

## INDICADORES FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO CULTIVADO COM SOJA ORGÂNICA NO CERRADO

**NARLA COSTA OLIVEIRA SABINO<sup>1</sup>; SARAH MELO DOS SANTOS<sup>2</sup>; MATHEUS BATISTA SABINO<sup>1</sup>; JOSUÉ GOMES DELMOND<sup>3</sup>; PATRÍCIA COSTA SILVA<sup>4</sup> E ADRIANA RODOLFO DA COSTA<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste, Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás; Brasil, E-mail: [narlacostaoliveira2017@gmail.com](mailto:narlacostaoliveira2017@gmail.com); [matheusbatistasabino@gmail.com](mailto:matheusbatistasabino@gmail.com); ORCID: (0009-0005-0780-3281; 0009-0008-1637-7538)

<sup>2</sup> Departamento de Bionergia e Grãos, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde; Brasil, E-mail: [santos\\_sarahmelo@hotmail.com](mailto:santos_sarahmelo@hotmail.com); ORCID: (0009-0003-1602-1076)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Central; Brasil, E-mail: [josue.delmond@ueg.br](mailto:josue.delmond@ueg.br); ORCID: (0000-0002-1099-9204)

<sup>4</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Sudoeste, sede Quirinópolis; Brasil, E-mail: [patricia.costa@ueg.br](mailto:patricia.costa@ueg.br), [adriana.costa@ueg.br](mailto:adriana.costa@ueg.br); ORCID: (0000-0002-8894-1512; 0000-0002-0263-3309)

### 1 RESUMO

A qualidade de um solo envolve aspectos biológicos, químicos e físicos, que se aplicam para a avaliação da degradação ou melhorias em suas capacidades funcionais de manutenção dos sistemas agrícolas, incluindo sistemas de produção orgânica. O objetivo desta pesquisa foi avaliar as propriedades físico-hídricas do solo em cultivo orgânico de soja no sudoeste goiano. O estudo foi realizado na Fazenda Panorama, no município de Santa Helena de Goiás. Considerou-se cinco áreas (quatro áreas sob cultivo orgânico e uma área de vegetação nativa). As amostras de solo foram coletadas na safra 2022/23, na fase de colheita da soja, nas camadas de solo de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm. O solo sob cultivo orgânico acerca do indicador porosidade total sofreu nenhuma ou pouca alteração devido ao revolvimento ou tráfego de máquinas. O cultivo orgânico na área em que a braquiária permaneceu por mais tempo no esquema de rotação de culturas (SO1) apresentou vantagens quanto a redução da densidade do solo, tornando-a semelhante às demais áreas de referência, vegetação nativa e pastagem consolidada, associado a um aumento do teor de carbono orgânico do solo.

**Keywords:** densidade do solo, carbono orgânico do solo, braquiária

**SABINO, N. O. C.; SANTOS, S. M. DOS; SABINO, M. B.; DELMOND, J. G.; SILVA, P. C.; COSTA, A. R.**

**PHYSICAL-HYDRIC INDICATORS OF SOIL CULTIVATED WITH ORGANIC SOYBEANS IN THE CERRADO**

### 2 ABSTRACT

Soil quality involves biological, chemical, and physical aspects, which are applied to the evaluation of degradation or improvements in its functional capacity for maintaining agricultural systems, including organic production systems. The objective of this research was to evaluate the physical-hydric properties of soil under organic soybean cultivation in

southwestern Goiás. The study was conducted at Fazenda Panorama, in the municipality of Santa Helena de Goiás. Five areas were considered (four areas under organic cultivation and one area of native vegetation). Soil samples were collected during the 2023/24 growing season, at the soybean harvest stage, in the 0 to 10, 10 to 20, and 20 to 30 cm soil layers. The soil under organic cultivation showed little or no alteration in terms of total porosity because of tillage or machine traffic. Organic farming in the area where brachiaria grass remained for the longest time in the crop rotation scheme (SO1) showed advantages in terms of reducing soil density, making it similar to the other reference areas, native vegetation and consolidated pasture, associated with an increase in the soil organic carbon content.

