

**Atividade enzimática do solo em sistemas de produção agrícola no Cerrado**

Wanessa dos Santos Fonseca<sup>1</sup>, Vladiel de Freitas Almeida Soares das Dores<sup>2</sup>, Antônio Guilherme Cruvinei<sup>3</sup>, Vitória Ester de David<sup>4</sup>, Gabriela Cintra Grave<sup>5</sup>, Rose Luiza Moraes Tavares<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, aluna de Iniciação Científica – PIBIC/UniRV.

<sup>2</sup> Graduando Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, aluna de Iniciação Científica – PIBIC/UniRV.

<sup>3</sup> Graduando Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, aluna de Iniciação Científica – PIBIC/UniRV.

<sup>4</sup> Graduanda Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde.

<sup>5</sup> Graduanda Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde.

<sup>6</sup> Professor Dr., Faculdade de Agronomia, Universidade de Rio Verde, roseluiza@univ.edu.br).

**Reitor:**

Prof. Dr. Alberto Barella Netto

**Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:**

Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

**Editor Geral:**

Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

**Editores de Seção:**

Profa. Dra. Ana Paula Fontana

Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva

Prof. Dr. Fábio Henrique Baia

Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob

Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza

Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

**Fomento:**

Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

**Resumo:** Os sistemas de produção agrícola plantio direto (SPD) e integração lavoura-pecuária (ILP) tendem a melhorar a qualidade do solo no decorrer do tempo de adoção quando comparado aos sistemas convencionais de manejo agrícola. Baseado nisso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a atividade enzimática no solo em áreas sob SPD e ILP estabelecidas em anos distintos. Para isto, foram selecionadas quatro áreas sob Latossolo Vermelho distrófico, sendo uma com histórico de instalação de SPD com 12 anos, e duas de ILP com 6 e 11 anos. Os sistemas envolvem o cultivo de soja na primeira safra (verão) e milho em monocultivo (SPD) ou forrageira (ILP) na “safrinha”. Foi avaliada também uma área de vegetação nativa próxima às áreas de SPD e ILP, como área de referência. Após o período de “safrinha” no ano de 2023, foi feita avaliação da atividade enzimática do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, especificamente determinação das enzimas  $\beta$ -glicosidade e arisulfatase. Na camada de 0-10 cm, a área ILP\_6 promoveu maior atividade enzimática do solo, quando comparada às demais áreas de manejo agrícola (SPD\_12 e ILP\_11), sendo os resultados superiores (para  $\beta$ -glicosidade) ou similares (para arisulfatase) à área de vegetação nativa. Na camada de 10-20 cm, a atividade da enzima  $\beta$ -glicosidade no solo foi maior nas áreas de ILP\_6 e 14 quando comparado ao SPD\_13. Enquanto para arisulfatase, a atividade foi maior no solo sob vegetação nativa.

**Palavras-Chave:** Arisulfatase.  $\beta$ -glicosidade. Integração Lavoura-Pecuária. Plantio direto.

***Soil enzymatic activity in agricultural production systems in the Cerrado***

**Abstract:** *The agricultural production systems of no tillage (NT) and integrated crop-livestock (CL)*

*tend to improve soil quality over time when compared to conventional agricultural management systems. Based on this, this research aims to evaluate the enzymatic activity in the soil in areas under NT and CL established in different years. For this, four areas under dystrophic Red Latosol were selected, one with a history of NT installation for 12 years, and two with CL for 6 and 11 years. The systems involve the cultivation of soybeans in the first harvest (summer) and corn in monoculture (NT) or forage (CL) in the dry season. An area of native vegetation close to the NT and CL areas was also evaluated as a reference area. After the dry season period in 2023, soil enzymatic activity was evaluated in the 0-10, 10-20, and 20-40 cm layers, specifically determining the enzymes  $\beta$ -glucosidase and arisulfatase. In the 0-10 cm layer, the CL\_6 area promoted greater soil enzymatic activity when compared to the other agricultural management areas (NT\_12 and CL\_11), with results being superior (for  $\beta$ -glucosidase) or similar (for arisulfatase) to the native vegetation area. In the 10-20 cm layer, the activity of the  $\beta$ -glucosidase enzyme in the soil was higher in the CL\_6 and 11 areas when compared to NT\_12. While for arisulfatase, the activity was higher in the soil under native vegetation.*

**Keywords:** Arisulfatase.  $\beta$ -glicosidade. integrated crop-livestock. No tillage

### Introdução

O uso de sistemas de cultivo que priorizam o aumento da produção de matéria seca e melhoria da qualidade biológica do solo, tendem a melhorar a produção agrícola. Sistema de plantio direto (SPD) integração lavoura pecuária (ILP) têm sido amplamente difundidos como forma de manejo conservacionista.

