

LSN 5897 - Matéria Orgânica do Solo

Primeiro semestre de 2019

PROGRAMA GERAL

1. O ciclo global do carbono
 - 1.1 Visão geral sobre os estoques e fluxos que participam nesse ciclo em escala global.
 - 1.2 Avaliação crítica dos dados atuais e sua interpretação.
 - 1.3 Particularidades relativas ao Brasil e as relações com os demais países
2. Conceitos sobre Matéria Orgânica do Solo (MOS)
 - 2.1 Diferença entre os conceitos de MOS e substâncias húmicas.
3. Constituintes da MOS
 - 3.1 Apresentação dos constituintes: pluvio-lixiviados; Serapilheira e restos de culturas; Raízes e exsudatos; Organismos do solo (macrofauna, mesofauna e biomassa microbiana), seus metabólitos e excreções; Substâncias não húmicas e Substâncias húmicas
 - 3.2 Características dos constituintes
4. O carbono do solo
 - 4.1 Determinação de carbono por oxidação úmida e combustão.
 - 4.2 Fatores de correção para o conteúdo de carbono, eficiência do método e limitações.
 - 4.3 Variabilidade espacial: padrões de amostragem, dependência espacial, validação e krigagem
5. Entradas de material orgânico no solo
 - 5.1 Fontes de material orgânico oriundo de plantas e organismos do solo
 - 5.2 Principais componentes químicos das plantas e organismos do solo: ligninas, celulose, lipídeos, graxas, resinas, esteróides, açúcares, taninos, compostos nitrogenados, carvão.
6. Processos de decomposição de material orgânico
 - 6.1 Contribuição da macrofauna, mesofauna e biomassa microbiana
 - 6.2 Gênese do húmus: bioquímica da formação de substâncias húmicas
 - 6.3 Fatores que afetam a decomposição do material orgânico
 - 6.4 Fluxo de gases (CO_2 , CH_4 e N_2O) liberados pela decomposição da MOS
7. Fracionamento químico do húmus
 - 7.1 Extração, purificação e caracterização química e físico-química das substâncias húmicas. Análise crítica
8. Fracionamento físico da MOS
 - 8.1 Separação pelo tamanho das partículas. Finalidades, vantagens e desvantagens.
9. Introdução ao seqüestro de carbono no solo
 - 9.1 Cálculo das mudanças nos estoques de carbono e problemas nos métodos clássicos de cálculo para comparar o estoque de carbono (cálculos pela profundidade fixa vs cálculos pelo peso fixo).
 - 9.2 Mecanismo de seqüestro de carbono no solo
 - 9.3 Mercado de créditos de carbono
10. MOS e propriedades físicas e biológicas do solo
 - 10.1 Influência da matéria orgânica na agregação do solo, densidade global, grau de aeração etc
 - 10.2 Atividades diretas e indiretas na formação de agregados, decomposição de material adicionado ao solo
11. MOS e propriedades químicas do solo
 - 11.1 Importância da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions e ciclagem de nutrientes
 - 11.2 Processos de formação de complexos estáveis com cátions e íons metálicos
12. MOS e produtividade agrícola
 - 12.1 Manejo da MOS: preparo do solo, calagem, rotação de culturas
 - 12.2 Estudos de caso sobre dinâmica da MOS em ecossistemas naturais e alterados pelo uso da terra (agricultura, pastagem etc) e sistemas de manejo (plantio convencional, sistema plantio direto etc).
13. MOS e meio ambiente: interrelações da MOS com o aquecimento global (xenobióticos e metais pesados)

