http://journal.unoeste.br/index.php/ce/index
DOI: 10.5747/ce.2022.v14.e398
ISSN on-line 2178-8332

Colloquium Exactarum

Submetido: 22/06/2021 Revisado: 04/08/2022 Aceito: 17/08/2022

ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM SOLOS ARENOSOS MANEJADOS COM SAF NO PONTAL DO PARANAPANEMA

ENZYMATIC ACTIVITY IN SANDY SOILS MANAGED WITH SAF IN PONTAL DO PARANAPANEMA

Letícia Aparecida Costa Magro, Rita de Cássia Lima Mazzuchelli, Marcelo Rodrigo Alves.

Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, SP.
E-mail: le_costa93@hotmail.com

RESUMO – Os sistemas agroflorestais são fundamentados em princípios de diversidade biológica, ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica e na reprodução das dinâmicas dos ecossistemas. O objetivo do trabalho foi utilizar parâmetros microbiológicos para avaliar a qualidade de solos arenosos manejados com sistemas agroflorestais em diferentes idades de implantação, e compará-los com áreas ocupadas com pastagens sem manejo (mesmo uso há mais de 20 anos) e vegetação nativa, num total de 5 áreas, localizadas no Pontal do Paranapanema. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico, coletas e análises de solo. Para cada uma das áreas estudadas foi definido um grid com 5 pontos aleatórios para coleta de amostra de solos na profundidade de 0-10 cm. As análises realizadas foram: Atividade enzimática da desidrogenase; Atividade da fosfatase; ß- glicosidase; Atividade da arilsulfatase; e FDA. Todas as amostras coletadas foram encaminhadas para o laboratório de solo da Unoeste. Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos à análise estatística. As enzimas analisadas evidenciaram que a desidrogenase, arilsulfatase e fosfatase não tiveram mudanças significativas entre os tratamentos, às alterações observadas ocorreram nas análises do FDA e da glicosidase.
Palavras-chave: SAF; microbiologia do solo; qualidade do solo.

ABSTRACT – Ecological systems are fundamental to the principles of biodiversity, nutrient cycling, ecological ecosystems and reproduction of dynamics. The objective of the work was used with microbiological parameters to evaluate the quality of agroforestry systems in implantation ages, and to compare them with occupied areas with pastures without management (same use) and native forests, in a total of 5 areas, located in Pontal do paranapanema. The methodology consisted of a bibliographic survey, collections and soil examinations. For each of the selected areas, a grid with 5 random points was defined for collecting soil samples at a depth of 0-10 cm. The offers made were: Dehydrogenase enzymatic activity; Phosphatase activity; ß-glycosidase; Arylsulfatase activity; and FDA. as collected from companies contracted for Unoeste's soil laboratory. The data obtained in the experiments were selected for statistical analysis. As enzymes were shown to change phosphatase and were not significant between treatments, the phosphatase changes observed in the FDA analyzes and the glycoside survey were altered.
Keywords: SAF; soil microbiology; soil quality.

1. INTRODUÇÃO

A população humana possui como um dos seus desafios fundamentais aumentar a sustentabilidade agrícola diante do seu crescimento rápido. Um aspecto essencial da sustentabilidade agrícola é a qualidade do solo, mas os agricultores habitualmente avaliam isso com base em indicadores químicos e físicos convencionais, com pouco aproveitamento de indicadores de funções do solo, como atributos microbiológicos (SILVA ARAGÃO *et al.*, 2020).

O uso do solo com práticas insustentáveis, através da conversão de habitats naturais, é presente em muitos países em desenvolvimento e podem degradar ainda mais a paisagem agrícola, além de dificultar o desenvolvimento das áreas rurais (FRANCESCONI *et al.*, 2014).

Quando se analisa a relação entre a gestão agropecuária os serviços ecossistêmicos e ambientais podem-se dizer que em diferentes escalas, a agropecuária vem oferecendo sinais de degradação dos ecossistemas e, por conseguinte, da biodiversidade dos principais biomas brasileiros, bem como dos diversos serviços ecossistêmicos e ambientais prestados ao homem (PRADO, 2014).