**Keywords:** soil density, soil organic carbon, brachiaria

### 3 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas apresentam-se como um fenômeno capaz de gerar impactos muitas vezes irreversíveis especialmente nos recursos naturais, especialmente sob influências antrópicas (Wu *et al.*, 2020). Sendo a crise hídrica um desafio em função dos efeitos que é capaz de causar a inúmeros sistemas, seja ele natural, urbano ou agrícola, e já demonstra um colapso na disponibilidade de água para inúmeras regiões do mundo (D'Odorico *et al.*, 2020). A agricultura é uma atividade econômica dependente do clima e da disponibilidade hídrica, e por isso, mais afetada no contexto da crise hídrica (Pereira; Rodriguez, 2022), devido a períodos de estiagem prolongados recorrentes, tem gerado consequências negativas em relação a produção de muitas culturas agrícolas e reflexos na qualidade de vida da população. A busca por estratégias que visem a redução de impactos causados pela crise hídrica é um elemento crucial para o fortalecimento do setor agropecuário neste cenário de mudanças climáticas.

Salton, Morais e Lohmann (2021) sugerem como práticas de manejo que favorecem o enfrentamento direto ou indireto da crise hídrica na produção agrícola, a utilização de variedades tolerantes ao déficit hídrico, manejo conservacionista do solo e da água, uso de plantas de cobertura, de irrigação e adoção

da adubação verde, por exemplo. Sendo assim, o sistema de cultivo orgânico tem embasamento no equilíbrio ecológico, em que favorece a fertilidade do solo e os ciclos biológicos e isso possibilita além de boa qualidade na produção de alimentos, alinhamento com a conservação dos recursos naturais, como solo e água (Ifoam, 2009).

Com a ausência da utilização de agrotóxicos, a agricultura orgânica, está em ascensão por englobar questões econômicas, ambientais e sociais em sua proposta de manejo (Oliveira; Bertolini, 2022; Pugliesi *et al.*, 2021). Além de defender o direito à saúde e à vida de consumidores e de produtores, a agricultura orgânica é uma prática de economia solidária, considerando que os pequenos produtores acabam contribuindo para sua independência. Somando a isto, acaba trazendo aspectos importantes como a preservação ambiental, sustentabilidade, respeito aos saberes locais e não desperdiçando alimentos e recursos (Soares *et al.*, 2021).

Ultimamente tem-se notado grande interesse em se avaliar a qualidade física do solo nos mais diferentes sistemas produtivos, isso se deve ao fato de considerá-la como um componente fundamental na manutenção da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Sendo esta resultante de fatores intrínsecos e extrínsecos ao solo (Schossler

*et al.*, 2018). De acordo com Topp *et al.* (1997) e Xiao *et al.* (2024) os atributos mais amplamente utilizados como indicadores de qualidade físico-hídricas do solo são aqueles que levam em conta a profundidade efetiva de enraizamento; a porosidade total e a distribuição e tamanho dos poros; a distribuição do tamanho das partículas; a densidade do solo; a resistência do solo à penetração das raízes; o intervalo hídrico ótimo; o índice de compressão e a estabilidade dos agregados. Para Evanylo *et al.* (2008) solos que foram submetidos a cultivo orgânico mostram melhores condições físicas do solo para produções subsequentes.

