



MANEJO CONSERVACIONISTA COM TERRAÇOS: PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E ATIVIDADE MICROBIANA EM CULTIVO DE CANA

Rayane de Castro Marzola¹, Alessandro Cesar Vicente Gois Junior², Ana Family de Oliveira Souza³, Amanda Eustachio Pereira⁴, Edneia Aparecida de Souza Paccola⁵, Francielli Gasparotto⁶

¹Acadêmica do Curso de Agronomia, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. PVIC-Unicesumar rayanemarzola@gmail.com.

²Acadêmico do Curso de Agronomia, Campus Maringá/PR, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. Bolsista ICETI-Fundação Araucária. alessandrogoisjunior@outlook.com

³Mestranda em Tecnologias Limpas, PPGTL, Universidade Cesumar – UNICESUMAR. Bolsista ICETI-UniCesumar/Fundação Araucária. alcinajeanevens@gmail.com

⁴Doutoranda, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil. Bolsista CAPES. anasamily07@gmail.com

⁵Doutora, Docente no Curso de Agronomia e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. edneia.paccola@unicesumar.edu.br

⁶Doutora Orientadora, Docente no Curso de Agronomia e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas, Universidade Cesumar - UNICESUMAR. Pesquisadora do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação – ICETI. francielli.gasparotto@unicesumar.edu.br

RESUMO

A atividade microbiana do solo é um indicador sensível das condições ambientais e do manejo agrícola, refletindo rapidamente mudanças na saúde do solo. Enzimas como β -glicosidase e fosfatase ácida, além do teor de glomalina, estão associadas à ciclagem de nutrientes, estabilidade estrutural e maior resiliência do solo. Este estudo objetivou avaliar a biomassa microbiana, a atividade enzimática e a fertilidade de solos arenosos cultivados com cana-de-açúcar, comparando áreas com e sem sistema de terraceamento em duas estações do ano. O terraceamento é uma prática conservacionista capaz de reduzir erosão, aumentar a infiltração de água e favorecer o equilíbrio físico, químico e biológico do solo, contribuindo para a sustentabilidade produtiva. A pesquisa será conduzida no município de Presidente Castelo Branco (PR), em duas megaparcelas de 2 ha cada, uma com terraços e outra sem. Amostras serão coletadas na camada de 0–10 cm em 32 pontos georreferenciados, dispostos em grid, no outono e na primavera. As análises contemplarão a quantificação da β -glicosidase, fosfatase ácida e teor de glomalina. Os dados serão submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Espera-se que os resultados revelem diferenças sazonais e de manejo na atividade microbiana e nos parâmetros de fertilidade, evidenciando o papel do terraceamento na promoção da saúde do solo. Os achados poderão subsidiar práticas conservacionistas voltadas à sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar em solos do arenito paranaense e servir como base para indicadores de qualidade em monitoramentos de larga escala.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura sustentável-glicosidase; Fosfatase ácida; Glomalina.

1 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial para o funcionamento dos ecossistemas, nos quais milhares de criaturas diferentes interagem e contribuem para a manutenção da vida na terra (SILVA et al., 2021). As propriedades físicas do solo incluem textura do solo, densidade a granel, capacidade de retenção de água, teor de matéria orgânica, estrutura do solo, cor do solo e consistência do solo (STELLA et al., 2022).

Segundo Mendes et al. (2020) um solo saudável é um solo biologicamente ativo, produtivo, capaz de armazenar água, sequestrar carbono e promover a degradação de pesticidas, entre outros importantes serviços ambientais. Sua qualidade é mensurada através do uso de indicadores que são atributos biológicos com a capacidade de quantificar o nível de desequilíbrio ao qual um determinado ambiente está sujeito, podendo determinar



os efeitos sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade das práticas agrícolas (GOMES et al., 2015).