A intensificação agrícola tem sido responsável por grandes ganhos no bem-estar humano e desenvolvimento econômico, mas com um crescente custo da degradação dos recursos naturais. Essa compreensão levou a uma demanda crescente para abordagens agroecológicas (MUCHANE *et al.*, 2020).

Uma das práticas agroecológicas mais utilizadas são os sistemas agroflorestais (SAFs), os quais podem impactar de diferentes formas na saúde do solo por meio das mudanças no seu ecossistema, nas suas funções e serviços resultantes do efeito direto e indireto de árvores (ROSHETKO; BERTOMEU, 2015).

Os SAFs, estabelecem-se em agroecossistemas fundamentados em princípios de diversidade biológica, ciclagem de nutrientes, sucessão ecológica e na reprodução das dinâmicas dos ecossistemas. Podem ser aplicados para uma série de finalidades como quebra-ventos, sombreamento para culturas e animais, consorciação de culturas, recuperação de áreas degradadas, reposição de florestas e matas, proteção de nascentes e cursos d'água, dentre outros (DE ALMEIDA, 2019).

Com o propósito de adquirir maior oferta de produtos, garantir a segurança alimentar e otimizar o espaço rural, proporcionando uma produção sustentável, os SAFs realizam o cultivo simultâneo de espécies lenhosas e agrícolas em um mesmo espaço geográfico (GURGEL *et al.*, 2015). Os SAFs podem ser considerados como uma possibilidade de produção agrícola que alia a produção de alimentos com a regeneração e conservação dos recursos naturais (JUNQUEIRA *et al.*, 2013).

As tecnologias agroflorestais são instrumentos promissores para: Melhorar o bem-estar da população rural; Conservar os recursos naturais; Contribuir para a redução da taxa de desflorestamento; Manter a integridade das bacias hidrográficas e a Estabilidade do clima; e Potencializam também oportunidades significativas para a segurança alimentar com a oferta de múltiplos produtos e serviços, favorecendo ainda o ingresso de renda adicional para as propriedades rurais (PARRON *et al.*, 2015)

A utilização de indicadores de qualidade do solo apresenta elevado potencial para detectar alterações ambientais em função do manejo adotado. As variáveis que melhor expuseram os aspectos de qualidade do solo com relação aos atributos microbiológicos, destacam-se os valores analisados de carbono da biomassa microbiana e de carbono orgânico. A diversidade de espécies dos sistemas agroflorestais colaborou, de forma expressiva, para a melhoria da qualidade do solo, quando comparados aos sistemas de monocultivo (PEZARICO *et al.*, 2013).

Destaca-se que no meio de diversas razões para o uso de microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade do solo, os mesmos têm capacidade de responder rapidamente a mudanças no ambiente do solo, provenientes de alterações no manejo e o fato de que a atividade microbiana do solo espelha a influência conjunta de todos os fatores que regulam a degradação da matéria orgânica e a transformação dos nutrientes (TÓTOLA; CHAER, 2002).

Estudo que avaliou sistemas agroflorestais em comparação com plantio convencional, evidenciaram que as áreas dos SAFs apresentaram maior quantidade e diversidade em relação à área de plantio convencional (GANDARA *et al.*, 2007).

As análises de atividade enzimática do solo, assim como de outros atributos biológicos e bioquímicos, têm detectado alterações nos solos pelo seu uso, manejo ou outras influências antrópicas, com maior antecedência do que

indicadores químicos e físicos (MATSUOKA *ET AL.*, 2003; CHAER; TÓTOLA, 2007 apud PASSOS, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar alterações na atividade enzimática da desidrogenase, fosfatase, ß-glicosidase, arilsulfatase e FDA nos solos arenosos manejados com sistemas agroflorestais em diferentes idades de implantação, e compará-las com áreas ocupadas com pastagens degradadas e vegetação nativa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcance do objetivo deste estudo, buscamos uma abordagem teórica relacionada aos serviços ecossistêmicos de áreas com solos arenosos, SAFs, vegetação nativa e pasto degradado no Pontal do Paranapanema. Para tal realizou-se coletas e análises de solo, ou seja, trata-se de uma pesquisa experimental. Além disso, esta pesquisa também tem alcance correlacional, pois pretende-se conhecer como que a qualidade do solo se comporta nas diferentes áreas de estudo.

