

FUNÇÕES INTEGRADAS DA MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO: ASPECTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS

Jailson Mauricio Pinto, Jamilly Vitória Menegueli Alves, Bianca Callegari Freitas, Gustavo da Silva Tavares, Thayssa Angeli Oliveira, Fábio Ramos Alves.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, S/N, Guararema, Alegre/ES, 29500-000
jailsonecop@hotmail.com, jamillyorlando@gmail.com, jailsonecop@hotmail.com,
bianca.callegarifreitas@outlook.com, Gs710667@gmail.com, thayssa.angeli2020@gmail
fabio.alve@ufes.br,.

Resumo

A matéria orgânica no solo desempenha funções determinantes que podem ser categorizados em funções químicas, físicas e biológicas. Quimicamente, atua como reservatório de nutrientes essenciais, como nitrogênio e fósforo, além de complexar metais pesados, mitigando sua toxicidade. Fisicamente, melhora a estrutura do solo ao promover a agregação e a porosidade, contribuindo para a infiltração de água e reduzindo a erosão. Biologicamente, serve como fonte de energia para microrganismos, fomentando a biodiversidade do solo e facilitando a ciclagem de nutrientes entre a matéria orgânica, o solo e as plantas. Esta revisão teve como objetivo evidenciar as interações complexas entre a matéria orgânica e o solo, enfatizando sua importância na sustentabilidade agrícola e na conservação ambiental.

Palavras-chave: Agroecologia, Sustentabilidade, biodiversidade do solo.

Área do Conhecimento: ENGENHARIA AGRONÔMICA - Agroecologia

Introdução

O solo é a camada mais fina e superficial da crosta terrestre, formado por diferentes tipos de rochas, sendo essencial para a produção de alimentos e para o cultivo de plantas que fornecem matéria-prima para a fabricação de móveis, roupas e diversos outros produtos utilizados pela humanidade (Jordan, 1978).

A rocha matriz, formada por agregados minerais, estando expostas as ações do ambiente sofre o intemperismo, se fragmenta, formando sedimentos que se transformam em solo. O processo de intemperismo pode ser biológico, físico ou químico, por meio de partículas minerais e orgânicas que são depositadas em camadas, chamadas de horizontes. Esse intemperismo ocorre através da ação das chuvas, ventos, temperatura, e dos seres vivos, como fungos, minhocas, bactérias, formigas e ações antrópicas que desgastam o relevo (Brady e Weil, 2013).

O processo múltiplo de transformação modifica os constituintes do solo, tanto físico quanto químico e a translocação envolve a movimentação de materiais orgânicos ou inorgânicos dentro do perfil do solo. Já o processo conhecido como adição refere-se à entrada de materiais provenientes de fontes externas ao solo, enquanto perda é caracterizado pela remoção de partículas, por meio da erosão, ou de cátions, por meio da lixiviação (Brady e Weil, 2013).

Além dos minerais, compostos de matéria orgânica advinda dos vegetais são incorporados ao solo através de resíduos de folhas ou raízes, e sua subsequente decomposição ocorre pela atividade de formigas, minhocas e microrganismos, que desempenham múltiplos papéis nesse ecossistema. Esses processos influenciam na agregação de partículas, no escurecimento do horizonte superficial,

na melhoria da infiltração da água para redução da erosão, e na retenção de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (Pavinato e Resolem, 2008).

O estudo do solo é, portanto, fundamental devido à sua importância na produção de alimentos para as sociedades e para a sustentação dos vegetais (Lepsch, 2002). Segundo os autores, o solo é o sustentáculo da vida e todos os organismos terrestres dependem direta ou indiretamente dele, constituindo a base para o desenvolvimento e manutenção de habitats vegetais e animais e para o desenvolvimento humano.

Considerando a importância da litosfera e a abrangência do triângulo formado pela composição química, física e biológica da matéria orgânica do solo, a fim de compreender as propriedades debeladas a diferentes práticas de uso e manejo, este artigo tem o objetivo de reunir informações a respeito da composição e importância da matéria orgânica no solo, explorando suas funções e impactos tanto no contexto agrícola quanto ambiental.

Metodologia

Para a confecção do presente artigo, foram realizadas pesquisas nas bases de dados bibliográficos nas seguintes plataformas: Scopus, Web of Science, Google Scholar e SciELO.

Para organização das seções do artigo, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre as interações complexas entre a matéria orgânica e o solo, enfatizando sua importância na sustentabilidade agrícola e na conservação ambiental, com foco na acuidade dos compostos da matéria orgânica, compreendendo componentes químicos, físicos e biológicos.

Para a pesquisa foram realizadas buscas por palavras-chave e termos relacionados ao tema, e, indexados nas principais bases de dados científicos.