O emprego de tecnologias sustentáveis no manejo do solo contribui para sua conservação, neste sentido, o uso de práticas conservacionistas preserva a estrutura do solo, auxilia na retenção de água no solo, reduz o risco de erosão e oscilações de temperatura e melhora a qualidade do solo (PELLEGRINI; BARBOSA, 2023). Toda via, a utilização inadequada do mesmo com o revolvimento excessivo ou a falta de práticas conservacionistas, pode provocar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total dentre outros danos, provocando gradativamente sua degradação (SOARES et al., 2020). Naturalmente, ocorrem perdas de solo por ações naturais como o intemperismo, no entanto, as práticas antrópicas, em grande medida, aceleram esses fenômenos, que ocorrem em maiores proporções (SILVA et al., 2021).

A degradação do solo é muitas vezes definida como uma perda de longo prazo da função do ecossistema e da produtividade causada por distúrbios dos quais a terra não pode se recuperar sem ajuda. Este processo reduz significativamente a cobertura vegetal, aumenta a perturbação do solo e a erosão, acarretando baixos níveis de abundância, diversidade e potencial dos fungos no solo (VAN DER HEIJDEN et al., 2015).

Neste sentido, os indicadores biológicos, que são constituintes vivos, presentes na parte mais superior do solo devido a sua ampla funcionalidade e sensibilidade podem ser empregados para detectar alterações decorrentes do manejo do solo (SILVA et al., 2021). Para isto é preciso conhecer como a biomassa microbiana do solo, que constitui estes indicadores, se comporta em diferentes estações do ano em áreas de produção agrícola, como a cana-de-açúcar.

Solos com qualidade biológica apresentam elevada atividade enzimática da β -glicosidase e fosfatase ácida (FALCÃO et al., 2013). Essas enzimas são capazes de liberar nutrientes da matéria orgânica presente no solo e implicam em micro-organismos mais ativos metabolicamente e maior disponibilização de fósforo na solução do solo (YADA et al., 2015).

A análise da atividade enzimática do solo é medida pela β -glicosidase e fosfatase ácida, e indicam se os solos das áreas apresentam qualidade biológica (FALCÃO et al., 2013). Essa análise pode ser usada para avaliar resultados práticos do sistema solo-planta, incluindo aspectos relacionados à fertilidade, remediação dos solos contaminados e estudos de gerenciamento de impacto e qualidade do solo agrícola. Microrganismos metabolicamente ativos nos solos apresentam maior eficiência enzimática. Há estudos que mostram que a atividade enzimática pode ser um indicador na detecção da ação microbiana no solo (LIU et al., 2023).

Assim, trabalhos que visem avaliar as mudanças na população dos microrganismos do solo ao longo das estações do ano em áreas produtivas agrícolas são de suma importância, visando criar uma base de dados para auxiliar na manutenção da sustentabilidade da produção agrícola e a saúde do solo.

Com a crescente demanda por alimentos, os recursos naturais precisam ser geridos de forma sustentável, reduzindo o uso de fontes de energia não renováveis e os impactos ambientais. O uso de micro-organismos promotores do crescimento de plantas aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo e, conseqüentemente, diminui a quantidade de fertilizantes químicos aplicados, reduzindo custos de produção e danos ambientais.

A análise da atividade de enzimas microbianas, como β -glicosidase e fosfatase ácida, e do teor de glomalina, reflete os impactos resultantes da utilização de práticas agrícolas em agroecossistemas, considerando que a microbiota do solo é um indicador biológico sensível a alterações no solo, principalmente na dinâmica da matéria orgânica. Estes indicadores, além de possuírem sensibilidade às perturbações, também respondem de forma rápida, o que permite acompanhar os efeitos de diferentes formas de manejos e



variações nas estações do ano. Este trabalho tem como objetivo analisar a atividade da biomassa microbiana do solo de área cultivada com cana-de-açúcar em duas estações do ano.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo será desenvolvido em uma das áreas de pesquisa do Projeto Monitoramento edáfico e hidrossedimentológico em duas unidades de produção agrícola no Noroeste do Paraná, conduzido pela Universidade Cesumar - UNICESUMAR. O projeto faz parte do “Programa da Rede Paranaense de Apoio a Agropesquisa e Formação Aplicada” da Fundação Araucária / Seti / Senar/ PR.