2.1. Área de estudo

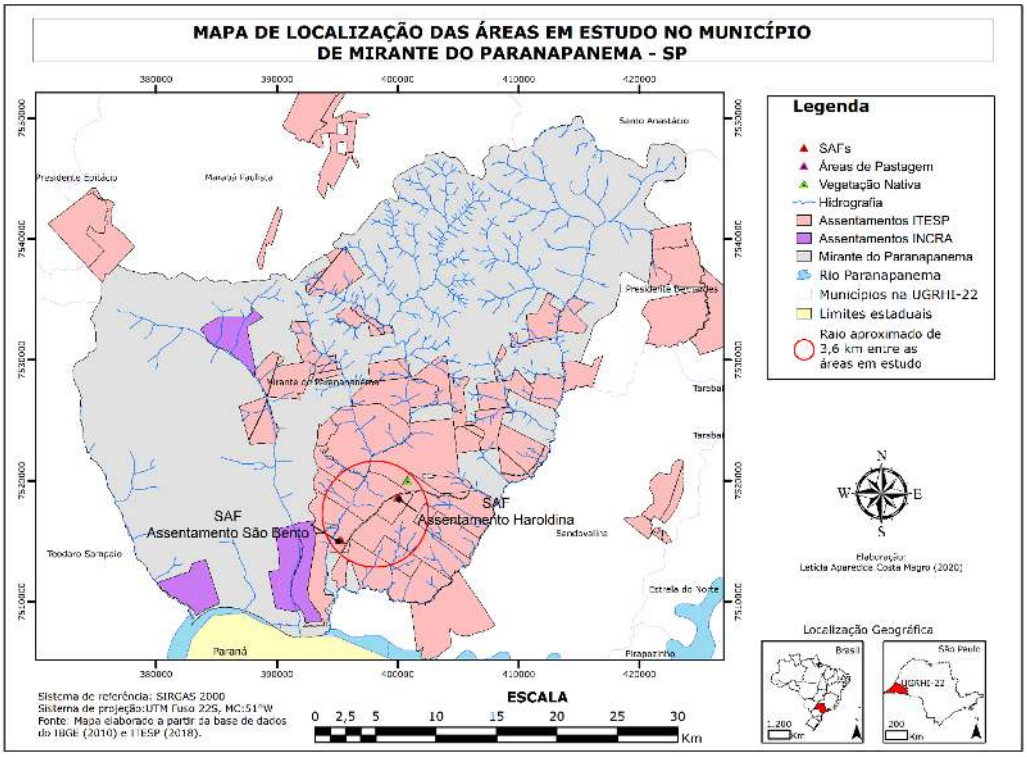
A região de estudo localiza-se no Pontal do Paranapanema, extremo oeste do Estado de São Paulo. Para a definição das áreas, foi determinado algumas primícias como: ter no mínimo 1 hectare; estar no menor raio de distância possível e estar ocupada com SAF (duas áreas), pastagem sem manejo vizinha a área de SAF (duas áreas), e mata nativa (uma área). Sendo que as áreas de SAF precisavam ter idades distintas, para servirem de comparação.