BIBLIOGRAFIA

- Allison, F.E. 1973. Soil organic matter and its role in crop production. New York:Elsevier 639p.
- Alves, B.J.R.; Urquiaga, S.; Aita, C.; Boddey, R.M.; Jantalia, C.P.; Camargo, F.A.O. 2006. Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de carbono e nas emissões de gases do efeito estufa. Porto Alegre: Genesis. 215p.
- Banwart, S.A.; Noellemeyer, E.; Milne, E. 2014. Soil carbon: science, management and policy for multiple benefits. SCOPE. Volume 71. 420p.
- Brady, N. C. 1989. Natureza e propriedades dos solos. 7 edição. Livraria Freitas Bastos. 878p.
- Brady, N.C.; Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils. 14Ed. New Jersey:Prentice Hall. 965p.
- Canadell, J.G.; Pataki, D.E.; Pitelka, L.F. 2007. Terrestrial Ecosystem in a Changing World. New York: Springer. 336p.
- Cardoso, E.J.B.N.; Tsai, S.M.; Neves, M.C. 1992. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS. 359p.
- Chen, Y.; Avnimelech, Y. 1986. The role of organic matter in modern agriculture. Dordrecht:Martinus Nijhoff publ. 306p.
- Fullen, M.A; Catt, J.A. 2004. Soil management: problems and solutions. London: Arnold. 269p.
- Hayes, M.H.B; Wilson, W.S. 1997. Humic substances in soils, peats and waters - Health and environmental aspects. The Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, 496 pp.
- Kononova, M.M. 1961. SOM: its nature, its role in soil formation and in soil fertility. New York:Pergamon Press. 450p.
- Kumada, K. 1987. Chemistry of soil organic matter. Japan Scientific Societies Press: Elsevier. 241p.
- Magdoff, F.; Weil, R.R. 2004. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. London: CRC Press. 398p.
- Martin Neto, L.; Vaz, C.M.P.; Crestana, S. 2007. Instrumentação avançada em ciência do solo. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 438p.
- Martinelli, L.A.; Howarth, R.W. 2006. Nitrogen cycling in the Americas: natural and anthropogenic influences and controls. Amsterdam: Springer. 274p.
- Melo, V.F.; Alleoni, L.R.F. 2009. Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: SBCS. 685p.
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. 2006. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA. 729p.
- Piccolo, A. 1996. Humic substances in terrestrial ecosystems. New York:Elsevier. 675p.
- Roscoe, R.; Mercante, F.M.; Salton, J.C. 2006. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 304p.
- Santos, G.A; Silva, L.S.; Canellas, L.P.; Camargo, F.A.O. 2008. Fundamentos da material orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre:Metrópole. 636p.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry : genesis, composition, reactions. New York:Wiley. 496p.
- Swift, M.J.; Heal, O.W.; Anderson, J.M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford:Blackwell Sci. publ. 372p.
- Tan, K.H. 1992. Principles of soil chemistry. New York:Marcel Dekker. 362p.
- Tan, K.H. 2003. Humic matter in soil and the environment: principles and controversies. New York: Marcel Dekker. 386p.
- Van Breemen, N.; Buurman, P. 1998. Soil Formation. Dordrecht:Kluwer Academic Publishers. 376p.
- Vaughan, D. 1985. Soil organic matter and biological. Dordrecht :Martinus Nijhoff. 469p.
- Yariv, S., Cross, H. 2002. Organo-clay complexes and interactions. New York: Marcel Dekker. 688p.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação da presente disciplina será composta pelos seguintes itens:

- Aulas sobre MOS e propriedades físicas e químicas (atividade em grupos de estudantes)
- Seminários a serem apresentados pelos estudantes (atividade em grupos de estudantes)
- Exercícios, relatórios e avaliações a serem realizados durante a disciplina (atividade individual)

As aulas sobre MOS e propriedades físicas e químicas serão ministradas no dia **12/4** e os seminários serão apresentados no dia **03/5**. Cada grupo de estudantes terá 30 minutos para a apresentação do tema e mais 15 minutos para discussões com os demais estudantes e docentes da disciplina.