A área de estudo se localiza na mesorregião Noroeste do Paraná, na cidade de Presidente Castelo Branco, sob as coordenadas 23°11'29.4”S e 52°05'59.0”W, possuindo 2 hectares e solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico. Neste local a cultura da cana-de-açúcar vem sendo explorada a cerca de 10 anos por um grupo sucroalcooleiro da região, e o atual cultivo foi implantado de forma mecanizada a 3 anos com a variedade RB867515, e a colheita vem sendo realizada de forma mecanizada sem queima.

Serão realizadas duas coletas de solo, uma em cada estação do ano, a primeira coleta será realizada em junho de 2025 e a segunda novembro de 2025. Serão coletadas amostras de solo em 32 pontos distintos, distribuídos em grid, na camada de 0 a 10 cm. As amostras de solo serão embaladas em sacos de papel e transportadas até o Laboratório de Análises Agronômicas - Agrolab – Unicesumar onde serão realizadas as análises da atividade microbiana do solo.

De acordo com Dick et. al (1996), a atividade da enzima β -glicosidase será avaliada a partir de 1 g de solo (<2 mm) em Erlenmeyer de 50 mL. Então será adicionado 0,25 mL de tolueno, 4 mL de tampão MUB pH 6,0, 1 mL de solução de p-Nitrophenyl- β -D-glucosídeo (PNG) 0,05M. Os frascos serão agitados e os mesmos posteriormente serão tampados com papel alumínio e incubados por 1 hora a 37° C. Após o período de incubação, os erlenmeyers serão abertos, e neles adicionados 1mL da solução de cloreto de cálcio (CaCl_2 0,5 M) e 4 mL de tampão Tris-Hydroxymetyl-Amino-Metano (THAM) 0,1 M pH 12. Os frascos serão agitados e então realizada filtração da suspensão de solo em papel filtro (Whatman N° 2). A leitura será feita em espectrofotômetro a 400nm e a atividade enzimática expressa em μg p-nitrofenol $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo.

A atividade da enzima fosfatase ácida deverá ser feita a partir de 1,0 g de solo das amostras em erlenmeyer, adicionando-se 4 mL de tampão (Tampão da fosfatase ácida pH de 5,5), 0,25 mL de tolueno, 1 mL da solução do substrato (p-nitrofenil fosfato) conforme descrito por Tabatabai (1994). Os frascos serão agitados e posteriormente tampados com papel alumínio e colocados para incubar por 1 hora a 37°C. A reação é evidenciada pela produção de p-nitrofenol de coloração amarela após a hidrólise do substrato p-nitrofenol fosfato. Após o período de incubação, os erlenmeyers serão abertos, e neles adicionados 1mL da solução de cloreto de cálcio (CaCl_2 0,5 M) e 4 mL da solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,5 M). Posteriormente os frascos serão agitados e as amostras filtradas em papel filtro (Whatman N° 1). A leitura da absorbância será feita em espectrofotômetro a 400 nm.

Para extração de glomalina serão utilizados dois métodos, o glomalina facilmente extraível e glomalina total (Rillig et al., 2003).

Para o processo de extração da glomalina facilmente extraível será pesado 1g de solo em tubo falcon e adicionar 8 mL de Citrato de Sódio 50mM e autoclavar por 30 minutos a 121°C e logo em seguida centrifugar por 20 minutos a 6000 RPM, remover o sobrenadante (que contém a proteína) e estocar a 4°C e por fim avaliar o teor de proteína pelo método de Bradford.



Já para a extração da glomalina total, segue o mesmo processo, porém o solo será autoclavado por uma hora e quando o sobrenadante for removido repetir os passos novamente desde o início até o extrato ficar claro, o processo deve ser repetido por no mínimo 4 vezes e após avaliar o teor de proteína pelo método de Bradford.