Para as escolhas das áreas de estudo contamos com auxílio do Instituto de Pesquisas Ecológicas - IPÊ, que executa um importante trabalho na região há mais de 20 anos, trabalhando com projetos que visam o desenvolvimento dos SAFs no Pontal do Paranapanema, junto a assentados rurais de programas de reforma agrária, em uma área de grande impacto para a proteção da Mata Atlântica e toda a sua biodiversidade (Figura 1). Na companhia de representantes do IPÊ, foi realizada uma primeira visita de campo para certificarmos que as áreas escolhidas atendiam as primícias pré-definidas e averiguar o interesse dos proprietários em participar do projeto, os quais se declararam interessados. Além disso, o IPÊ também fará o acompanhamento das coletas de dados quando se der o início efetivo do presente projeto.

Baseando-se nas características pré-determinadas, foram escolhidas 5 áreas de estudo sendo duas no assentamento São Bento (SAF iniciado em 2002 e uma pastagem sem manejo), duas no assentamento no assentamento Haroldina (SAF iniciado em 2015 e uma pastagem sem manejo) e uma área de mata nativa próxima às demais áreas. As pastagens sem manejo estão a mais de 20 anos sem qualquer tipo de intervenção mecânica e química.

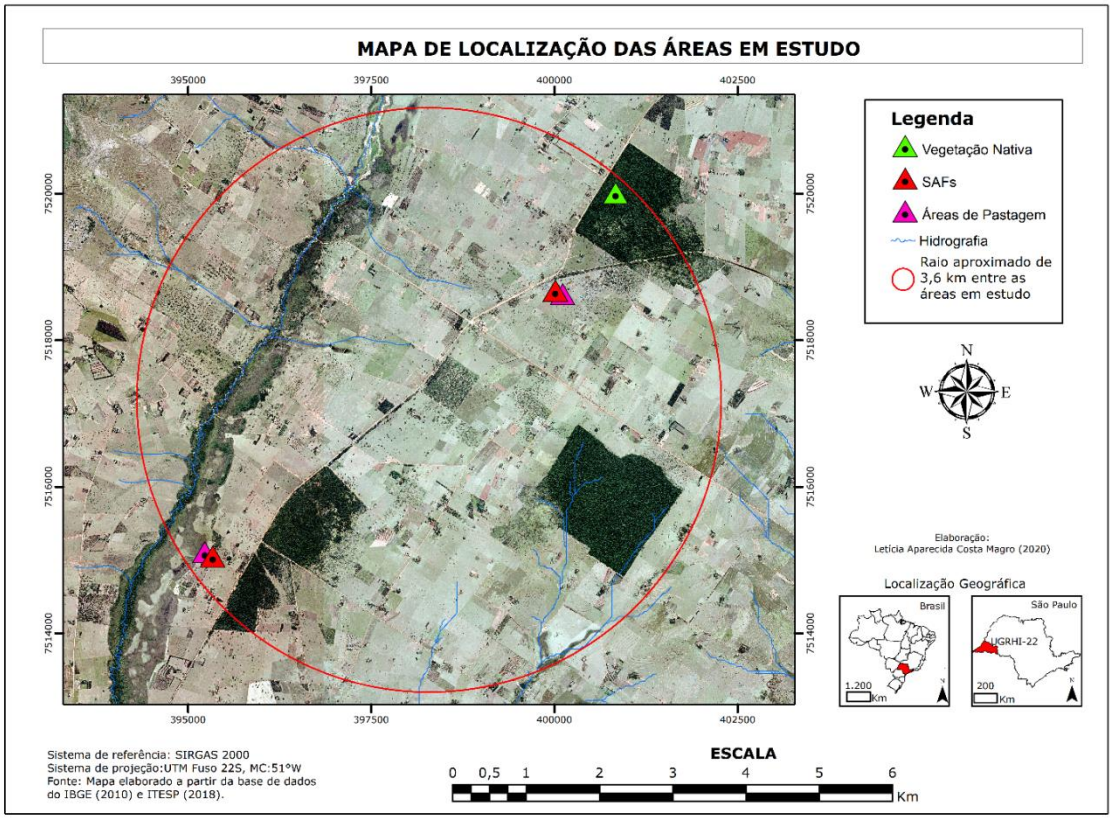
A figura 1 ilustra o mapa de localização das áreas em estudo, e a figura 2 tem-se um raio, evidenciando que as áreas escolhidas estão aproximadamente em 3,6 km, motivo pelo qual se consegue preservar características próximas de solo, clima, entre outros, que auxiliam para fins de comparação.

