

ATIVIDADE ENZIMÁTICA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Márcio Roberto de Souza Júnior, Graduando em Ciências Biológicas, UEG/CET, marcio.203@aluno.ueg.br1

Me. Maloní Montanini Mafei, Doutoranda RENAC, maloni.bio@gmail.com2

Dr. Samantha Salomão Caramori, Docente UEG/CET, samantha.salomao@ueg.br3

Resumo: Este estudo avaliou a atividade enzimática do solo como ferramenta de monitoramento em sistemas agroflorestais (SAFs), comparando-a ao cerrado nativo (CER). Foram analisadas as enzimas β -glicosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida entre 2023 e 2024. Os resultados demonstraram aumento na atividade da fosfatase ácida em 2024: 251,5% no SAF e 339% no CER. Em contrapartida, a β -glicosidase teve queda de 44,6% no SAF e 65,5% no CER e não houve alteração para arilsulfatase. A atividade enzimática se mostrou sensível às mudanças nos sistemas, destacando-se como método eficiente e rápido para avaliar a saúde do solo, especialmente em contextos agroecológicos voltados à agricultura familiar.

Palavras-chave: SAFs; solo; atividade enzimática

INTRODUÇÃO

O atual sistema agrícola tem se mostrado insustentável sob os aspectos ambiental, social e econômico, ao priorizar a produtividade em detrimento da conservação do solo. Como alternativa, destacam-se os sistemas agroflorestais (SAFs), forma de cultivo que integra espécies arbóreas/arbustivas preferencialmente nativas e/ou frutíferas com espécies agrícolas ou comerciais, favorecendo interações ecológicas positivas, reduzindo os impactos do uso intensivo do solo e melhorando o ciclo hidrológico (PADOVAN, 2018). Processos biológicos são essenciais para a saúde do solo e, quando bem manejados, contribuem para sua recuperação (LEHMANN *et al.*, 2015). Solos saudáveis apresentam alta atividade biológica, capacidade de armazenar água, sequestrar carbono e degradar agrotóxicos (MENDES, 2020). Nesse contexto, a atividade enzimática é um dos principais atributos biológicos, sendo um indicador sensível de qualidade e fertilidade do solo. Assim, o monitoramento enzimático permite relacionar atividade microbiana à fertilidade. Este trabalho objetiva analisar, ao longo do tempo, áreas de SAF e de cerrado nativo (CER), comparando a atividade enzimática e sua relação com a fertilidade do solo. A hipótese é que a atividade enzimática em SAFs muda ao longo do tempo, sendo indicativa para seu monitoramento.

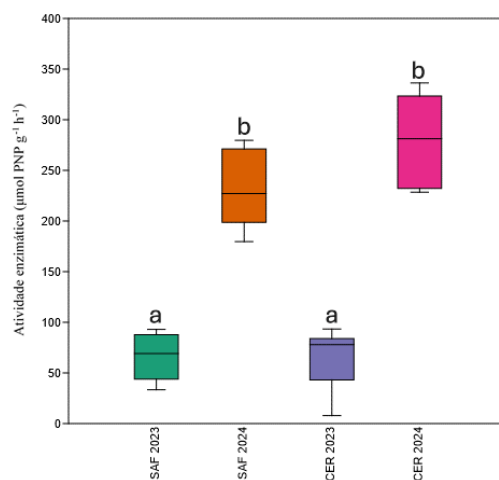
MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins de comparação, a amostragem foi realizada na mesma propriedade nos anos de 2023 e 2024 utilizando pontos de coleta aleatórios por área, na profundidade de 0-10 cm, na zona rural do município de Niquelândia, no norte de Goiás. Seis amostras de solo deformadas foram coletadas em diferentes sistemas de uso da terra: áreas onde o sistema agroflorestal foi

As áreas indicadas pela mesma letra não diferem estatisticamente, conforme o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Fonte:** elaborado pelo autor, 2025.

A atividade da fosfatase ácida (Figura 2) aumentou expressivamente em 2024 em comparação a 2023. No SAF, subiu de $66,83 \pm 7,47$ para $234,92 \pm 12,56 \mu\text{mol PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$, um acréscimo de 251,5%. No CER, passou de $64,38 \pm 9,75$ para $282,57 \pm 14 \mu\text{mol PNP g}^{-1} \text{h}^{-1}$, aumento de 339%. Ambos os sistemas apresentaram crescimento exponencial da atividade enzimática no período avaliado.

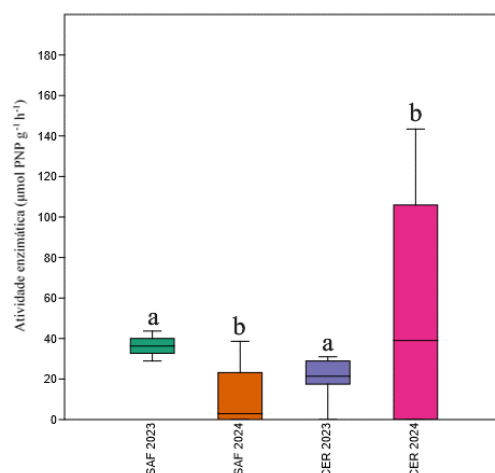
Figura 2 – Gráfico Box-plot relativo à atividade enzimática de fosfatase ácida.



As áreas indicadas pela mesma letra não diferem estatisticamente, conforme o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Fonte:** elaborado pelo autor, 2025.