De acordo com Sousa et al. (2020) o sistema ILP, quando bem manejado, é o que mais se aproxima de uma área de referência como mata nativa, a qual é sinônimo de equilíbrio quando se considera a diversidade microbiana do solo.

A avaliação de indicadores biológicos do solo pode gerar respostas sobre o potencial do SPD e ILP em manter ativa as funções do solo, objetivando a mínima interferência possível de ações de manejo como o revolvimento de solo e uso intensivo de insumos, na tentativa de recuperar ou estabilizar o equilíbrio funcional original do solo.

Acredita-se que a avaliação de diferentes tempos de adoção do sistema possa revelar diferenças no solo devido o histórico de diversificação de raízes e acúmulo de palhada refletindo na atividade microbiológica do solo. Assim, a avaliação de enzimas no solo pode aprimorar o estudo, visto que são indicadores de solo bastante sensíveis capazes de detectar as mudanças ocorridas no solo de forma mais eficiente do que atributos físicos e químicos do solo (MENDES et al., 2022).

Além disso, a avaliação da vida microbiana do solo tem sido amplamente difundida com proposta de avaliação das enzimas  $\beta$ -glicosidase e arisulfatase que revelaram correlação positiva com outros atributos microbianos do solo como carbono da biomassa microbiana, potencial de nitrificação, carbono e fósforo no solo (MENDES et al., 2019).

Baseado nisso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a atividade enzimática no solo em áreas sob SPD e ILP estabelecidas em anos distintos

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico COMIGO (CTC), fazenda experimental da cooperativa COMIGO em Rio Verde-GO. A área utilizada para o experimento encontra-se sob as coordenadas 17°45'48" S e 51°02'14" W, com altitude de 832 m e é composta de 2,21 ha (sistema de plantio direto) e 2,93 (sistema de integração lavoura-pecuária), sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico e textura argilosa (>35% de argila).

Os tratamentos constaram de áreas com diferentes sistemas de cultivo, sendo uma área com sistema de plantio direto (SPD) e duas com o sistema integração lavoura pecuária (ILP) – estabelecidas em anos distintos e uma área de mata nativa, utilizada como referência de qualidade física do solo.

A agricultura da região é caracterizada pelo plantio de soja no verão como safra principal e para o período de segunda safra, tem-se o cultivo de milho solteiro no SPD e de forrageiras nos ILPs para pastejo. Assim, os tratamentos foram instalados em esquema de faixas experimentais para viabilização das ações de manejo e podem ser resumidos conforme descrição abaixo para o ano de 2023:

- 1) SPD com 12 anos de histórico de instalação (SPD\_12);

- 2) ILP com 6 anos de histórico de instalação (ILP\_6);
- 3) ILP com 11 anos de histórico de instalação (ILP\_11);
- 4) Vegetação nativa (Veg Nativa).

Para o SPD, o plantio de milho, foi feito em meados de fevereiro com adubação de base de 300 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante formulado NPK aplicado no sulco de plantio. E no estágio V6 é realizada a adubação de cobertura com ureia na quantidade média de 90 kg ha<sup>-1</sup>, além de controle fitossanitário. Finalizado o ciclo do milho, a área é semeada com soja no período de safra.

No ILP, foi utilizado o plantio da forrageira em meados de fevereiro com uso de fertilizante P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na dosagem de 150 kg ha<sup>-1</sup>. Aproximadamente aos 84 dias após a semeadura da forrageira, foram inseridos no sistema 20 bovinos, machos não castrados, da raça Nelore, com taxa de lotação inicial e final variando de 3,22-2,38 a 1,80-1,62 UA ha<sup>-1</sup> respectivamente (CTC, 2019). Os animais permaneceram na área até agosto em manejo intermitente com taxa de lotação variável de acordo com a capacidade da forragem, sendo sete dias de ocupação e 28 dias de descanso. Finalizado o ciclo de pastejo, as forrageiras ficaram em descanso na área para rebrota e formação de biomassa para o plantio de soja no período de safra.