Figura 1. Áreas em estudo.



Fonte: (Autores, 2020).

Figura 2. Localização das áreas em estudo



Fonte: (Autores, 2020).

2.2. Coleta das amostras de solos

Para cada uma das áreas de estudo (cinco áreas no total) foi definido um grid com 5 pontos aleatórios para coleta de amostra de solos na profundidade de 0-10 cm. As coletas foram realizadas com auxílio de uma espátula, devidamente marcada com o limite correto de coleta. O sistema de coleta adotado foi o

composto, onde num raio de 1 metros do local do ponto do respectivo ponto foi realizada a coleta de 5 sub-amostras. Estas sub-amostras foram colocadas em um balde de plástico e homogeneizadas para então proceder a retirada de uma amostra composta, com aproximadamente 500g de solo correspondendo a uma amostra representativa do respectivo ponto de coleta.

Todas as amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente etiquetados e identificados, e guardados em caixa térmica resfriada para então serem conduzidas ao laboratório de análises microbiológicas da Unoeste.

2.2. Atividade da enzima desidrogenase

A atividade da enzima desidrogenase foi estimada segundo Van Os e Ginkel (2001), e foram realizadas em triplicatas, sendo pesadas 5 g de solo de cada amostra, e estas foram colocadas em tubos de ensaio. Posteriormente, foi adicionado 2 mL da solução T.T.C a 1%, juntamente com 1 mL de glicose a 0,1%. Na amostra "branco" foram adicionadas 1mL de glicose a 0,1% e 2 mL de solução tampão tris a 0,1 M (pH= 7,6). As amostras foram misturadas em agitador tipo VORTEX e incubadas em tubo de ensaio a 30 ºC, por 18 h. Após a incubação, foi adicionado 9 mL de metanol em todas as amostras, e logo em seguida, filtradas para a realização da leitura no espectrofotômetro em 530 nm. Os resultados foram ajustados em curva padrão e expressos na forma de concentração de TTF – formazan (ug.g^{1}).

2.3. Análise da fosfatase

A determinação da atividade da fosfatase ácida e alcalina será efetuada de acordo com o método preconizado por Alef e Nannipieri (1995). O método fundamenta-se na análise da concentração de p-nitrofenol resultante da hidrólise enzimática de p-nitrofenil fosfato. Em 0,15 g de solo foram adicionados tampão pH 6,5 para análise da fosfatase ácida e tampão pH 11,0 para análise da fosfatase. Para ambas as enzimas, serão adicionados 0,12 mL p-nitrofenil fosfato 0,05M com vigorosa homogeneização e posterior incubação durante 1 hora, com temperatura de 37°C. Posteriormente, serão adicionados 0,5 mL da solução de reagentes para colorimétrica. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 8.000 g por 5 minutos, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro a 400 nm. A concentração de p-nitrofenol presente em cada amostra foi determinada com base na curva padrão (0;2;5;7,5;10 g de p-nitrofenol/mL).

2.4. Análise da β-glucosidase

A atividade de β-glucosidase foi descrita segundo a metodologia proposta por Tabatabai (1994). Em erlenmeyers foi adicionado 1 g de solo, 4 mL do tampão MUB pH 6 e 1 mL da solução PNG, os frascos foram agitados até misturar os conteúdos. Os tubos serão tampados e colocados em banho-maria a temperatura de 37º C pelo tempo de 1 hora. Após esse período de 1 hora, foram adicionados 1 mL de $CaCl_2$ 0,5 M e 4 ml de THAM 0,1M pH 12, seguido de agitação. O meio será filtrado em papel filtro com auxílio de um funil de vidro, e a quantidade p-Nitrofenol (pNP) presente no filtrado determina a intensidade da cor amarela no espectrofotômetro a 420 nm.