Para a arilsulfatase (Figura 3), observou-se diferença significativa apenas em 2024, com maior atividade no CER — 381,3% superior ao SAF do mesmo ano.

Figura 3 – Gráfico Box-plot relativo a atividade enzimática de arilsulfatase.



As áreas indicadas pela mesma letra não diferem estatisticamente, conforme o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Fonte:** elaborado pelo autor, 2025.

DISCUSSÃO

A hipótese do trabalho foi confirmada pelos dados obtidos, que revelaram oscilações significativas nas atividades das enzimas β -glicosidase e fosfatase ácida, as quais estão diretamente relacionadas aos ciclos biogeoquímicos do carbono e fósforo, respectivamente. A metodologia baseada em testes colorimétricos demonstrou-se eficiente e sensível, permitindo uma observação visual clara da liberação de p-nitrofenol (*PNP*), expressa pela variação de coloração nas microplacas. Em 2023, a atividade da β -glicosidase foi superior na área de cerrado nativo (*CER*) em relação ao *SAF* (Tabela 1), possivelmente em razão da menor interferência antrópica e maior estabilidade do ambiente.

Tabela 1: Médias da atividade enzimática de β -glicosidase, fosfatase ácida e arilsulfatase obtidas através da análise das amostras de solo de sistemas agroflorestais e de cerrado nos anos de 2023 e 2024.

Repetição	Arilsulfatase				Fosfatase ácida				β -glicosidase			
	SAF 2023	SAF 2024	CER 2023	CER 2024	SAF 2023	SAF 2024	CER 2023	CER 2024	SAF 2023	SAF 2024	CER 2023	CER 2024
1	36,3	0	25,2	0,2	89,5	179,6	77,9	309,7	71	65	77,5	21,5
	36,3	6,8	28,9	0,6	93	271	81,5	281,2	101,9	43,5	97,9	19,4
	43,7	11,7	21,4	0	36,3	227,1	86,4	312,9	82,9	73,6	50,3	29,7
2	29,1	0	28,9	39	79	223,9	62,3	334	76,5	24,2	79,9	34,3
	28,9	2,9	31	140,1	69,2	198,8	93,3	336,3	110,5	39,8	87,6	48,2
	36,3	1,6	21,4	143,4	33,4	198,5	79	276,2	44,4	26,2	50,9	19,6
3	36,3	0	13,8	0	51,5	264,4	78	228,9	76,5	43,6	95,8	23,7
	43,7	34,7	21,2	69,1	86,1	271,3	67,3	235,5	68,1	32,5	79,3	29,2
	36,3	38,6	0	71,7	63,5	279,7	24	228,5	65,9	38,3	120,1	29,5

Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Já a atividade de fosfatase ácida apresentou aumento em 2024, tanto em áreas de *SAF* quanto de *CER*. Esse resultado pode estar associado à maior disponibilidade de matéria orgânica no solo, como observado por Evangelista *et al.* (2012) em sistemas orgânicos com menor revolvimento, que favorecem a ciclagem biológica e a liberação de nutrientes. Além disso, a maior atividade da fosfatase ácida no solo do Cerrado pode estar relacionada ao pH naturalmente mais ácido desses solos, condição que tende a favorecer a atuação dessa enzima, como apontado por Fernandes *et al.* (1998), ao observarem maior atividade em ambientes de menor pH. Não houve alteração na atividade enzimática ao comparar as áreas temporalmente, apenas uma diferença na atividade enzimática no *SAF* e *CER* de 2024, sugerindo maior estabilidade biológica nas áreas nativas.

CONCLUSÕES

A confirmação da hipótese evidenciou que a atividade enzimática é sensível ao manejo e a cobertura do solo, sendo eficaz no monitoramento da saúde do solo. Os dados reforçam seu potencial como indicador biológico para diagnósticos rápidos, contribuindo para a gestão sustentável em SAFs e a conservação agroecológica do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade (IABS), pelo apoio financeiro fornecido durante a realização do projeto.

REFERÊNCIAS

EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. B.; CORRECHEL, V. Atividade enzimática do solo sob sistema de produção orgânica e convencional na cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1251–1262, jul./ago. 2012. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/932367>. Acesso em: 17 maio 2025. ISSN 1679-0359.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N.; LIMA, J. M.; CUEDES, G. A. A. Fósforo e atividade de fosfatase em dois solos sob diferentes condições de uso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 159–170, jul. 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1998.v33.4926>. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4926>. Acesso em: 17 maio 2025.

LEHMANN, J.; BOSSIO, D. A.; KÖGEL-KNABNER, I.; RILLIG, M. C. Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. **Sustainability**, Basel, v. 7, n. 1, p. 988–1027, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7010988>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/1/988>. Acesso em: 17 maio 2025.

MENDES, I. C.; CHAER, G. M.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; SILVA, O. D. D.; OLIVEIRA, M. I. L.; LOPES, A. A. de C.; SOUZA, L. M. de. Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. **Informações Agronômicas**, n. 8, p. 1–11, 2020. ISSN 2311-5904. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1128778>. Acesso em: 17 maio 2025.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V.; FERNANDES, S. S. L. Espécies arbóreas nativas pioneiras em sistemas agroflorestais biodiversos. **Revista GeoPantanal**, v. 13, n. 24, p. 53–68, jan./jun. 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1105398>. Acesso em: 17 maio 2025.