

RESPOSTA DOS INDICADORES DE QUALIDADE SOB DIFERENTES MANEJOS DO SOLO

Wagner Pratis Freire Decleva¹; Pedro Hugo de Angelo Matheos¹ e Odair Alberton²

¹Discentes do curso em engenharia agrônoma da Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: deklewa@gmail.com e pedromatheos@gmail.com.

²Docente do Programa de Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura; Universidade Paranaense – UNIPAR, Umuarama – PR. E-mail: odair@unipar.br.

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram analisar e confrontar duas realidades, um de atividade extrativa com apenas adubação de base e o outro de atividade corretiva e uso de agricultura de precisão, analisando assim indicadores de qualidades do solo tanto químicos (pH, P) e biológicos (matéria orgânica do solo - MOS, respiração basal do solo - RBS e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares – FMAs) na cultura da soja pós colheita no PD. As coletas do solo foram feitas em Cianorte, PR, na camada de 0 – 20 cm de profundidade com 10 repetições em cada área e analisadas em duplicata no laboratório. As médias foram submetidas ao teste-t com médias independentes bilaterais ($p \leq 0,05$), a MOS e a densidade de esporos de FMAs foram maiores na área manejada com agricultura de precisão em comparação a área convencional. A RBS foi maior na área convencional, indicando uma situação de estresse no local. Conclui-se que o solo de atividade corretiva tem extrema vantagem nos quesitos químicos (P) e biológicos MOS, RBS e densidade de esporos sobre o solo de atividade extrativa, desse modo o manejo correto do solo é imprescindível para busca de maior qualidade de solo e produtividade das culturas.

PALAVRAS-CHAVE: (Glycine max (L.) Merrill, indicadores, qualidade do solo, agricultura de precisão.

RESPONSE OF QUALITY INDEX UNDER DIFFERENT SOIL MANagements

ABSTRACT: The objectives of this study were to analyze and confront two realities, an extractive activity with only basic fertilization and other corrective activity and use of precision agriculture, thus analyzing soil quality indicators both chemical (pH, P) and biological (soil organic matter - MOS, basal soil respiration - RBS and density of mycorrhizal fungi spores - AMF) in post harvest soybean crop in PD. Soil samples were collected in Cianorte, PR, in the layer 0 - 20 cm deep with 10 repetitions in each area and analyzed in duplicate in the lab. Means were submitted to t test with bilateral independent means ($p \leq 0.05$), the MOS and density of AMF spores were higher in the managed area with precision farming compared to conventional area. RBS was higher in the conventional area, indicating a stress situation on the ground. It was concluded that the soil corrective activity has great advantage in chemical questions (P) and organic MOS, RBS and spore density on the ground of extractive activity, thereby the correct soil management is essential for pursuit of higher quality soil and crop yields.

KEY WORDS: (Glycine max (L.) Merrill, soil quality indicators, precision agriculture.

INTRODUÇÃO

O grande desafio da agricultura moderna está na busca por um manejo adequado do solo, que contribua para a sustentabilidade econômica e ambiental dos sistemas de produção.

Atualmente, tem havido uma demanda crescente para a identificação de parâmetros que avaliem precocemente a qualidade do solo, identificando os manejos adequados para preservar suas propriedades químicas, físicas e biológicas, buscando maior sustentabilidade no sistema.

A busca por práticas agrícolas que proporcionem altas produtividades, mas que também levem em consideração os diversos aspectos relativos à sustentabilidade ambiental não pode negligenciar o componente biológico do solo, pois os fatores que afetam negativamente os microrganismos podem promover perdas de matéria orgânica, causando deterioração do solo (Lopes et al., 2011; Plaza et al., 2012).

Os microrganismos do solo são considerados um componente crítico de todos os ecossistemas naturais ou manipulados pelo homem, porque representam o agente regulador da taxa de decomposição da matéria orgânica e da ciclagem dos elementos, atuando, portanto, como fonte dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas (Barros et al., 2007). Ademais, os microrganismos representam um reservatório de diversidade genética e funcional, responsável por processos ecológicos, como os ciclos biogeoquímicos e a cadeia trófica (Hunter-Cevera, 1998).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria (produção de óleo vegetal e rações para alimentação animal), indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (Costa Neto e Rossi, 2000).