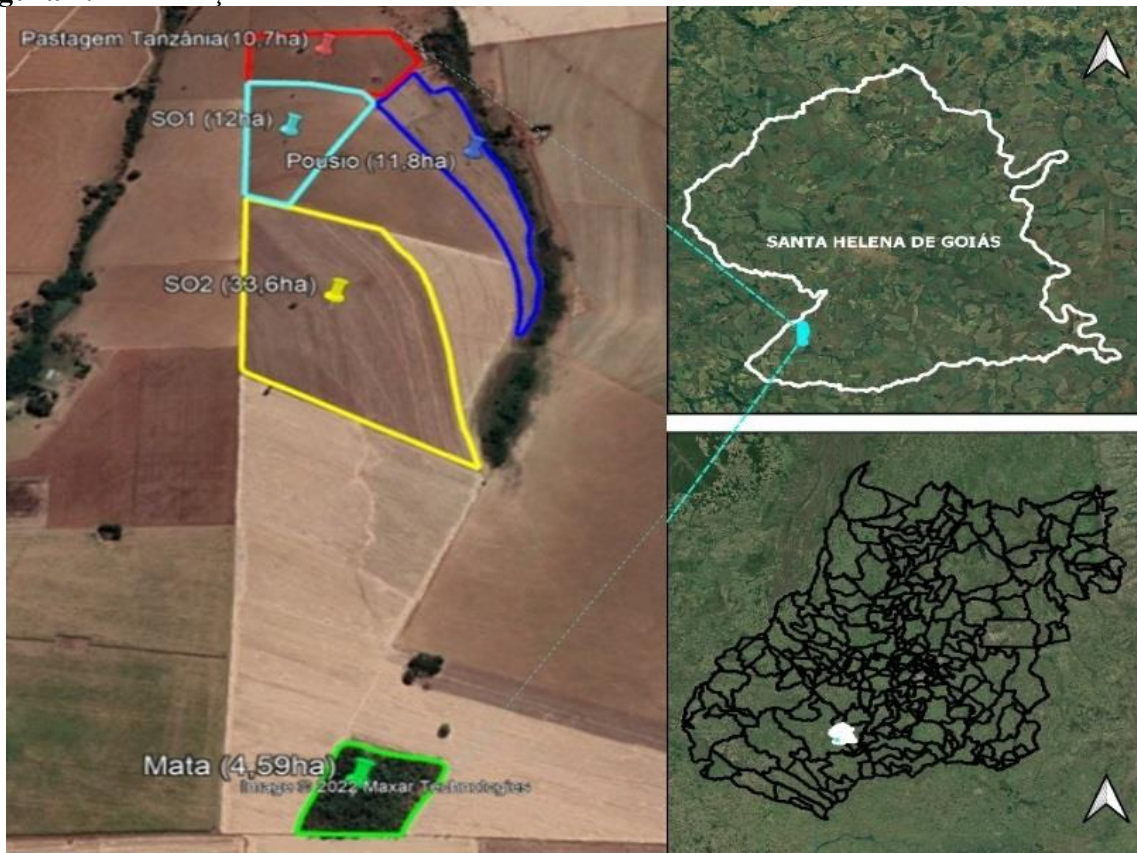
Diante disso, poucos estudos avaliaram os efeitos dos sistemas de cultivo na qualidade físico-hídrica dos solos sob cultivo de soja orgânica, principalmente no Cerrado, e na maior região produtora de soja no estado de Goiás, a região Sudoeste.

Assim, este estudo avaliou as propriedades físico-hídricas de Latossolo Vermelho distrófico em diferentes esquemas de rotação no cultivo de soja orgânica.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Santa Helena de Goiás, Fazenda Panorâmica, localizada a 17° 54'22" S e 50° 39'56" W, com 625 metros de altitude, na região Sudoeste de Goiás (Figura 1). A região tem clima classificado como Aw (Alvares *et al.*, 2013), cuja precipitação anual está distribuída em duas estações bem definidas: estação seca ou inverno (maio-outubro) e chuvosa ou verão (novembro-abril). O solo da região é um Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa (Santos *et al.*, 2025).

**Figura 1.** Localização da área de estudo.



Fonte: (Autores, 2025)

As avaliações foram realizadas em cinco áreas de cultivo na safra (três áreas sob cultivo orgânico de grãos; uma área de pastagem já consolidada; uma área de vegetação nativa) e três camadas de solo (0-10; 10-20 e 20-30 cm) em esquema de parcelas subdivididas no espaço. As amostragens de solo ocorreram na fase de colheita da soja, no estágio reprodutivo R8 e R9, na safra

agrícola 2023/2024 (semeadura em novembro de 2023), em cada área foram amostrados 5 pontos, perfazendo 15 amostras por área. O histórico de uso agropecuário para cada área de estudo está apresentado no Tabela 1. As áreas sob cultivo orgânico estão sob este manejo desde 2018, quando foram certificadas.