A amostragem de solo foi realizada no final do período de entressafra (SPD) e final de pastejo (ILP) anteriormente à semeadura da soja. Foram avaliadas as enzimas β-glicosidase seguindo metodologia de Eivazi e Tabatabai (1988) e arissulfatase de acordo com metodologia de Tabatabai (1994). Na interpretação de dados, foi realizada a análise de variância e, para comparação de médias, aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando para isto, o programa estatístico SISVAR.

### **Resultados e Discussão**

Na camada de 0-10 cm, a área ILP\_5 promoveu maior atividade enzimática do solo, quando comparada às demais áreas de manejo agrícola (SPD\_11 e ILP\_10), sendo os resultados superiores (para β-glicosidase) ou similares (para arissulfatase) à área de vegetação nativa (Figura 1-A).

Possivelmente, devido a área de ILP\_5 possuir histórico mais recente de instalação e manejo, a atividade microbiana encontra-se mais ativa e menos estabilizada no solo. Além disso, o aumento da atividade enzimática, refletindo o aumento na atividade biológica, pode ser indicio de que o sistema está favorecendo o acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS), apesar de nem sempre esse aumento estar vinculado, nos estádios iniciais, a aumentos efetivos nos teores de MOS (MENDES et al., 2022).

Na área de vegetação nativa, o menor valor da atividade no solo da β-glicosidase comparado ao solo sob ILP\_5 foi verificado em pesquisas anteriores (Peixoto et al., 2010; Lopes et al., 2013), ou seja, os níveis de atividades de β-glicosidase são consistentemente menores nas áreas nativas. Esta observação, já considerada atípica (Stott et al., 2010), apresenta relação com a quantidade e qualidade da biomassa sobre o solo, sendo mais complexa e lignificada nas áreas nativas de Cerrado do que nas áreas agrícolas. Como a β-glicosidase atua na etapa final de decomposição da celulose (convertendo a celobiose em moléculas de glicose), sua atividade é, portanto, menor nas áreas nativas (MENDES et al., 2022).

Na camada de 10-20 cm, a atividade da enzima β-glicosidase no solo foi menor comparada a camada de 0-10 cm, devido ao menor teor de matéria orgânica nesta camada, além disso, a área SPD\_11 apresentou significativamente menor atividade comparada às demais áreas avaliadas (Figura 1-B), indicando potencial das áreas de ILP em apresentar atividade microbiana semelhante à área de vegetação nativa. Este efeito foi identificado em estudo de Mendes et al. (2022), que detectaram atividade da enzima β-glicosidase 4x maior em área de safrinha com introdução de Urochloa quando comparada com área de pousio.