É fundamental o conhecimento das técnicas de manejo e preparo do solo e seus efeitos, uma vez que no sistema convencional o constante revolvimento causa um impacto imediato na alteração da sua estrutura e das propriedades físicas, químicas e biológicas, resultando na degradação da matéria orgânica (Calegari, 2006). O Sistema Plantio Direto – SPD tem-se caracterizado por manter a maior parte da superfície do terreno coberta e protegida com resíduos culturais, promovendo a retenção de água, mas induzindo a infiltração e a redução da capacidade de transporte de agregados e, conseqüentemente, maior controle na perda de solo (Bertol et al., 2007).

A agricultura em conjunto com o plantio direto merece destaque nesse contexto (Kluthcouski et al., 2003), principalmente em solos de extrema fragilidade, como os arenosos,

visto que possibilita a manutenção e, ou, melhoria nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos. Para a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis, a nutrição mineral adequada é um dos fatores essenciais para tal garantia, em consequência de práticas adequadas de manejo do solo e adubação (Kaschuk et al., 2010).

Os fungos em geral são indicadores da qualidade de um ambiente, quando se quer monitorar áreas sob diferentes níveis de degradação e recuperação do solo é possível usá-los, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), que são um importante grupo da microbiota do solo e formam uma associação simbiótica mutualística com as raízes da maioria das espécies de plantas superiores. Nesta simbiose, os FMAs recebem das plantas hospedeiras fotossintatos essenciais ao seu desenvolvimento e esporulação, e em contra partida, absorvem do solo água e nutrientes inorgânicos e transferem para a planta hospedeira. Além do mais, a associação FMAs e plantas resultam em outros benefícios tais como, o aumento no volume e longevidade de raízes, a resistência à fitopatógenos, pragas e metais pesados e uma maior tolerância ao estresse hídrico (Smith e Read, 2008; Aguiar et al., 2013).

Os objetivos deste estudo foram analisar os diferentes indicadores de qualidade do solo como efeitos químicos (pH e P no solo) e biológicos (Respiração basal do solo - RBS, matéria orgânica do solo - MOS e densidade de esporos de FMAs) causados ao solo pelos diferentes sistemas de manejos na cultura da soja, sendo um sistema de PD com agricultura de precisão e outro sem manejo adequado do solo (degradado).

MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das amostras para estudo foi realizada no município de Cianorte nas áreas sob as coordenadas de latitude: 23°43' Sul, longitude: 52°35' Oeste e latitude: 23°42', de longitude: 52°32' (Tabela 1).

Pela classificação de Koppen o clima é temperado húmido com verão quente (Cfa). As temperaturas variam entre mínimas de 23 °C e máxima de 34 °C. O solo nas duas áreas é classificado como latossolo vermelho distrófico.

Foram utilizadas vinte amostras de solo coletado na camada de 0 a 20 cm de profundidade em Cianorte, logo após a colheita de soja, sendo dez em uma área de arrendamento de nenhum manejo específico, e dez em uma área onde o proprietário utiliza a aplicação de agricultura de precisão, ambas situadas na estrada terra boa, sendo de formação de arenito caiuíá.

A área total é de 15 ha, sendo distribuído 10 pontos de coleta por toda a área, com separação de coleta a cada 50 metros, a caminhada foi realizada em zig-zag.

As amostras compostas coletadas foram ensacadas e mantidas resfriadas para serem utilizadas no experimento para análise dos fatores químicos (pH e P) e fatores biológicos como a RBS, MOS e densidade de esporos de FMAs.

A determinação do pH do solo em CaCl_2 foi realizada conforme Silva (2009).

O P foi determinado pela solução extratora de Mehlich 1 e após por colorimetria conforme Silva (2009).

Tabela 1 – Características dos solos e locais de onde os experimentos foram conduzidos

Local	Latitude (S)	Longitud e (W)	Classificação climática segundo Koeppens	Classificação do solo	Cultura anterior
Convencional	23°43'	52°35'	Cfa	Arenito	Soja (verão)/ milho (inverno)
Precisão	23°42'	52°32'	Cfa	Arenito	Soja (verão)/ milho (inverno)

A RBS foi determinada de 30 g de solo, que foram acondicionadas juntamente com um frasco de 30 mL com 10 mL de NaOH 1 M dentro de frascos de vidro tipo conserva de 500 mL. Os frascos foram fechados hermeticamente e armazenados no escuro em temperatura ambiente. Após oito dias de incubação, os frascos com NaOH foram acrescidos de 2 mL de BaCl_2 a 10% e três gotas de fenolftaleína (solução alcoólica a 3%) para titulação com HCl 0,5 N conforme Silva et al. (2007).

A determinação do C-orgânico do solo foi realizado através do método de reação química de decomposição térmica em mufla e posteriormente estimada a MOS conforme Silva et al. (1999).