SEMINAL PAPERS IN SOIL ORGANIC MATTER

- Baldock, J.A. and J.O. Skjemstad. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry* 31: 697-710.
- Balesdent, J., Mariotti, A., Guillet, B., 1987. Natural ¹³C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics. *Soil Biology and Biochemistry* 19, 25-30.
- Burdon, J. 2001. Are the traditional concepts of the structures of humic substances realistic? *Soil Science* 166: 752-769.
- Chenu, C., 1989. Influence of a fungal polysaccharide, scleroglucan, on clay microstructures. *Soil Biology & Biochemistry* 21, 299-305.
- Chenu, C., 1993. Clay- or sand-polysaccharides associations as models for the interface between microorganisms and soil: water-related properties and microstructure. *Geoderma* 56, 143-156.
- Cotrufo M.F., Soong J.L., Horton A.J., Campbell E.E., Haddix M.H., Wall D.L., Parton W.J. (2015) Soil organic matter formation from biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geosciences*, doi:10.1038/ngeo2520.
- Fontaine, S., Barot, S., Barré, P., Bdioui, N., Mary, B. and Rumpel, C., 2007. Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature*, 450(7167), p.277.
- Guggenberger G, Zech W, Haumaier L, Christensen BT (1994) Land use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soils. II. CP-MAS 13 and solution C-NMR analysis. *Eur J Soil Sci* 46:147–158
- Hassink, J. (1997). "The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles." *Plant and Soil* 191: 77-87.
- Hedges, J.I. and J.M. Oades. 1997. Comparative organic geochemistries of soils and marine sediments. *Organic Geochemistry* 27: 319-361.
- Hedges, J.I., G. Eglinton, P.G. Hatcher, D.L. Kirchman, C. Arnosti, S. Derenne, et al. 2000. The molecularly-uncharacterized component of nonliving organic matter in natural environments. *Organic Geochemistry* 31: 945-958.
- Jenkinson DS (1966) The priming action. In *The use of isotopes in soil organic matter studies*. Report of the FAO/IAEA Technical Meeting, Brunswick-Voelkenrode, 9-14 Sep 1963. Pergamon Press, Oxford, pp. 199-208.
- Jenkinson DS (1977) Studies on the decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from ¹⁴C-labelled ryegrass decomposing under field conditions. *J Soil Sci* 28:424–434
- Kiem R, Kögel-Knabner I (2003) Contribution of lignin and polysaccharides to the refractory carbon pool as studied in C-depleted arable soils. *Soil Biology & Biochemistry* 35, 101-118.
- Kelleher, B.P. and Simpson, A.J., 2006. Humic substances in soils: are they really chemically distinct?. *Environmental Science & Technology*, 40(15), pp.4605-4611.
- Kogel-Knabner, I. (2002). "The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter." *Soil Biology and Biochemistry* 34: 139-162.
- Kögel-Knabner I, Guggenberger G, Kleber M, Kandeler E, Kalbitz K, Scheu S, Eusterhues K, Leinweber P (2008) Organo-mineral associations in temperate soils: integrating biology,

- mineralogy and organic matter chemistry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171, 61-82.
- Kögel-Knabner I, Hatcher PG, Tegelaar EW, De Leeuw JW (1992) Aliphatic components of forest soil organic matter as determined by solid-state ^{13}C NMR and analytical pyrolysis. *Science of the Total Environment* 113, 89-106.
- Ladd JN, Foster RC, Nannipieri P, Oades JM (1996) Soil structure and biological activity. In: Bollag J-M, Stotzky G (Hrsg) *Soil biochemistry*, vol 9. Dekker, New York, pp 23–78
- Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Dathe, L., Wirrick, S. and Jacobsen, C., 2008. Spatial complexity of soil organic matter forms at nanometre scales. *Nature Geoscience*, 1(4), p.238.
- Oades, J.M. and J.N. Ladd. 1977. Biochemical properties: carbon and nitrogen metabolism. In: Russell J.S. and G. E. L, editors, *Soil Factors in Crop production in a Semi-arid Environment*. University of Queensland Press, St. Lucia, Queensland.
- Oades, J. M. (1984). "Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management." *Plant and Soil* 76: 319-337.
- Oades, J.M. and Waters, A.G., 1991. Aggregate hierarchy in soils. *Soil Research*, 29(6), pp.815-828.
- Oades, J.M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*. 5 35-70.
- Olah G-M, Reisinger O, Kilbertus G (1978) *Biodégradation et humification*. Atlas ultrastructural. Presses de l'université Laval, Quebec
- Piccolo, A. 2001. The supramolecular structure of humic substances. *Soil Science* 166: 810-832.
- Pronk GJ, Heister K, Ding G-C, Smalla K, Kögel-Knabner I (2012) Development of biogeochemical interfaces in an artificial soil incubation experiment; aggregation and formation of organo-mineral associations. *Geoderma* 189-190, 585-594.
- Puget, P., Chenu, C., Balesdent, J., 1995. Total and young organic carbon distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European Journal of Soil Science* 46, 449-459
- Six, J., et al. (2002). "Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils." *Plant and Soil* 241: 155-176.
- Sollins, P., P. Homann and B.A. Caldwell. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: Mechanisms and controls. *Geoderma* 74: 65-105.
- Tisdall JM, Oades JM (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33, 141–163.
- Torn, M.S., Trumbore, S.E., Chadwick, O.A., Vitousek, P.M. and Hendricks, D.M., 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. *Nature*, 389(6647), p.170.
- Vogel C, Mueller CW, Höschen C, Buegger F, Heister K, Schulz S, Schloter M, Kögel-Knabner I (2014) Submicron structures provide preferential spots for carbon and nitrogen sequestration in soils. *Nature Communications*, 5:2947 | DOI: 10.1038/ncomms3947.
- Waksman SA (1938) *Humus: origin, chemical composition and importance to nature*. Baillière, Tindall & Cox, London

