

Rotações Culturais Influenciam a Qualidade Biológica do Solo sob o Sistema de Integração Lavoura-pecuária

Aline Martineli Batista⁽¹⁾; Caroline dos Santos Martins Guieiro⁽²⁾; Bianca Braz Mattos⁽³⁾; Crísia Santos de Abreu⁽⁴⁾; Miguel Marques Gontijo Neto⁽⁵⁾; Ivanildo Evódio Marriel⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Graduanda em Engenharia Agrônoma; Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ; Sete Lagoas, MG; Bolsista PIBIC do convênio CNPq - Embrapa; martineli.aline@gmail.com ⁽²⁾ Graduanda em Engenharia Ambiental; Centro Universitário de Sete Lagoas – UNIFEMM; Sete Lagoas, MG; Estagiária; Embrapa Milho e Sorgo; carolguieiro@hotmail.com ⁽³⁾ Analista; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; bianca.mattos@embrapa.br ⁽⁴⁾ Mestre em Ciências Agrárias; Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ; Sete Lagoas, MG; crisiaabreu@gmail.com ⁽⁵⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas, MG; miguel.gontijo@embrapa.br ⁽⁶⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Professor; Universidade Federal de São João Del Rei – UFSJ; Sete Lagoas, MG; ivanildo.marriel@embrapa.br

RESUMO: A Integração lavoura-pecuária (ILP) consiste em sistemas produtivos conservacionistas e destaca-se como uma das tecnologias disponíveis para contribuir com a sustentabilidade agropecuária no Cerrado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sistema ILP, em solo de Cerrado, mediante atividades das fosfatases ácida e alcalina, envolvidas na ciclagem do fósforo (P), como bioindicadoras de qualidade do solo. O trabalho foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo. As amostras de solo foram retiradas em áreas sob o sistema ILP instalado em 2010, onde as culturas consistem em milho solteiro, soja solteira, pastagem de braquiária e sistema Santa-Fé, sendo alguns tratamentos alternados anualmente. O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, com 25 parcelas experimentais cada e três repetições. A atividade das fosfatases ácida e alcalina foi determinada em laboratório de acordo com um método colorimétrico. Apenas a atividade enzimática da fosfatase ácida apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) em relação aos tratamentos, porém, ambas apresentaram diferenças significativas em diferentes profundidades. A interação entre a profundidade e os tratamentos não foi significativa para nenhuma das enzimas avaliadas. Rotações culturais tendem a ser melhores que monocultivos, com base na análise da fosfatase ácida. A adoção do sistema Santa-Fé, mesmo que sem rotação, supera o monocultivo. As atividades das fosfatases ácida e alcalina são mais intensas na profundidade de 0-20 cm. A fosfatase alcalina não é um bom indicador de qualidade biológica do solo de Cerrado nas condições avaliadas.

Termos de indexação: fosfatase ácida, fosfatase alcalina, sistema conservacionista.

INTRODUÇÃO

Apesar dos solos do Cerrado serem considerados de baixa produtividade, devido aos

seus solos altamente intemperizados, ácidos e pobres em nutrientes, a região tem sido o foco de intensa expansão agrícola desde os anos 1970 (Vendrame et al., 2010).

A Integração lavoura-pecuária (ILP) destaca-se como uma das tecnologias disponíveis para contribuir com a sustentabilidade da agropecuária moderna no Cerrado. Pois, de acordo com Alvarenga & Noce (2005), consiste em sistemas produtivos que incentivam a diversificação, a rotação e a consorciação de culturas e também a sucessão das atividades agrícolas e pecuárias dentro de uma mesma propriedade rural de forma planejada, constituindo um mesmo sistema, onde há benefícios tanto para a agricultura quanto para a pecuária, além de ser um sistema que busca recuperar áreas degradadas, especialmente as pastagens.

Tendo suas atividades influenciadas pelos diversos sistemas de uso e manejo do solo, os microrganismos ali presentes são um importante indicativo de mudanças da qualidade do mesmo. E, por esta razão, a análise de atributos, como por exemplo, as enzimas oriundas de microrganismos, são bioindicadores importantes para monitorar a qualidade biológica do solo, que por sua vez, contribui para um sistema produção sustentável nessa região.