**Tabela 1.** Histórico de uso das áreas sob cultivo orgânico.

Áreas sob cultivo orgânico	<p><b>SO1 (sistema orgânico 1):</b> em 2018 foi aplicado calcário e realizado consórcio de milho mais braquiária, seguido de braquiária em 2019 e 2020, e plantio da soja (BRS 511) no verão de 2021. Em 2022 ficou em pousio, e na safra 2023/24 cultivou-se soja (Localização: 17° 54' 25" S e 50° 39' 59" W).</p> <p><b>SO2 (sistema orgânico 2):</b> em 2018 foi aplicado calcário e plantio de braquiária em 2019 e 2020, seguido do plantio de soja e milho safrinha de 2020, e no verão de 2021 plantou-se soja (BRS 511). Em 2022 foi cultivado sorgo granífero e na safra 2023/24 cultivou-se soja. (Localização: 17° 54' 48" S e 50° 39' 55" W).</p> <p><b>Pousio:</b> em 2018 aplicou-se pó de rocha com microrganismos. Na safra 2019/20 realizou-se gradagens e passadas de cultivador para o controle de plantas daninhas, para o cultivo da soja no verão de 2021 e 2022, ficando em pousio na safra 2023/24. (Localização: 17° 54' 30" S e 50° 39' 42" W).</p> <p><b>Pastagem (Tanz):</b> foi aplicado calcário, esterco e pó de rocha em 2018, e na safra 2021/2022 realizou-se aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos na área de pastagens instalada em 2008. (Localização: 17° 54' 15" S e 50° 39' 56" W)</p> <p>Vegetação Nativa (VN): área de mata nativa utilizada como referência. (Localização: 17° 55' 33" S e 50° 39' 54" W)</p>
----------------------------	--

Fonte: Autores (2025)

Para avaliação da qualidade físico-hídrica do solo foram avaliados os seguintes indicadores: 1- densidade do solo (Ds); 2- volume percentual de microporos (Micro) e macroporos (Macro) 3- porosidade total (PT); 4- carbono orgânico total no solo (COT), conforme metodologias descritas por Teixeira *et al.* (2017). Para a análise estatística dos dados considerou-se as áreas como parcelas e as subparcelas as camadas de solo amostradas. Os dados foram submetidos a análise de variância associado ao teste de F a 5% de probabilidade. Se significativo realizou a

comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

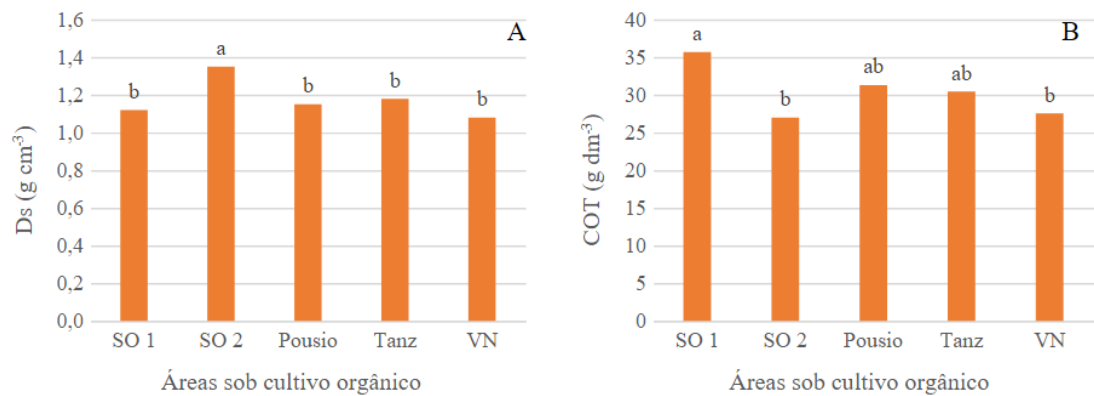
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o indicador densidade do solo apenas uma das áreas de soja orgânica, SO2, se diferiu das demais a 5% de probabilidade, apresentando-se como um solo mais denso (Figura 2A). Isso se deve ao fato de que na área possivelmente foi com-