REVIEWS AND PERSPECTIVES ON SOIL ORGANIC MATTER:

- Christensen, B.T., 1992. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. In *Advances in soil science* (pp. 1-90). Springer, New York, NY.

- Christensen BT (2001) Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *Eur J Soil Sci* 52, 345–353
- Cotrufo M.F., Wallenstein M.D., Boot C., Deneff K., Paul E., (2013) The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: Do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Opinion. Global Change Biology* 19:988-995.
- Davidson, E.A. and Janssens, I.A., 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(7081), p.165.
- Janzen, H.H., 2006. The soil carbon dilemma: Shall we hoard it or use it?. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3), pp.419-424.
- Kleber, M., Eusterhues, K., Keiluweit, M., Mikutta, C., Mikutta, R. and Nico, P.S., 2015. Mineral–organic associations: formation, properties, and relevance in soil environments. In *Advances in agronomy* (Vol. 130, pp. 1-140). Academic Press.
- Lehmann, J. and Kleber, M., 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528(7580), p.60.
- Schmidt, M.W., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I.A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A. and Nannipieri, P., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478(7367), p.49.
- Sutton, R. and G. Sposito. 2005. Molecular structure in soil humic substances: The new view. *Environmental Science & Technology* 39: 9009-9015.
- Tisdall, J.M. and Oades, J., 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of soil science*, 33(2), pp.141-163.
- von Lützow, M., I. Kögel-Knabner, K. Ekschmitt, E. Matzner, G. Guggenberger, B. Marschner, et al. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions - A review. *Eur. J. Soil Sci.* 57: 426-445.
- Wershaw, R.L. 2000. The Study of Humic Substances - In Search of a Paradigm. In: E. A. Ghabbour and G. Davies, editors, *Humic Substances Versatile Components of Plants, Soil and Water*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. p. 1-9.

Programa da disciplina LSN 5897 - Matéria Orgânica do Solo (2019)

- 15/3 - Apresentação geral da disciplina
- *MOS e seus constituintes*
 - Seleção para os temas das aulas e dos seminários a serem apresentados pelos estudantes
-

- 22/3 - *Organismos do solo*
- *Decomposição da MOS*
 - *Gases do solo (Sala 6, Central de Aulas do CENA)*
-

- 29/3 - *Determinação do C do solo*
- *Distribuição do C do solo*
 - *Cálculo dos estoques de C*
-

- 05/4 - *Sequestro de C no solo*
- *Uso de Isótopos em estudos de MOS*
-

- 12/4 Aulas, ministradas pelos estudantes, sobre MOS e propriedades físicas e químicas
- Conceitos e definições*
 - Aplicações*
-

- 19/4 Não haverá aula (Semana Santa)
-

- 26/4 - Substâncias húmicas
- Fracionamento físico e químico da MOS
-

- 03/5 - Apresentações dos Seminários pelos estudantes
-

- 10/5 - Visita EMBRAPA São Carlos (Saída as 07:00h e retorno previsto para o meio da tarde)
-

- 17/5 - Estudos de caso
-