Sendo o fósforo (P) considerado um dos nutrientes mais limitantes à produtividade nos agroecossistemas na maioria dos solos brasileiros (Ae et al., 1990), destacam-se dentre as enzimas oriundas de microrganismos as fosfatases ácida e alcalina, que são importantes no ciclo do fósforo e sofrem alterações pelas práticas de manejo do solo, sendo verificadas reduções acentuadas em sistemas de manejo convencional, em comparação aos considerados conservacionistas (Aon et al., 2001).

Objetivou-se avaliar com esse trabalho o efeito da rotação e consorciação de culturas sob a qualidade biológica do solo de Cerrado, mediante as atividades das fosfatases ácida e alcalina,

envolvidas na ciclagem do P, como bioindicadoras de qualidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas, MG. A área do plantio está localizada na latitude 19°27,318'S e longitude 44°10,978'W, com altitude média de 744 m, em uma área de 9.072 m² onde o solo é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro. As análises enzimáticas foram feitas no laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, de junho a dezembro de 2013.

O experimento foi disposto em delineamento de blocos casualizados, com 19 tratamentos e três repetições, totalizando 57 parcelas experimentais. As amostras de solo foram coletadas em junho de 2013 nas parcelas experimentais submetidas a diferentes sequências de culturas nas safras anteriores, entre 2010 a 2013 (**Tabela 1**). Como tratamento controle foi utilizado o solo do Cerrado natural. As amostras de solo foram retiradas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, na linha e entrelinha de plantio das culturas anuais, sendo as linhas espaçadas em 45 cm.

A atividade das fosfatases ácida e alcalina foi determinada de acordo com o método preconizado por Tabatabaie et al. (1994). 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 e 11,0 para análise da fosfatase ácida e alcalina, respectivamente. Para ambas as enzimas foram adicionadas 0,12 mL de p-nitrofenil fosfato 0,05 M com vigorosa homogeneização e posteriormente foram deixadas em incubação, durante 1 hora, em temperatura de 37°C. Adicionou-se, posteriormente, 0,5 mL da solução de reagentes para colorimétrica. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 8000 rpm por 5 minutos, então foi realizada a leitura 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 µg p-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo). Os resultados obtidos da atividade das enzimas foram expressos em µg p-nitrofenol h⁻¹ g⁻¹ solo.

Para que obtivéssemos um resultado expressivo de toda área foram feitas médias dos resultados de linha e entre-linha de plantio para cada um dos tratamentos de forma que os mesmos pudessem ser avaliados em comparação com o Cerrado natural.

O pacote estatístico utilizado para análise de experimentos foi o SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (Ferreira, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade da fosfatase ácida apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) em relação aos tratamentos (**Tabela 2**), sendo que o solo do Cerrado obteve resultado superior aos demais, indicando maior atividade desta enzima neste ecossistema, o que se deve ao fato de ser um ecossistema não alterado. Pois, assim como observou Bandick & Dick (1999), é comum observar valores relativamente maiores em solos não alterados quando comparados a solos sob algum manejo, já que a microbiota é favorecida pela maior diversidade e pela cobertura vegetal. Segundo Perez et al. (2004), a grande quantidade de raízes e a maior quantidade de água retida no solo, nas condições de vegetação nativa, estimulam a manutenção da microbiota do solo, enquanto que os solos submetidos à atividade agrícola costumam apresentar condições adversas que, normalmente, fazem a população microbiana decrescer.

Não foi detectada diferença estatística significativa ($P \leq 0,05$) para a atividade da fosfatase alcalina entre os diferentes tratamentos sob o sistema ILP (**Tabela 2**). Sendo, os valores observados para os tratamentos em torno de 91% do detectado para o ecossistema Cerrado, indicando que este pode ser um parâmetro de menor sensibilidade para a utilização como indicador de qualidade biológica do solo. Isto ocorre devido ao fato de que os solos do ecossistema Cerrado são naturalmente ácidos pela constituição do material de origem (Fageria & Gheyi, 1999). Assim, o Cerrado nativo apresenta pH de natureza ácida de forma a ser esperado que haja um predomínio da atividade da fosfatase ácida em relação à alcalina (Fernandes et al., 1998). Rojo et al. (1990) também verificaram esta tendência, devido ao fato da fosfatase ácida predominar em solos ácidos e a alcalina em solos alcalinos.