2.5. Análise da arilsulfatase

A atividade da arilsulfatase foi determinada segundo a metodologia proposta por Tabatabai e Bremner (1970). Em erlenmeyers de 50 mL foi adicionado 1 g de solo, 4 mL de tampão acetato de sódio pH 5,8 e 1 mL de solução de PNS 50 mM preparada no tampão. Os frascos foram fechados, agitados manualmente e incubados na incubadora por 1 hora a 37°C. Após este período, serão imediatamente adicionados 1 mL de $CaCl_2$ 0,5 M e 4 mL de NaOH 0,5 M seguido de agitação. O meio reacional foi então filtrado em papel de filtro qualitativo, e a quantidade de p-nitrofenol presente no filtrado determinada colorimétricamente a 410 nm e preparo de curva padrão de p-nitrofenol.

2.6. Método de hidrólise do diacetato de fluoresceína - FDA

A atividade hidrolítica do FDA foi estimada segundo Swisher e Carroll (1980). Amostras de 5 g de solo foram transferidas para erlenmeyer (125 mL), juntamente com 20 mL de tampão fosfato de potássio pH 7,6 e 0,2 mL de solução estoque de FDA (2 mg mL^{-1} acetona). Após incubação na temperatu de 25ºC, por 20 minutos sob uma agitação de 150 rpm, a reação será interrompida pela adição de 20 mL de acetona. As suspensões de solo foram filtradas e a leitura realizada em espectrofotômetro a 490 nm.

2.7Análises estatísticas

Os dados das atividades enzimáticas foram submetidos à análise de variância (ANOVA), onde analisou-se as diferenças das médias dos atributos bioquímicos entre as áreas de estudo.

Quando as variáveis foram diferentes estatisticamente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, sendo esses procedimentos realizados com o auxílio do programa estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS

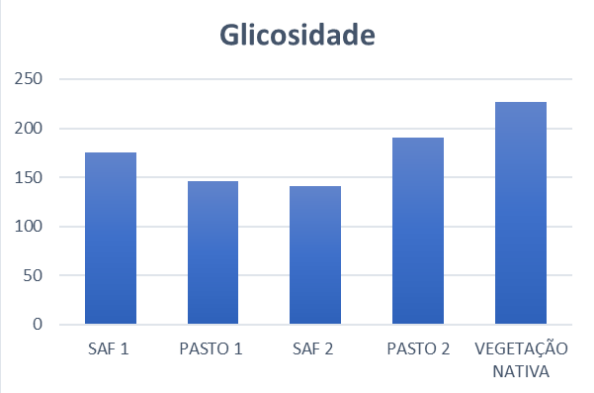
Os resultados obtidos na análise da desidrogenase, arilsulfatase e fosfatase não apresentaram diferenças significativas entre si na análise estatística realizada.

Quando analisamos os resultados obtidos no FDA, nota-se que houve significância entre si. No gráfico 1 é possível observar que o Pasto 1 apresentou o menor valor de FDA quando comparado com os outros tratamentos.



Podemos verificar que os tratamentos foram superiores a área de PASTO 1 em 60,28%.

E na análise da glicosidade, temos que o melhor tratamento foi a VEGETAÇÃO NATIVA quando comparada aos outros tratamentos.



Pela análise tem-se que os outros tratamentos (SAF 1, PASTO 1, SAF 2 e PASTO 2) apresentaram valores inferiores, na ordem de 27,89%, quando comparado com a VEGETAÇÃO NATIVA.

4. DISCUSSÃO

As enzimas do solo são indicadores sensíveis que são usufruídos no monitoramento de alterações ambientais, sendo capazes de serem empregados como ferramenta para orientar o planejamento e avaliação de uso e/ou conservação de solos (DORAN; PARKIN, 2005). São importantes na estruturação física do solo, participando de inúmeras reações necessárias à atividade microbiana, tais como decomposição de resíduos orgânicos, formação de húmus e ciclagem de nutrientes (MIGUEL *et al.*, 2011).