Os esporos dos FMAs foram extraídos de 10 g de amostra de solo por peneiramento úmido em malha de 0,710 mm, seguido de centrifugação em água (3000 rpm por 3 min.) e em sacarose 50% (2000 rpm por 2 min.) e recuperação do sobrenadante na malha de 0,053 mm

(Gedermann e Nicolson, 1963). Os esporos foram transferidos para placas de Petri e contados sob microscópio estereoscópio (40X).

As médias foram submetidas ao teste-*t* com médias independentes bilaterais ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa estatístico SPSS versão 16.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que o solo bem manejado e com aplicação de agricultura de precisão, tem uma resposta e acúmulo de fatores superiores de nutrientes no solo comparado com a área convencional (Tabela 2).

Tabela 2 – Características química e granulométrica dos solos. Valores do pH do solo em CaCl₂ (pH), fósforo (P), carbono (C), alumínio (Al³⁺), acidez potencial (H⁺+Al³⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V)*

Solo	pH	P (mg dm ⁻³)	C (g dm ⁻³)	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V (%)	Areia	Silte	Argila
				----- (Cmol _c dm ⁻³) -----					-----			----- (%) -----		
Convencional	5,00	15,12	5,61	0,00	3,69	1,30	0,59	0,10	1,99	5,68	34,99	78,9	3,2	17,9
Precisão	4,70	43,57	5,41	0,15	3,55	2,01	1,01	0,14	3,17	6,72	47,14	78,5	2,8	18,7

*Análises realizadas a partir de uma amostra composta do solo.

A variação do pH no solo entre as áreas analisadas não obteve variação significativa (Tabela 3), o pH do solo foi baixo em ambas as áreas analisadas.

Os teores de P foram significativamente maiores quase dobrando na agricultura de precisão em relação a convencional (Tabela 3). A grande utilização de corretivos e fertilizantes, para busca de uma produtividade mais rentável, acarreta diretamente na disponibilidade do P no solo, as maiores concentrações de P ocorreram nas profundidades superficiais, assim como observado por Souza Júnior et al. (2001), que correlacionou esse comportamento com altos valores de pH e a adição de corretivos e fertilizantes aplicados.

A matéria orgânica do solo (MOS) na área com agricultura de precisão quase triplicou ($p < 0,001$) em relação à convencional (Tabela 3). Possivelmente a atividade microbiana no solo sob manejo adequado, favoreceu um maior fornecimento de matéria orgânica para o solo

e ciclagem de C e nutrientes na agricultura de precisão em relação ao solo degradado (Melloni et al., 2001).

Os parâmetros biológicos do solo, como RBS, são sensíveis às alterações do subsolo, induzidas pela presença, tipo e diversidade da vegetação (Giller et al., 1997; Gama-Rodrigues et al., 1997; Zangaro et al., 2012). Segundo Berry (1994), as populações de micro-organismos variam naturalmente de acordo com as características pedogênicas e variações climáticas locais. A RBS diminuiu significativamente na agricultura de precisão demonstrando que houve menor perda de carbono na forma de CO₂ para a atmosfera em relação a área convencional (Tabela 3). Aguiar et al. (2013), também observaram aumento na RBS em uma área degradada estudada pelos autores.

Tabela 3 – pH do solo em CaCl₂, fósforo (P) (g dm⁻³), teor de matéria orgânica do solo (MOS) (g kg⁻¹), respiração basal do solo (RBS) (mg C-CO₂ kg solo⁻¹ hora⁻¹) e densidade de esporos de fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) (n^o g⁻¹ de solo seco) em comparação de uma área convencional *versus* manejada

Área	pH	P	MOS	RBS	Esporos
Convencional	4,78 ± 0,05	16,75 ± 3,37	6,92 ± 0,24	1,53 ± 0,04	2,77 ± 0,62
Precisão	4,84 ± 0,04	29,98 ± 5,04	18,38 ± 1,45	0,93 ± 0,13	9,74 ± 1,16
Significância	0,382	0,043	≤0,001	≤0,001	≤0,001

Valores médios (± erro padrão, n = 4). Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste-*t* ($p \leq 0,05$).

Os FMAs formam uma associação simbiótica mutualística com as raízes da maioria das espécies de plantas superiores e podem contribuir para o crescimento e sustentabilidade da produção das plantas, através do aumento a absorção de P e água do solo (Smith e Read, 2008). A densidade de esporos dos FMAs mais que triplicou no solo com agricultura de precisão demonstrando um maior potencial de inóculo no solo, fazendo com que seja melhor a absorção de água e nutrientes pelas plantas no solo com a agricultura de precisão (Tabela 3).