A atividade enzimática em diferentes profundidades apresentou diferença estatística significativa ($P \leq 0,05$) tanto para a fosfatase ácida, quanto para a alcalina (**Tabela 3**). De forma a coincidir com o esperado, a maior atividade de ambas as enzimas ocorreu em profundidade de 0-20 cm, onde há maior quantidade de microrganismos devido à prevalência de condições de aerobiose nesta região mais superficial. Silva et al. (2013) obteve resultados que demonstram que a quantidade de microrganismos decresce de acordo com o aumento da profundidade. Logo, sendo as fosfatases ácida e alcalina oriundas de microrganismos, conseqüentemente haverá também menor atividade das mesmas com a redução quantitativa de microrganismos presentes no solo, ou seja, com o aumento da profundidade.

A interação entre a profundidade e os tratamentos não foi significativa ($P \leq 0,05$) para nenhuma das enzimas avaliadas, demonstrando

que os tratamentos utilizados, no geral, têm melhores atividades das fosfatases ácida e alcalina na profundidade de 0-20 cm. No entanto, nota-se que para a fosfatase ácida os tratamentos 8, 14, 15 e 16 resultaram em médias maiores na profundidade de 20-40 cm (**Figura 1**) e para a fosfatase alcalina apenas o tratamento 1 apresentou maior média nesta profundidade (**Figura 2**).

Tabela 1 - Distribuição e alternância dos tratamentos durante o período de 2010 a 2013, estabelecendo-se o sistema de Integração lavoura-pecuária.

Tratamentos	Ano/Safra		
	2010/11	2011/12	2012/13
1	Milho	Milho	Milho
2	Santa-Fé	Santa-Fé	Santa-Fé
3	Soja	Soja	Soja
4	Pastagem	Pastagem	Pastagem
5	Santa-Fé	Soja	Santa-Fé
6	Soja	Santa-Fé	Soja
7	Santa-Fé	Pastagem	Santa-Fé
8	Pastagem	Santa-Fé	Pastagem
9	Santa-Fé	Pastagem	Pastagem
10	Pastagem	Santa-Fé	Pastagem
11	Pastagem	Pastagem	Santa-Fé
12	Soja	Santa-Fé	Pastagem
13	Santa-Fé	Pastagem	Soja
14	Pastagem	Soja	Santa-Fé
15	Soja	Santa-Fé	Pastagem
16	Santa-Fé	Pastagem	Pastagem
17	Pastagem	Pastagem	Soja
18	Pastagem	Soja	Santa-Fé
19	Cerrado	Cerrado	Cerrado

Tabela 2 - Atividade das enzimas fosfatases ácida e alcalina nos tratamentos. Sete Lagoas, MG.

Tratamento	Fosfatase Ácida		Fosfatase Alcalina	
	----- $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ -----			
1	5078,951	d	1684,619	a
2	5245,315	c	2116,023	a
3	4858,396	d	2242,076	a
4	4643,947	d	2270,442	a
5	4540,216	d	2197,947	a
6	5396,622	c	2032,504	a
7	4617,469	d	2138,587	a
8	4440,691	d	2086,691	a
9	5255,266	c	2039,954	a
10	5546,978	c	2171,906	a
11	6670,769	b	2243,023	a
12	5648,412	c	2156,563	a
13	5872,821	c	2576,073	a
14	5619,666	c	2308,637	a
15	5817,495	c	2193,315	a
16	5582,360	c	2311,383	a
17	5714,130	c	2067,305	a
18	4758,023	d	2278,243	a
19	8283,980	a	2378,278	a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

Tabela 3 - Atividade das enzimas fosfatases ácida e alcalina sob diferentes profundidades.

Profundidade	Fosfatase Ácida		Fosfatase Alcalina	
	-----cm----- $\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ -----			
0-20	5793,389	a	2402,860	a
20-40	5110,980	b	1964,884	b

*médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância.