Por fim, o artigo segue a estrutura padrão, com seções de introdução, metodologia, resultados, discussão e conclusões.

Resultados

Através das pesquisas realizadas, infere-se que, todos os derivados de materiais vegetais e animais que se incorporam ao solo ou são dispostos em sua superfície, seja na forma viva ou em diferentes estágios de decomposição, formam a matéria orgânica do solo, excluindo a parte aérea das plantas (Lal, 2016). No solo, a matéria orgânica vem de resíduos vegetais, animais e microbianos, e desempenha funções primordiais na fertilidade e sustentabilidade.

Essas partículas orgânicas derivam de plantas mortas, animais e microrganismos que foram decompostos em variados graus. As cargas superficiais negativas dessas partículas orgânicas resultam da dissociação de íons hidrogênio de grupos ácidos carboxílicos e fenólicos presentes nesses materiais. A maioria dos solos são compostos por agregados de partículas orgânicas e inorgânicas (Taiz et al., 2017).

Portanto, os níveis de matéria orgânica no solo são influenciados pelo equilíbrio entre a deposição de resíduos orgânicos e sua decomposição. Em sistemas como o plantio direto e pastagens, onde há alta produção e deposição de biomassa vegetal, observa-se um aumento no acúmulo de matéria orgânica. No Brasil, os teores de matéria orgânica nos solos geralmente variam entre 2,5% e 5%, e seu incremento requer anos de manejo e planejamento adequados (Neto et al., 2001).

Discussão

O processo de formação de matéria orgânica no solo depende da flora e da fauna que habitam ou vivem dentro dele. As atividades humanas, especialmente a agricultura, tendem a alterar o teor de matéria orgânica, o que, por sua vez, afeta outras propriedades do solo. Uma parte significativa da matéria orgânica do solo é composta por raízes e microrganismos (Guerra, 2013). Segundo os autores, os minerais também desempenham impactos na formação do húmus, uma vez que as interações químicas entre o húmus e as substâncias minerais resultam na formação do complexo conhecido como húmus-argila.

A matéria orgânica é constituída por compostos ou materiais orgânicos que contêm carbono em sua estrutura, localizados na superfície ou incorporados ao solo em diferentes estágios de decomposição. Esses compostos incluem restos de animais, folhas, raízes, resíduos vegetais e

organismos vivos como bactérias e fungos presentes no solo. A decomposição desses materiais orgânicos resulta na formação de húmus, um produto extremamente benéfico ao solo que melhora suas características físicas, químicas e biológicas, fornecendo nutrientes e aumentando seu potencial produtivo. Esse processo de formação de húmus é chamado de humificação, e a matéria orgânica serve como um indicador de fertilidade do solo na maioria dos casos (Neto et al., 2001).

Segundo Cardoso et al., (2013), indicadores químicos como o pH do solo, a capacidade de troca catiônica, a matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes são fundamentais para avaliar a qualidade do solo e sua capacidade de fornecer nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Esses indicadores desempenham um papel fundamental na avaliação da capacidade do solo de sustentar os biomas, através da ciclagem de nutrientes. Além disso, estão diretamente associados ao rendimento das culturas, possibilitando a análise e a implementação de medidas corretivas, como adubações e calagens, para garantir as condições ideais de produção.

A presença de matéria orgânica no solo melhora sua estrutura ao promover a formação de agregados estáveis, fundamentais para a aeração e infiltração de água. Isso resulta em maior capacidade de armazenamento hídrico e redução da erosão. Os indicadores físicos utilizados para avaliar a qualidade do solo incluem textura, estrutura, porosidade, densidade, condutividade hidráulica, resistência à penetração, taxa de infiltração de água e porosidade (Stefanoski et al., 2013; Cherubin et al., 2016).

O manejo do solo pode modificar sua densidade e porosidade, influenciando diretamente na condutividade hidráulica e na infiltração de água, o que pode resultar em aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, erosão. A textura do solo é uma propriedade fundamental na classificação pedogenética e tem o potencial de afetar outras propriedades como densidade, porosidade e condutividade hidráulica saturada. No entanto, não é um indicador recomendado para comparações, pois não sofre alterações significativas com o manejo (Stefanoski et al., 2013; Cherubin et al., 2016).

Segundo Pankhurst & Lynch, (1994), no ambiente do solo, a matéria orgânica serve como alimento e habitat para uma diversidade de microrganismos. A decomposição da matéria orgânica alimenta a ciclagem de substâncias, influenciando diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na saúde geral do solo.

