Os parâmetros de interesse foram o intervalo da deformação viscoelástica linear (γ_{LVR}), sendo que quanto maior o intervalo mais elástico é o solo, e assim é necessário um esforço maior para alterar a sua estrutura; a tensão de cisalhamento máxima ($T_{m\acute{a}x}$) e a integral z (I_z).

Resultados e Discussão:

O intervalo da deformação viscoelástica linear (*linear viscoelastic range*, LVR; γ_{LVR}) é uma medida para os limites em que um solo reage com deformação elástica em tensões externas (transitórias, não permanentes).

Uma diferença clara foi observada no γ_{LVR} entre os solos com dois teores de matéria orgânica do solo (MOS). O solo com maior teor de MOS teve γ_{LVR} 3 a 4 vezes maior, estatisticamente, que os do solo com pouca MOS. A diferença foi maior para os agregados de 0,5 - 1 mm, no entanto, o padrão em classes de agregados foi semelhante para ambos os níveis de MOS. O menor γ_{LVR} ocorreu para o solo não separado (terra fina seca ao ar, < 2 mm), enquanto as classes de agregados de 1 - 2 e < 0,5 mm tiveram valores mais altos de γ_{LVR} . O maior γ_{LVR} foi encontrado para a classe de agregados de 0,5 - 1 mm. As diferenças entre os agregados não foram significativas.

Ao contrário da deformação no fim do γ_{LVR} , a tensão de cisalhamento máxima ($T_{m\acute{a}x}$) teve diferenças entre os níveis de MOS, mas a intensidade foi dependente da classe de agregados. Em geral, o solo com mais MOS teve maior $T_{m\acute{a}x}$, porém, a diferença foi alta para o solo não separado (< 2 mm) e ainda notável na classe de agregados de 1 - 2 mm, mas desaparece na classe de agregados de 0,5 - 1 mm. O solo peneirado a <0,5 mm não pôde ser analisado para sua $T_{m\acute{a}x}$, pois não havia conjuntos de dados suficientes que exibissem um valor máximo/pico claro. Em vez disso, o esforço de cisalhamento atingiu um patamar e em parte aumentou novamente.

Não houve efeito significativo das classes de agregados no solo com alto teor de MOS, enquanto o solo de teor baixo de MOS teve maiores $T_{m\acute{a}x}$ na classe de 0,5 - 1 mm, sendo significativamente maior do que os de 1 - 2 mm, que por sua vez foram significativamente maiores do que os do solo não separado (<2 mm).

A viscoelasticidade do solo, avaliada por meio da integral z (I_z), exhibe tanto um efeito do teor de matéria orgânica (MOS) quanto das classes de agregados, sendo este último diferente para os diferentes níveis de MOS. Em geral, com exceção dos menores agregados, o solo de alto teor de MOS tem uma maior viscoelasticidade. Na classe de agregados <0,5 mm, I_z é 2,5 maior para MOS baixa do que para MOS alta. As diferenças ocorrem principalmente para o solo de teor de MOS baixo: a maior I_z é encontrada para os agregados de 1 - 2 mm de diâmetro (36,1), seguida pelos de 0,5 - 1 mm (33), solo peneirado em < 2 mm (31,2) e solo < 0,5 mm (25,5). Embora o efeito da MOS seja significativo em todas as classes de agregados ($p < 0,05$), essas diferenças significativas ocorreram somente nas classes de agregados do solo de teor de MOS alto.

Conclusões:

O solo com alto teor de matéria orgânica geralmente apresentou γ_{LVR} muito mais elevado, $T_{m\acute{a}x}$ semelhante e I_z em geral mais elevada. Com relação a este último, quanto maior os agregados, maior foi a estabilidade do solo microestrutural.

A comparação dos diferentes teores de matéria orgânica mostrou os diferentes mecanismos e agentes de ligação dos agregados nos vários grupos e contribuirá também para a compreensão dos processos de agregação bem como seu impacto no comportamento do solo sob estresses não-estáticos como simulado por reometria.

Referências bibliográficas

Ghezzehei, T.A., Or, D., 2001. Rheological properties of wet soils and clays under steady and oscillatory stresses.

Soil Sci. Soc. Am. J. 65, 624-637.

Hillel, D., 1998. Environmental soil physics. Academic Press, London.

Holthusen, D., 2010. Fertilization induced changes in soil stability at the microscale revealed by rheometry, Institute of Plant Nutrition and Soil Science. Christian-Albrechts-University, Kiel.

Holthusen, D., Pértile, P., Reichert, J.M., Horn, R., 2017. Controlled vertical stress in a modified amplitude sweep test (rheometry) for the determination of soil microstructure stability under transient stresses. *Geoderma* 295, 129-141.

Holthusen, D., Peth, S., Horn, R., 2010. Impact of potassium concentration and matric potential on soil stability derived from rheological parameters. *Soil Till. Res.* 111, 75-85.

Holthusen, D., Peth, S., Horn, R., Kühn, T., 2012. Flow and deformation behavior at the microscale of soils from several long-term potassium fertilization trials in Germany. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175, 535-547.

Markgraf, W., 2011. Rheology in soils, In: Glinski, Horabik, Lipiec (Eds.), *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer, Dordrecht, pp. 700-705.

Markgraf, W., Horn, R., 2006a. Rheological-stiffness analysis of K⁺-treated and CaCO₃-rich soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169, 411-419.

Markgraf, W., Horn, R., 2006b. Rheometry in soil mechanics: Microstructural changes in a calcareous gleysol and a dystic planosol. *Soil Management for Sustainability* 38, 47-58.

Markgraf, W., Horn, R., Peth, S., 2006. An approach to rheometry in soil mechanics - Structural changes in bentonite, clayey and silty soils. *Soil Till. Res.* 91, 1-14.

Or, D., Ghezzehei, T.A., 2002. Modeling post-tillage soil structural dynamics: a review. *Soil Till. Res.* 64, 41-59.

Reichert, J.M., Reinert, D., Sanches Suzuki, L.E.A., Horn, R., 2009. Mecânica do solo, In: Lier, Q.d.J.v. (Ed.), *Física do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Reinert, D.J., Reichert, J.M., 2006. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo—protótipos e teste. *Cienc Rural* 36.

Schramm, G., 1995. Einführung in Rheologie und Rheometrie. HAAKE Rheometer, Karlsruhe.