Dessa forma além de indispensável, também é economicamente viável um manejo correto do solo, uma vez que o manejo inadequado e intensivo do solo pode ocasionar um estado de degradação que, caso seja reversível, requer muito mais tempo e recurso para sua recuperação (Mendes, 2002), pode-se observar que a atividade microbiana é um fator extremamente afetado em um manejo de solo incorreto e teve um grande peso decisivo nos parâmetros analisados, além da biomassa microbiana do solo, da atuação dos micro-organismos solubilizadores de fosfato e dos FMAs, a produção de enzimas, como as

fosfatases ácidas e alcalinas por microrganismos, é responsável pela mineralização do P orgânico (Dick; Tabatabai, 1993), ou seja, uma vez que os solos que mantêm um alto conteúdo de biomassa microbiana são capazes não somente de estocar, mas também de ciclar mais nutrientes no sistema (Gregorich et al., 1994).

CONCLUSÃO

Conclui-se que os indicadores da qualidade do solo foram afetados positivamente aonde foram adotados métodos mais adequados de manejo, como no caso a agricultura de precisão, em comparação a uma área degradada, pois aumentou a MOS e a densidade de esporos dos FMAs, podendo elevar a produtividades das culturas como a soja.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Paranaense- UNIPAR pelo apoio à pesquisa. Odair Alberton agradece a bolsa produtividade de pesquisa concebida pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

- BARROS, N.; GALLEGO, M.; FEIJÓO, S. Sensitivity of colorimetric indicators of soil microbial activity. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 458, p. 18-22, 2007.
- BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I.; ROLLOF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida a adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.781-792, 2007.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JR, R.; SIQUEIRA, R.; METHA, Y. R.; PASSINI, J. J. (ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, Foz do Iguaçu: ITAIPU, 2006. p. 55-73.
- DICK, W.A.; TABATABAI, M.A. Significance and potential uses of soil enzymes. In: METTING JUNIOR, F.B. (Ed.). **Soil microbial ecology applications in agricultural and environmental management**. New York: M. Dekker, 1993. p. 95-127.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, no. 4, p. 531-537, 2000.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 361-365, 1997.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, v. 46, p. 235-246, 1963.

GILLER, K. E. et al. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 3-16, 1997.

GREGORICH, E. G.; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic-matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Montreal, v. 74, p. 367-385, 1994.

HUNTER-CEVERA, J. C. The value of microbial diversity. **Current Opinion in Microbiology**, Amsterdam, v. 1, p. 278-285, 1998.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 42, no. 1, p. 1-13, 2010.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. & AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 570p.

LOPES, A. R.; FARIA, C.; PRIETO-FERNÁNDEZ, A.; TRASAR-CEPEDA, C.; MANAIA, CM.; NUNES, O. C. Comparative study of the microbial diversity of bulk paddy soil of two rice fields subjected to organic and conventional farming. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 43, p. 115-125, 2011.

MELLONI, R.; PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I. C. B.; SNTOS, D. R.; MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no Sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, p. 7-13, 2001.

MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos.; PEREIRA NETO, J. V. **Uso de indicadores biológicos e bioquímicos para avaliar a qualidade de solos de cerrado sob plantio direto e convencional**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4.; 2002. Rio de Janeiro. FERTBIO 2002: Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado. Rio de Janeiro: [s.n.], 2002. Não paginado.

PLAZA, C.; COUTIER-MURIAS, D.; POLO, A.; SIMPSON, A. J. Physical, chemical, and biochemical mechanisms of soil organic matter stabilization under conservation tillage

systems: A central role for microbes and microbial by-products in C sequestration, **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 1-11, 2012.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JÚNIOR, J. S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 5, p. 21-26, 1999.

SILVA, C. F. **Manual de análises químicas de Solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília DF: Embrapa, 2009. 627 p.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo ($q\text{CO}_2$)**. Seropédica: Embrapa, 2007. Comunicado Técnico 99, 4 p.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 191-199, 2000.

SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Caracterização e classificação de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 977-986, 2001.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal Symbiosis**, 3. ed. London: Academic Press, 2008. 815p.

ZANGARO, W.; ALVES, R. A.; LESCANO, L. E.; ANSANELO, A. P.; NOGUEIRA, M. A. Investment in fine roots and arbuscular mycorrhizal fungi decrease during succession in three Brazilian ecosystems. **Biotropica**, Lawrence, v. 44, p. 141-150, 2012.