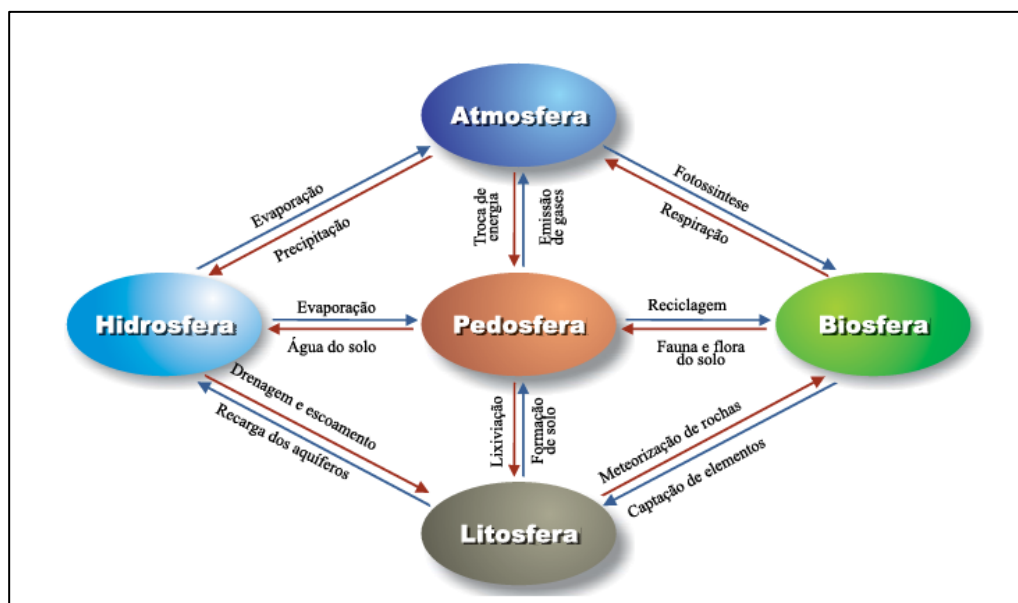
Do ponto de vista biológico, o solo representa um ecossistema diversificado onde ocorre interação entre as raízes das plantas e microrganismos que desempenham funções fundamentais na liberação (mineralização) de nutrientes a partir de fontes orgânicas, tornando esses nutrientes diretamente disponíveis para as plantas. Em certas condições do solo, microrganismos de vida livre competem com as plantas pela absorção de nutrientes minerais. Por outro lado, microrganismos especializados como fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio podem estabelecer simbioses com as plantas, resultando em benefícios mútuos (Taiz, et al., 2017).

Nesse viés, é crucial para os agricultores considerarem a diversificação das espécies usadas como adubos verdes. Isso ocorre porque a utilização de uma única espécie vegetal pode resultar nos mesmos problemas associados à monocultura, especialmente no que se refere ao surgimento de pragas e doenças (Espíndola; Guerra; Almeida, 1997).

O artigo “solo, da origem da vida ao alicerce das civilizações: uso, manejo e gestão”, traz à tona a interligação entre a pedosfera com a biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera (Pérez et al., 2016)

Figura 1. Processos interativos do relacionamento da pedosfera com a biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera. Fonte: adaptado de Lal et al. (1998).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



Fonte: Autores

Práticas agrícolas sustentáveis, como o manejo integrado de nutrientes e o uso de adubos orgânicos, são fundamentais para preservar e aumentar a matéria orgânica nos solos. Isso não apenas promove a produtividade agrícola, mas também contribui para a mitigação das mudanças climáticas e conservação dos recursos naturais. A adubação verde é uma prática que visa manter a fertilidade do solo e contribuir para o aumento da produtividade agrícola. No entanto, seus benefícios não são imediatos, pois a adição de matéria orgânica ao solo mostra-se mais significativa a médio e longo prazo.

Além disso, essa técnica deve ser avaliada considerando as vantagens adicionais como a fixação biológica de nitrogênio, bem como a proteção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. (Espíndola; Guerra; Almeida, 1997).

Portanto, práticas que promovem a atividade biológica do solo, como a adubação orgânica (esterco, compostos, biofertilizantes), adubação verde, cobertura morta, aplicação de bactérias fixadoras de nitrogênio como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Acetobacter* e biomineralização (utilização de pós de rocha como calcários calcítico e dolomítico), são amplamente adotadas na agricultura orgânica. (Costa, et al. 2022).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) é um processo em que bactérias diazotróficas convertem o N_2 da atmosfera, que é inacessível para as plantas, em uma forma utilizável. Essas bactérias podem habitar livremente o solo, associar-se aos tecidos vegetais ou estabelecer simbiose com as raízes das plantas, formando nódulos onde a enzima nitrogenase realiza esse processo. Desde os estudos pioneiros da Dra. Johanna Döbereiner (1924-2000) na década de 60, a Embrapa tem realizado pesquisas sobre FBN em culturas como soja, feijão, caupi, milho, trigo e braquiárias. Atualmente, a soja é totalmente independente de fertilizantes nitrogenados, e o objetivo é estender essa independência para outras commodities agrícolas (Costa, et al. 2022).