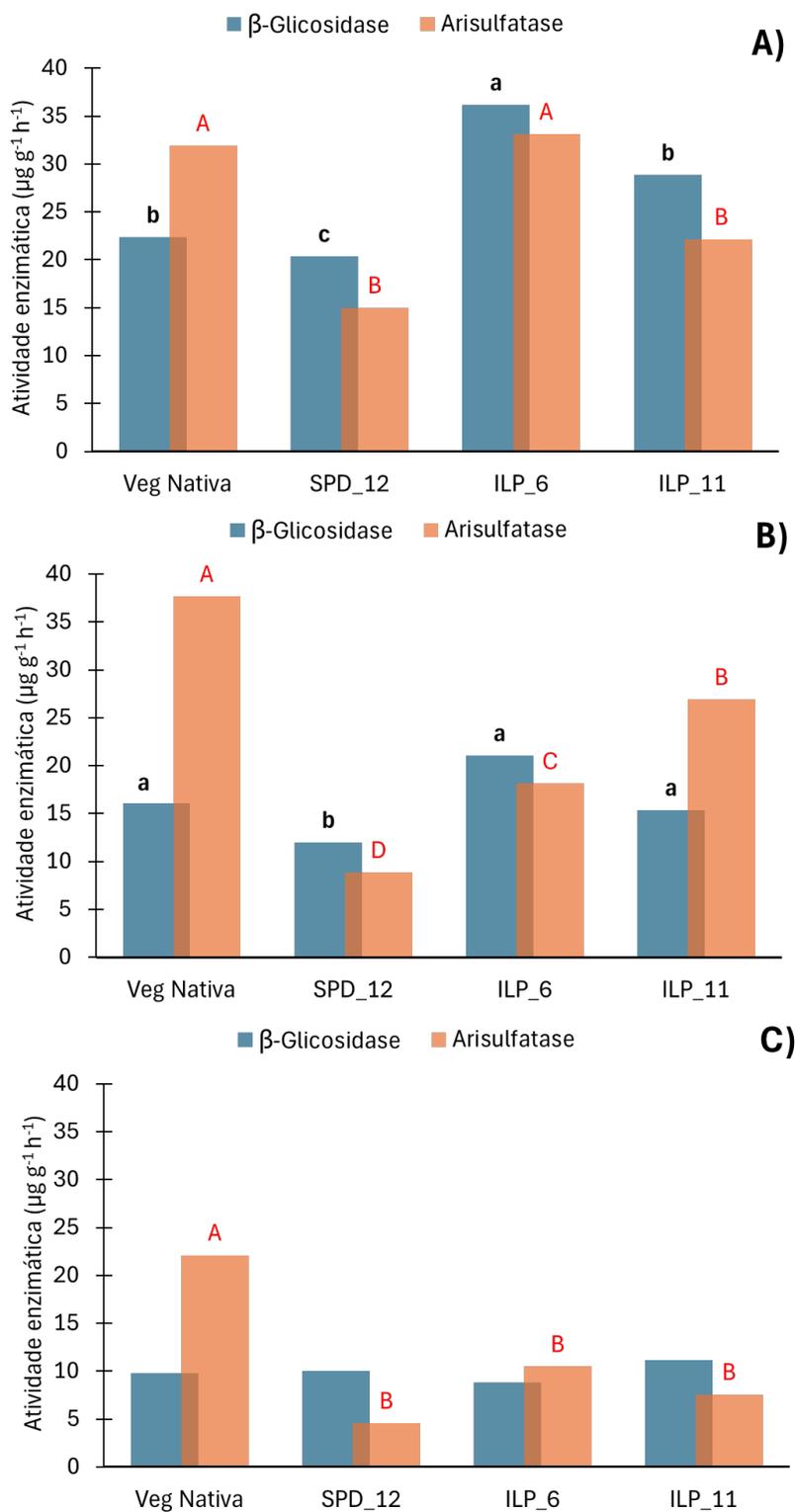


Figura 1. Efeito de diferentes sistemas de manejo de safrinha na atividade das enzimas do solo  $\beta$ -glicosidase e arisulfatase avaliados nas profundidades do solo de 0-10 (A), 10-20 (B) e 20-40 (C) cm. Fonte: autoria própria

Para a enzima arisulfatase na camada de 10-20 cm, os resultados mostraram maior atividade da enzima no solo sob vegetação nativa, com valores permanecendo mais estáveis (entre 0-10 e 10-20 cm) e foram significativamente maiores que no solo das demais áreas, seguindo a ordem veg. Nativa > ILP\_10 > ILP\_5 > SPD\_11 (Figura 1-B). Este resultado reflete a capacidade de um sistema natural em estabilizar e proteger enzimas, cujo fator está relacionado à sua capacidade de armazenar e estabilizar a matéria orgânica, ou seja, estudos de Ferreira et al. (2024) nas mesmas áreas agrícolas deste trabalho mostraram frações da matéria orgânica mais estáveis na área de vegetação nativa quando comparada às áreas de SPD e ILP. Na camada de 20-40 cm, a atividade da enzima arisulfatase seguiu mesma tendência da camada 10-20 cm, ou seja, foi significativamente maior no solo sob vegetação nativa e menor no solo das áreas agrícolas (Figura 1-C).