pactada por maquinários agrícolas (Lima *et al.*, 2012), tendo-se em vista o preparo convencional nas áreas de cultivos de grãos, associadas a palhada de milho a qual é menos densa quando comparada a palhada de braquiária que está presente na área de SO1. Silva *et al.* (2026) avaliaram a Ds em áreas sob diferentes ciclos de cana-de-açúcar na

região de Quirinópolis-GO, e observaram valores superiores a  $1,8 \text{ g dm}^{-3}$  em terceiro corte, o que foi atribuída pelos autores ao tráfego de máquinas e implementos agrícolas, bem como a intensa oxidação da matéria orgânica nos primeiros anos de cultivo.

**Figura 2.** Densidade do solo (Ds) (A) e carbono orgânico total do solo (COT) (B) sob sistemas orgânicos de cultivo, em Santa Helena de Goiás, na safra 2023/2024.



\*médias seguidas de mesma letra entre as colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. SO1: sistema orgânico 1; SO2: sistema orgânico 2; Tanz: pastagem consolidada de Tanzânia; VN: vegetação nativa.

Fonte: (Autores, 2025)

O COT se diferiu entre as áreas de cultivo orgânico, apresentando maior teor no SO1, com o valor próximo a  $35 \text{ g dm}^{-3}$  (Figura 2B), isso pode ser explicado pelo fato de, desde 2018, a área ter sido semeada com braquiária, pois, quando em cobertura do solo há a adição de matéria orgânica. As gramíneas por serem plantas C4 contribuem para elevar e manter os teores de matéria orgânica e consequentemente de carbono orgânico no solo uma vez que seu sistema radicular confere um elevado aporte de carbono em subsuperfície contribuindo para estabilização deste e aumento do seu teor na fração mais recalcitrante do solo (Barreto *et al.* 2008). Associado a isto tem-se que a braquiária é uma gramínea de alta relação carbono:nitrogênio, o que confere uma taxa de decomposição mais lenta de seus resíduos, assemelhando-se a área de vegetação nativa. Nesta área, as propriedades do solo

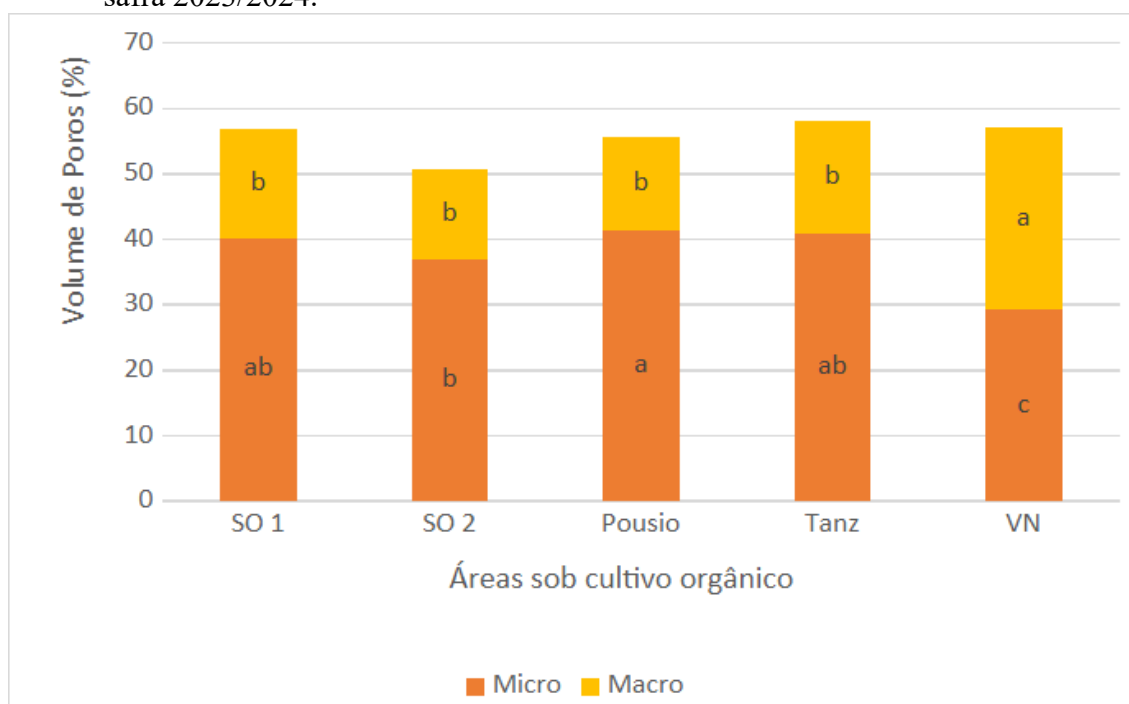
são menos afetadas devido ao maior acúmulo de resíduos vegetais diversos na superfície do solo e de carbono orgânico nas camadas superficiais, bem como à menor perturbação antropogênica, conforme relatado por Castioni *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2026).