Conclusão

A produtividade das culturas agrícolas está diretamente ligada à qualidade do solo. A matéria orgânica desempenha múltiplas funções para a saúde e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres. Avançar no entendimento de suas funções químicas, físicas e biológicas é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo agrícola e conservação ambiental.

Considerando todas essas informações, torna-se evidente a enorme importância da matéria orgânica e o quão benéficos são seus atributos e propriedades na construção da fertilidade agrícola. Além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas, a matéria orgânica favorece o desenvolvimento e crescimento das plantas, resultando em maior produtividade, qualidade e rentabilidade para o produtor. Além disso, ela promove maior sustentabilidade no cultivo, prevenindo erosões e compactações. Estratégias de manejo e adubação que aumentem os teores de matéria

orgânica no solo são frequentemente uma excelente opção para agricultores que buscam aumentar a produção com qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A S F e MONTEIRO, Regina Teresa Rosim. **Indicadores biológicos de qualidade do solo**. Bioscience Journal, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007Tradução. Acesso em: 07 ago. 2024.

BRADY, N.C; WEIL, R.R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. 3ª ed. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. Editora Bookman, Porto Alegre, RS, 2013. 685 p

CARDOSO, Elke Jurandy Bran Nogueira et al. Review: Soil health - **looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health?** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 70, n. 4, p. 317-324, ago. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>.

CHERUBIN Mr. et al. **Amostragem de solo na agricultura de precisão**. Agricultura de precisão no Rio Grande do Sul. CESPOL, p.79-98. 2016.

COSTA, Magna Maria Macedo Nunes; BARROS, Maria Auxiliadora Lemos; FREIRE, Rosa Maria Mendes. **Sistemas Agroecológicos: Escolas da Linha Agroecológica**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2022.

CUNHA, Eurâimi de. et al. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.1, p.56–63, 2012.

DELARMELINDA, Elaine Almeida. et al. **Adubação verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO**. ACTA Amazônica v. 40, p. 625 – 628, 2010.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; FRANCO, A.A. Adubação verde: Parâmetros para avaliação de sua eficiência. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O., eds. **Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas**. Londrina: IAPAR/SBCS, 1996. p.225-242.

DORAN, John W.; PARKIN, Timothy B. Qualidade biológica do solo. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (SSSA Special Publications). DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 42).

FRASER, P.M. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil macrofauna. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., eds. **Soil Biota: Management in sustainable farming systems**. Victoria: CSIRO, 1994. p.125-132.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 149-210.

JORDAN, T. H. Composition and development of the continental tectosphere. Nature, v. 274, p. 544-548, 1978.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS,R.F.; SCHUMAN, G.E. **Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation**. Soil Science Society America Journal, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R. Pedospheric processes and the carbon cycle. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. (Ed.). *Soil processes and the carbon cycle*. Boca Raton: CRC Press, 1998. p.1- 8.

LAL, Rattan (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1081/e-ess3>.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

PAVINATO, P.S.; RESOLEM, C.A. **Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 3, p. 911-920. 2008.

PEREIRA, Dercio Ceri et al. **Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas**. Varia Scientia Agrárias, v. 03, n. 02, p. 159-174, 2013.

PEREIRA, Marcos Gervasio et al. Formação, Classificação e Cartografia dos Solos. In: FONTANA, Ademir (Ed.). Formação e Caracterização de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202369/1/Formacao-e-caracterizacao-de-solos-2019.pdf>.

PÉREZ, Daniel Vidal; BREFIN, Maria de Lourdes Mendonça; POLIDORO, José Carlos. Solo, da origem da vida ao alicerce das civilizações: uso, manejo e gestão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, n. 9, p. i-iv, set. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X201600090000i&lng=pt&nrm=iso. DOI: 10.1590/S0100-204X201600090000i.

REDIN, Marciel. et al. **IMPACTOS DA QUEIMA SOBRE ATRIBUTOS QUÍMICOS, FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 381-392, abr.-jun., 2011

SANTOS, Humberto Gonçalves dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

STEFANOSKI, S. et al. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p. ISBN 978-85-8271-366-2.

Agradecimentos

Os articulistas deste estudo agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo pelo fornecimento do ensino de qualidade; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pela concessão de bolsa de iniciação científica, mestrado e doutorado.