#### **Conclusão**

Na camada de 0-10 cm, a área ILP\_5 promoveu maior atividade enzimática do solo, quando comparada às demais áreas de manejo agrícola (SPD\_11 e ILP\_10), sendo os resultados superiores (para  $\beta$ -glicosidase) ou similares (para arisulfatase) à área de vegetação nativa, por possuir histórico mais recente de instalação e manejo, originando uma atividade microbiana mais ativa e menos estabilizada no solo.

Na camada de 10-20 cm, a atividade da enzima  $\beta$ -glicosidase no solo foi maior nas áreas de ILP\_5 e 10 quando comparado ao SPD\_11, indicando potencial das áreas de ILP em apresentar atividade microbiana semelhante à área de vegetação nativa. Enquanto para arisulfatase, a atividade foi maior no solo sob vegetação nativa, refletindo na capacidade deste sistema em estabilizar e proteger enzimas.

#### **Agradecimentos**

À Universidade de Rio Verde-UNIRV pelo programa de iniciação científica, à CAPES pela concessão da bolsa de pesquisa ao primeiro autor, e ao Centro Tecnológico Comigo (CTC-Comigo) pela utilização da área dos experimentos.

#### **Referências Bibliográficas**

CENTRO TECNOLÓGICO COMIGO - CTC. **Anuário de Pesquisas – Resultados 2018-2019**. NUNEZ, A. J. C.; FURTINI NETO, A. E.; LIMA, D. T.; ALMEIDA, D. P.; NASCIMENTO, H. L. B.; FERNANDES, R. H. BILEGO, U. O. (Eds) – 9 Ed. Rio Verde, GO: Instituto de Ciência e Tecnologia, 2019.

EIVAZI, F., TABATABAI, M.A., Glucosidases and Galactosidases in Soils. **Soil Biology & Biochemistry**, 20, 601-606, 1988.

FERREIRA, C. A.; TAVARES, R. L. M.; PAIVA FILHO, S. V.; CANTÃO, V. C. G.; SIMON, G. A.; ALVES, J. M.; NASCIMENTO, H. L. B.; BILEGO, U. O. Stock of Carbon and Soil Organic Fractions in No-Tillage and Crop–Livestock Integration Systems. **Sustainability**, v. 16, 3025, 2024.

LOPES, A.A.C.; SOUSA, D.M.G.; CHAER, G.M.; REIS JUNIOR, F.B.; GOEDERT, W.J. MENDES, I.C. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of American Journal**, v. 77, p. 461 – 472, 2013.

MENDES, I. C.; MARCHÃO, R. L.; REIS JÚNIOR, F. B.; CHAER, G. M.; SALTON, J. C.; VILELA, L.; OLIVEIRA, M. I. L.; TOMAZI, M.; BENITES, V. M. Saúde do solo em sistemas de integração

lavoura pecuária. Capítulo 7. MARTINS, A. G.; et al. (Eds). Manejo do solo em sistemas integrados de produção. Ponta Grossa: Atena, 2022.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JÚNIOR, F. B.; LOPES, A. A. C.; SOUSA, L. M.; CHAER, G. M. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. In: SEVERIANO, E. C.; MORAES, M. P.; PAULA, A. M. **Tópicos Especiais em Ciência do Solo**, vol. X: SBSCS, Viçosa/MG, p. 399-462, 2019.

PEIXOTO, R.S.; CHAER, G.M.; FRANCO, N.; REIS JR, F.B.; MENDES, I.C.; ROSADO, A.S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Anton Leeuw**. v. 98, p. 403-413, 2010.

STOTT, D.E.; ANDREWS, S.S.; LIEBIG, M.A.; WIENHOLD, B.J.; KARLEN, D.L. Evaluation of  $\beta$ -Glucosidase activity as a soil quality indicator for the soil management assessment framework. **Soil Science Society of American Journal**, v. 74, p. 107- 119, 2010.

SOUSA, H. M.; CORREA, A. R.; SILVA, B. M.; OLIVEIRA, S. S.; CAMPOS, D. T. S. WRUCK, F. J. Dynamics of soil microbiological attributes in integrated crop-livestock systems in the cerrado-amazônia ecotone. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 1, p. 9–20, 2020.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: WEAVER, R.W.; SCOTT, A. & BOTTOOMELEY, P.J., eds. **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.778-835.