Na área de pousio, o COT foi cerca de  $30 \text{ g dm}^{-3}$  a mesma não diferiu da área SO1, e ao mesmo tempo não diferiu da área sob pastagem Tanzânia, um dos motivos pode ser porque esta área está com pastagem implantada no local desde 2008, modificando a área, se comparado com o Pousio que esteve com pastagem apenas na última safra. De acordo com Santos *et al.* (2024) quando se adota pastagens em áreas degradadas espera-se ter melhorias nas propriedades e serviços ecossistêmicos do solo, pois, a presença de resíduos vegetais e raízes da pastagem, pode aumentar os teores

de carbono, e com isso, aprimorar as condições de aeração e capacidade de infiltração de água, pois gramíneas, como a braquiária, apresentam um sistema radicular extenso e renovado constantemente. Na área de referência VN o COT apresentou média de 26 g dm<sup>-3</sup>, sendo inferior à área de SO1 (Figura 3B), o que reforça a capacidade do sistema orgânico de cultivo estocar carbono no solo em função do manejo adotado.

Observa-se nesta pesquisa que aumento de densidade do solo nas áreas de estudo promoveu alterações nas propriedades relacionadas à aeração do solo, como volume percentual de macroporos (Macro), microporos (Micro) e porosidade total (PT), conforme observa-se na Figura 3. Resultados que corroboram com os apresentados por Silva *et al.* (2026).

**Figura 3.** Volume de percentual de microporos (Micro), macroporos (Macro) e porosidade total (PT\*\*) de solo sob sistemas orgânicos de cultivo, em Santa Helena de Goiás, na safra 2023/2024.



\*médias seguidas de mesma letra entre as colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. SO1: sistema orgânico 1; SO2: sistema orgânico 2; Tanz: pastagem consolidada de Tanzânia; VN: vegetação nativa. \*\*PT: porosidade total = somatório do volume percentual de macro e microporos.

Fonte: (Autores, 2025)

Os valores de Micro variaram de 29,26 a 41,35%, em que o menor valor desta propriedade ocorreu na área de referência (vegetação nativa) e o maior valor foi observado na área de pousio (Tabela 1). Todas as áreas tiveram valores diferentes quando comparadas a área de pousio. Observa-se que a área de pousio tende a possuir um reservatório de água superior em comparação às demais áreas, devido à maior presença de

microporos, os quais desempenham papel fundamental no armazenamento de água no solo. Oliveira, Silva e Mello (2020), em sua pesquisa relataram que quanto maior percentual de microporos, maior é o reservatório de água no perfil do solo.