A atividade da desidrogenase no solo reflete a atividade oxidativa total da microbiota (ANDRADE, SILVEIRA, 2004), e na comparação das áreas com SAF, vegetação nativa e pasto não foi possível evidenciar significativamente as alterações.

Outra análise realizada, foi a arilsulfatase, que também não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, isso pode ocorrer, pois a principal enzima que participa do ciclo do enxofre é a arilsulfatase, e o enxofre (S) é absorvido pelas raízes das plantas predominantemente na forma inorgânica, ou seja, sulfato (SO4-2). Estima-se que mais de 90% do S nos solos encontra-se na forma orgânica, compondo a matéria orgânica do solo (TABATABAI, 1994) Com isso a matéria orgânica no solo pode ser considerada o maior reservatório de S para as plantas, e a nas áreas de vegetação nativa e SAF é possível encontrar grandes quantidades de serapilheira, onde as alterações da arilsulfatase podem apresentar maiores alterações.

A fosfatase foi analisada e não apresentou diferenças significativas. A enzima mais comum entre as fosfatases é a fosfatase ácida. Essa é dependente do pH do solo, sendo encontrada em solos ácidos (pH < 6), e é produzida por plantas e microrganismos. (RAO; SCELZA; GIANFREDA, 2014). Os solos da região do Pontal do Paranapanema, em especial nas áreas de assentamento em estudo, são solos com estrutura muito pobre e mesmo nas áreas de SAF e vegetação nativa não ocorreu melhorias dessa enzima em comparação com as áreas de pasto.

O método da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) se revelou um bioindicador de sucesso, sendo capaz de diferenciar os solos de SAF e de vegetação nativa com a área de Pasto 1. Nota-se que a tendência com o passar dos anos é que a área de SAF se assemelhe a área de vegetação nativa e a área de pasto não acompanhe esse desenvolvimento.

A beta-glicosidase é uma enzima que atua na etapa final do processo de decomposição da celulose, pela hidrolisação dos resíduos de celobiose (TABATABAI, 1994), e alterações em sua atividade podem ter, portanto, influência sobre a qualidade do solo (PASSOS, 2008). No presente estudo o tratamento que apresentou o melhor valor de glicosidade foi a vegetação nativa, podendo sugerir que é a melhor qualidade de solo encontrada na comparação com os tratamentos analisados.

A qualidade biológica do solo representa um componente importante da estabilidade e funções de ecossistemas. As atividades de enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes constituem bioindicadores sensíveis para detecção de alterações ambientais em funções de atividade antrópica.

Os SAFs, ao agregarem árvores com outros componentes agrícolas e pecuários, proporcionam "benefícios que vão desde a melhoria da fertilidade dos solos, da produtividade e da proteção dos cultivos até a utilização eficiente do espaço, o estímulo à economia de produção de forma participativa" (DAL SOGLIO, FÁBIO; KUBO, 2015).

Ressalta-se que as SAFs implantadas na região do Pontal do Paranapanema têm um papel relevante para a reconstrução da paisagem, pois estas servem como corredores ecológicos, possibilitando a interligação dos fragmentos florestais isolados (GOMES, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As enzimas analisadas no presente estudo evidenciaram que a desidrogenase, arilsulfatase e fosfatase não tiveram mudanças significativas entre os tratamentos. As alterações observadas ocorreram nas análises do FDA e da glicosidase.

Na atividade microbiana do FDA mostrou que a área sem manejo mais antiga (Pasto 1) se mostrou inferior aos outros tratamentos, representando mais de 60% melhores do que o Pasto 1. E na glicosidade a área que apresentou melhores resultados de qualidade do solo foi à vegetação nativa na comparação aos outros tratamentos.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, pela taxa recebida como apoio financeiro na pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1191-1198, 2004. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001200005

DE ALMEIDA, G. C. A. **SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS:** ESTADO DA ARTE E ESTUDO DE CASO EM SÃO GONÇALO. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de) – Universidade Federal Fluminense, 2019.