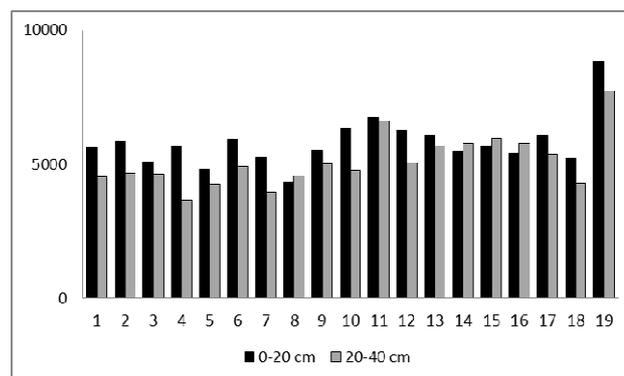


Figura 1. Interação entre profundidade (0-20 e 20-40 cm) e tratamento (1 a 19) para a atividade média da enzima fosfatase ácida ($\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$).

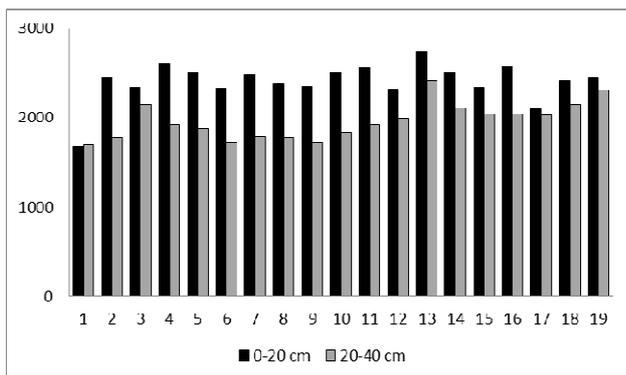


Figura 2. Interação entre profundidade (0-20 e 20-40 cm) e tratamento (1 a 19) para a atividade média da enzima fosfatase alcalina ($\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo).

CONCLUSÕES

Em relação a qualidade biológica do solo, com base na análise da fosfatase ácida, rotações culturais tendem a ser melhores do que monocultivos. Sendo que esta influência depende da composição do arranjo de culturas.

A adoção do sistema Santa-Fé, mesmo sem rotação cultural, é superior ao monocultivo do milho e da soja, bem como de alguns tratamentos com rotação culturais.

As atividades das fosfatases ácida e alcalina são mais intensas na profundidade de 0-20 cm.

A fosfatase alcalina não se apresentou um bom indicador de qualidade biológica do solo de Cerrado nas condições avaliadas.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CNPq, CAPES/PNPD e Embrapa Milho e Sorgo, pelos recursos disponibilizados para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YOSHIHARA, T.; JOHANSEN, C. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, Washington, v. 248, n. 4954, p.477-480, 1990.

ALVARENGA, R. C.; NOCE, M. A. **Integração Lavoura-Pecuária**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 16 p.

AON, M. A. et al. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 18, n. 3, p. 239-254, 2001.

BANDICK, A. K. & DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 31, p. 1471-1479, 1999.

FAGERIA, N. K.; GHEYI, H. R. **Efficient crop production**. Campina Grande: UFPB, 1999. 548 p.

FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; CURI N., LIMA, J. M. de; GUEDES, 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.1159-1170, 1998.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

PEREZ, K. S.; RAMOS, M. L. G. & McMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, 2004.

ROJO, M.J.; CARCEDO, S.G.; MATEOS, M.P. Distribution and characterization of phosphatase and organic phosphorus in soil fractions. *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 22, n. 2, p. 169-174, 1990.

SILVA, P. G.; VIANA, A. A. de O. N.; MARRIEL, I. E.; SANTOS, V. L. dos; SILVA, D. de F. Quantificação da microbiota e atividade da fosfatase ácida e alcalina do solo em diferentes sistemas de manejo com o uso de dejetos suínos como fertilizante. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013. **Anais Ciência do solo: para quê e para quem**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. CD-ROM.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P. J. et. al., (Ed.) **Methods of Soil Analysis**. Part 2: Microbiological and Biochemical Properties, Soil Science Society of America, Madison, 1994. p. 775 - 833.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (Oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. 2010, Rio de Janeiro, **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 82, n. 4, 2010, p. 1085-1094.



XXX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global"