Quanto a porosidade total (PT) apenas a área SO2 foi diferente das demais. Os valores variaram entre 50,84% e 58,09% da composição do solo (Figura 4). De acordo

com Oliveira, Lima e Verburg (2015), o volume total de poros está ligado diretamente ao manejo da área sendo este, um dos atributos mais importantes para indicar a qualidade do solo. Já na área sob vegetação nativa, as propriedades do solo foram menos afetadas, o que pode ser atribuído ao maior acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo e de carbono orgânico nas camadas superficiais, bem como à menor perturbação antropogênica, conforme também indicado por Silva *et al.* (2026).

## 6 CONCLUSÃO

A inclusão da braquiária na rotação de culturas, dentro do sistema de cultivo orgânico de soja, possibilita melhorias significativas nas propriedades físico-hídricas do solo. Observa-se a redução da densidade e o incremento do teor de carbono orgânico, resultando em um perfil de solo semelhante ao da área de referência.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás (UEG) Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás, pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa. Esta pesquisa foi financiada pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UEG, por meio do Edital Pró-Projetos da Plataforma Institucional de Pesquisa e Inovação em Segurança Hídrica, nº 20/2023 e nº. 04/2024. Esta pesquisa também foi fomentada pela Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) chamada pública FAPEG nº 04/2023 Programa de auxílio à Pesquisa Científica e Tecnológica – Aquisição de Equipamentos.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Disponível em: [https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen\\_s\\_climate\\_classification\\_map\\_for\\_Brazil?af=crossref](https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref). Acesso em: 25 maio 25.
- BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. S.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1471-1478, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zLQ4ZK6GVKX5kJsTsFsK9hv/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 25.
- CASTIONI, G. A.; CHERUBIN, M. R.; MENANDRO, L. M. S.; SANCHES, G. M.; BORDONAL, R. O.; BARBOSA, L. C.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi approach assessment. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v. 184, n. 12, p. 301-309, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198718305269>. Acesso em: 18 jun. 25.
- D'ODORICO, P.; CHIARELLI, D. D.; ROSA, L.; BINI, A.; ZILBERMAN, A. B. D.; RULLI, M. C. The global value of water in agriculture, **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Whashington,

v. 117, n. 36, p. 21985-21993, 2020.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2005835117>.

Disponível em:

<https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.2005835117>. Acesso em: 01 maio 25.

EVANYLO, G.; SHERONY, C.; SPARGO, J.; STARNER, D.; BROSIUS, M.; HAERING, K. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdã, v. 127, n. 1-2, p. 50-58, 2008.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.02.014>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880908000662?via%3Dihub>. Acesso em: 30 jun. 25.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

<https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

Disponível em:

<https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 22 jun. 25.

IFOAM. **Training manuals for organic agriculture**. Roma: FAO, 2015. Disponível em:

[https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability\\_pathways/docs/Compilation\\_techniques\\_organic\\_agriculture\\_rev.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Compilation_techniques_organic_agriculture_rev.pdf). Acesso em: 22 jun 2025.

LIMA, C. L. R.; MIOLA, E. C. C.; TIMM, L. C.; PAULETTO, E. A.; SILVA, A. P. Soil compressibility and least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coal mining in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdã, v. 124, n. 2, p. 190-195, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.still.2012.06.006>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198712001298?via%3Dihub>.

b. Acesso em: 28 jun. 25.

OLIVEIRA, W. C.; BERTOLINI, G. R. F. Uma revisão sistemática sobre a contribuição das cooperativas para a sustentabilidade da agricultura familiar. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 11, n. 2, e43411226098, 2022.

<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.26098>. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26098>. Acesso em 05 jun. 25.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 59-67, 2020.

<https://doi.org/10.1590/S1413-41522020148177>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/ywkRF5fb4Cyt4bPpMh6wmm/?lang=pt>. Acesso em: 27 jun. 25.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; VERBURG, E. E. J. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquido suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 3, p. 280-285, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-285>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/MRdMcFTBfgwn6SKW7pdzDSP/?lang=pt>. Acesso em: 15 jun. 2025.

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas, **Derbyana**, São Paulo, v. 43, p. e777, 2022. <https://doi.org/10.14295/derb.v43.777>. Disponível em:

<https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/777>. Acesso em: 11 jun. 25.