DORAN, J. W. PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In*: DORAN, J.W.; ESPINDOLA, J. A. A. (ed.). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Madison, WI: The Soil Science Society of America, 1994, v.35, p. 1-21. DOI: https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1

DUARTE, E. S., *et al.* Atividade de fosfatase ácida e alcalina do solo de área minerada em diferentes estágios de regeneração ambiental. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015. Natal, RN. **Anais** [...]. Natal: SBCS, 2015.

FRANCESCONI, W. *et al.* Agroforestry dissemination and the social learning theory in Pontal do paranapanema Center for Subtropical Agroforestry, UF View project Social Vulnerability and Environmental Risk View project. **The International Journal of Environmental Sustainability**, v. 9, n. 4, p. 1-18, , 2014. https://doi.org/10.18848/2325-1077/CGP/v09i04/55101

GANDARA, F. B. *et al.* Análise comparativa da macrofauna do solo de um sistema agroflorestal e um agrícola convencional em Piracicaba - SP.**Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1263–1267, 2007.
Disponível em: https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/7411. Acesso em: 9 set. 2022. ,

GOMES, H. B.. **Sistemas agroflorestais em assentamentos rurais: uma contribuição para a construção de sistemas produtivos sustentáveis? Uma visão a partir dos agricultores.** 2013. 77 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2013.

GURGEL, F. L. *et al.* Implantação de SAF com espécies frutíferas nativas em área de agricultura familiar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p. 1-6, 2015. Disponivel em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/143983/1/18377-78854-1-PB.pdf. Acesso em: 9 dez. 2022.

JUNQUEIRA, A. *et al.* Sistemas agroflorestais e mudanças na qualidade do solo em assentamento de reforma agrária. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. 102–115, 2013.

MIGUEL, D. L. *et al.* Enzimas do solo em áreas sob sistemas agroflorestais no município de Esperantina, Piauí. *In*: SEMANA CIENTÍFICA JOHANNA DÖBEREINER, 11., 2011, Seropédica. Mudanças climáticas, desastres naturais e prevenção de riscos: **Anais** [...] Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011.

PASSOS, Samuel Ribeiro *et al.* Atividade enzimática e perfil da comunidade bacteriana em solo submetido à solarização e biofumigação. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 43, p. 879-885, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000700012

PEZARICO, Carmen Regina *et al.* Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013. DOI: https://doi.org/10.4322/rca.2013.004

PRADO, R. B. Serviços ecossistêmicos e ambientais na agropecuaria. Embrapa, 2014.

RAO, M. A.; SCELZA, R.; GIANFREDA, L. Soil Enzymes. *In*: GIANFREDA, L.; RAO, M. A. (org.). **Enzymes in Agricultural Sciences**. USA: OMICS Group, 2014. p. 10-43.

ROSHETKO, J. M.; BERTOMEU, M.. Multi-species and multifunctional smallholder tree farming systems in Southeast Asia: Timber, NTFPs, plus environmental benefits. **Annals of Silvicultural Research**, v. 39, n. 2, p. 62–69, 2015.

SILVA ARAGÃO, O. O. *et al.* Microbiological indicators of soil quality are related to greater coffee yield in the Brazilian Cerrado region. **Ecological Indicators**, v. 113, January, p. 106205, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106205

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. *In*: BOTTOMLEYP. J. ; SCOTT ANGLE, J.; WEAVER, R, W, (ed.). **Methods of soil analysis: Part 2:** microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America book series, 1994. p. 775–833. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.2.c37

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, n. 2, p. 195–276, 2002.

VAN OS, G. J.; VAN GINKEL, J. H. Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. **Soil Biology & Biochemistry,** London, v. 33, n. 11, p. 1447-1454, set. 2001 https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00053-0