No preparo do reativo de Bradford será dissolvido 50 mg de Coomassie Brilliant-Blue G250 em 25mL de etanol 95% e adicionar 50mL de Ácido fosfórico concentrado (P.A) e H₂O destilada q.s.p. (Quantidade Suficiente Para) 100mL. Deve ser preparada a solução de PBS dubbecos com composição de 0,015M/L e pH 7,3 com 5,0g de NaCl, 0,2g de KCl, 1,15g de Na₂HPO₄ e 0,2 g de Na₂HPO₄. Utilizar BSA: Padrão de soro albumina bovina 1 mg/mL. (0,0010g).

Para realização da curva será adicionado 1 ml de PBS em 6 frascos e diluir o BSA (1ml) em seguida, realizar Leitura em Espectrofotômetro a 595nm, zerar com o branco (B) e fazer a leitura da menor para a maior concentração, sendo as concentrações B (zerar), 31,25, 62,5 125, 250 e 500. Nas amostras adicionar 300µL das amostras + 3mL do reativo de Bradford, realizar leitura das amostras após a leitura da curva padrão, após a diluição e adicionar o Reativo de Bradford, homogeneizar e aguardar 5 minutos para fazer a leitura e ler em 595nm.

Os resultados de cada parâmetro avaliado serão submetidos ao teste de homogeneidade e à análise de variância, verificando-se a significância, as médias serão comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se identificar variações significativas na atividade microbiana do solo ao longo das diferentes estações do ano na região noroeste do Paraná, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Esses resultados deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias de manejo que priorizem a qualidade e a saúde do solo, promovendo a sustentabilidade ambiental e econômica da produção agrícola desta cultura. Dessa forma, o estudo contribuirá para práticas agrícolas mais eficientes e responsáveis, que conciliam produtividade com a conservação dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ASMELASH, F.; BEKELE, T.; BIRHANE, E. The Potential Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Restoration of Degraded Lands. **Frontiers in Microbiology**, v.7, p.1095, 2016.

BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. **Manejo e conservação do solo e da água**. 1 ed. Sociedade Brasileira de Solos, p. 197, 2019.

DICK, R.P.; BREACKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, p.247-271. (SSSA Special Publication, 49). 1996.

FALCÃO, J. V. et al. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 450-459, 2013.

GOMES, S. S; GOMES, M. S; GALLO, A. S; MERCANTE, F. M; BATISTOTE, M; SILVA, R. F. Bioindicadores de qualidade do solo cultivado com milho em sucessão a adubos



verdes sob bases agroecológicas. **Revista Facultad de Agronomía de La Plata**, v. 114, p. 30-37, 2015.

LIU, W., ZHANG, Z., LI, J., WEN, Y., LIU, F., ZHANG, W., LIU, H., REN, C., HAN, X. Effects of fire on the soil microbial metabolic quotient: A global meta-analysis. **CATENA**, v. 224, 2023.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a produtividade agrícola. **INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS NPCT Nº 8**, 2020, 11p.

SILVA, M. O. et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

PELLEGRINI, A.; BARBOSA, G. M. C. **Manejo e conservação de solo e água: Rede Paranaense de Agropesquisa e Formação Aplicada**. Curitiba: SENAR AR/PR, 2023, 380 p.

RILLIG, M.C.; RAMSEY, P.W.; MORRIS, S.; PAUL, E.A. Glomalin, an arbuscular-mycorrhizal soil protein, responds to land-use change. *Plant and Soil*, v.253, p.293-299, 2003.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 9-15, 2016.

MATOSO, S. C.G.; OLIVEIRA, C. P.; MINUSCULI, S. F. et al. **Glossário especializado da área de solos**. Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. 208 p.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W. et al. (Ed.). **Methods of Soil Analysis: Part 2 – Microbiological and Biochemical Properties**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775–833. (Soil Science Society of America Book Series, no. 5).

VAN DER HEIJDEN, M. G.; MARTIN, F.M., SELOSSE, M. A., SANDERS, I.R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. **New Phytologist**, v. 205, p. 1406-1423, 2015.

YADA, M. M. et al. Atributos Químicos e Bioquímicos em Solos Degradados por Mineração de Estanho e em Fase de Recuperação em Ecossistema Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 3, p. 714-724, 2015.