- PUGLIESI, A. A.; RETONDARIO, A.; FIORI, L. S.; TANIKAWA, L. M.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; SCHMIDT, S. T.; FERREIRA, S. M. R. Opinion of family farmers on organic food supply to the Brazilian National School Feeding Program-a case study. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 13, e88101321036, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21036>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21036>. Acesso em: 22 jun. 25.
- SALTON, F. G.; MORAIS, H.; LOHMANN, M. Períodos Secos no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 36, n. 2, p. 295-303, 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-77863620163>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/kHjyZLqDXPyK6gHvWsQsD4C/?lang=pt>. Acesso em: 15 jun 25.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/solos/sibcs>. Acesso em: 15 jun. 25.
- SANTOS, C. O.; PINTO, A. S.; SANTOS, M. P.; ALVES, B. J. R.; RAMOS NETO, M. B.; FERREIRA, L. G. Livestock intensification and environmental sustainability: an analysis based on pasture management scenarios in the Brazilian Savanna, **Journal of Environmental Management**, Londres, v. 355, e120473, 1-10, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120473>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724004596?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jun. 25.
- SCHOSSLER, T. R.; MARCHÃO, R. L.; SANTOS, I. L.; SANTOS, D. P.; NÓBREGA, J. C. A.; SANTOS, G. G. Soil Physical Quality in Agricultural Systems on the Cerrado of Piauí State, Brazil, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 4, p. 3975-3989, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820180681>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/SCLqQXCXCJw9L73d8gCJ7qd/?lang=en>. Acesso em: 11 jun. 25.
- SILVA, G. C.; ANJOS, J. C. R.; FLORES, R. A.; CORRECHEL, V.; FIGUEIREDO, C. C.; SEVERIANO, E. C.; SANTOS, G. G. Physical properties of Ferralsols in response to sugarcane cultivation in the state of Goiás, Brazil, **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 48, n. 1, e73925, 2026. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v48i1.73925>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/MzmqmvSnfrvYNJqHhQtHRjM/?format=html&lang=en>. Acesso em: 15 jun. 25.
- SOARES, E. A. A.; SANTOS, S. C. L.; SILVA, L. K. C.; CARDOSO, J. E. N.; COSTA, Z. L. C. M. Sistemas de produção de base ecológica: Uma alternativa para o desenvolvimento sustentável. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 10, n. 8, e59810817554, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17554>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17554>. Acesso em: 15 jun. 25.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. rev. e ampl., Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/inf>

oteca/bitstream/doc/1085209/1/ManualdeMetodosdeAnalisedeSolo2017.pdf. Acesso em: 13 jun. 25.

TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D.; COOK, F. J.; KIRBY, J. M.; CARTER, M. R.

Physical

attributes of soil quality. *In*: GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R. **Soil quality for crop**

**production and ecosystem health.**

Amsterdam: Elsevier Science, 1997. p. 21-58. Disponível

em:[https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780080541402\\_A23527767/preview-9780080541402\\_A23527767.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780080541402_A23527767/preview-9780080541402_A23527767.pdf). Acesso em: 15 jun. 25.

XIAO, T.; LI, P.; FEI, W.; WANG, J.

Effects of vegetation roots on the structure and hydraulic properties of soils: A

perspective review. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 906, n. 1, e167524, p. 1-18, 2024.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167524>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972306151X?via%3Dihub>.

Acesso em: 11 jun. 25.

WU, W. Y.; LO, M. H.; WADA, Y.;

FAMIGLIETTI, J. S.; REAGER, J. T.;

YEH, P. J. F.; DUCHARNE, A.; YANG, Z. L. Divergent effects of climate change on future groundwater availability in key mid-latitude aquifers. **Nature**

**Communications**, Londres, v. 11, n. 3710, p. 1-9, 2020.

<https://doi.org/10.1038/s41467-020-17581-y>. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/s41467-020-17581-y>. Acesso em: 11 jun. 25.