



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Relações entre Atributos Microbiológicos e Bioquímicos do Solo com a Produtividade de Soja em Sistema de Plantio Direto

Deborah I. Souza⁽¹⁾; **Vivian N. M. Cervantes**⁽²⁾; **Paula Cerezini**⁽²⁾; **Dáfila S. L. Fagotti**⁽³⁾; **André S. Nakatani**⁽⁴⁾; **Mariangela Hungria**⁽⁵⁾; **Marco A. Nogueira**⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Graduanda; Departamento de Agronomia/CCA; Universidade Estadual de Londrina, CEP 86051-990, Londrina, PR; deborahisouza@hotmail.com; ⁽²⁾ Mestranda; Departamento de Microbiologia/CCB; Universidade Estadual de Londrina; ⁽³⁾ Doutoranda; Departamento de Agronomia/CCA; Universidade Estadual de Londrina; ⁽⁴⁾ Pós-Doutorando; Laboratório de Biotecnologia do Solo; Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, CEP 86001-970, Londrina, PR; ⁽⁵⁾ Pesquisador (a); Laboratório de Biotecnologia do Solo; Embrapa Soja; nogueira@cnpso.embrapa.br

RESUMO - O sistema de plantio direto (SPD) permite maior conservação do solo e da água, melhoria da fertilidade do solo e da atividade biológica, garantindo maior sustentabilidade ao sistema de produção. O objetivo desse trabalho foi identificar atributos microbiológicos e bioquímicos do solo que auxiliem a explicar níveis de produtividade de soja cultivada sob SPD, por meio de métodos multivariados. As amostragens foram realizadas em janeiro e setembro de 2011 em Ponta Grossa, PR, em áreas de cultivo comercial de grãos. Foram coletadas 4 amostras compostas de solo, na profundidade 0-10 cm, em 6 áreas agrícolas com histórico de diferentes níveis de produtividades de grãos. Foram avaliadas a respiração basal (RB), biomassa microbiana de carbono (BMC) e nitrogênio (BMN), atividade das enzimas desidrogenase, celulase, glutaminase e fosfatase ácida. Calculou-se o quociente metabólico (qCO_2) pela razão entre RB e BMC. Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) e análise canônica discriminante (ACD). Na ACP, os bioindicadores avaliados foram relacionados principalmente às áreas de alta produtividade de grãos. A ACD evidenciou a capacidade da BMC e da atividade enzimática em discriminar as áreas de acordo com os níveis de produtividade. Conclui-se que os bioindicadores BMC e atividade das enzimas celulase, glutaminase e fosfatase ácida, podem ser usados para auxiliar a explicar níveis de produtividade de soja em áreas de produção agrícola comercial.

Palavras-chave: qualidade de solo, biomassa microbiana, enzimas do solo, produtividade agrícola.

INTRODUÇÃO - Tanto os resíduos das culturas de interesse econômico como os das plantas de cobertura, ao longo dos anos, acarretam um aumento lento e gradual no teor de matéria orgânica do solo após a adoção do sistema plantio direto (SPD), principalmente na camada de 0 a 10 cm, pois a taxa de decomposição da palha mantida na superfície é menor do que quando incorporada ao solo (Lopes et al., 2004).

A matéria orgânica do solo é a principal fonte de

carbono e energia para os microrganismos e, também, é fonte de nutrientes para as plantas. A redução dos teores de matéria orgânica resulta em declínios na qualidade do solo e na produtividade das culturas (Gregorich et al., 1994).

A variabilidade espacial do rendimento pode refletir uma complexa interação de fatores como os relacionados a aspectos fisiológicos da cultura, problemas decorrentes de intempéries climáticas ou de atributos referentes à qualidade do solo. O uso das ferramentas da agricultura de precisão permite o manejo localizado de áreas agrícolas, trazendo benefícios ambientais e econômicos (Pires e Costa, 2001).

Com relação à qualidade do solo, estudos têm mostrado que a adoção do SPD melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, na maioria das vezes, traz modificações favoráveis à sustentabilidade da produção (Kaschuk et al., 2010).

Para se avaliar a qualidade do solo, é possível utilizar-se de atributos químicos, físicos, microbiológicos e bioquímicos, uma vez que os ecossistemas e sua funcionalidade são governados pela interação destes atributos. Entretanto, existem limitações (tempo, custo e mão-de-obra) que tornam inviáveis adotar todos esses indicadores, devendo-se selecionar os mais promissores. O objetivo deste trabalho foi identificar atributos microbiológicos e bioquímicos do solo que possam ser relacionados à produtividade de soja cultivada sob SPD, por meio de métodos de análise multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS - As amostras de solo foram obtidas no município de Ponta Grossa, Paraná, em janeiro (verão) e setembro (inverno) de 2011, na profundidade 0-10 cm, nas entrelinhas das culturas. Foram coletadas 4 amostras de solo (compostas por 12 subamostras) em seis áreas agrícolas sob SPD com histórico de diferentes produtividades de grãos, sendo duas áreas de baixa produtividade (BP1 e BP2, < 95% da produtividade estadual), duas de média produtividade (MP1 e MP2, entre 95 e 105 da produtividade estadual) e duas de alta produtividade (AP1 e AP2, > que 105% da

produtividade estadual). Segundo a CONAB (2011), o estado do Paraná na safra 2010/2011 obteve uma produtividade de 3360 kg ha⁻¹. Na coleta de verão, as áreas agrícolas estavam sob cultivo de soja [*Glycine max* L (Merrill)], em estágio de R3 a R6; e na coleta de inverno, estavam sob cultivo de cevada (*Hordeum vulgare*) na área de alta produtividade 1 (AP1); e aveia preta (*Avena stringosa*) nas demais áreas. As áreas amostradas são manejadas sob SPD com rotação de culturas e agricultura de precisão desde 2006.

O solo foi homogeneizado, peneirado (4 mm) e armazenado a 4 °C até a realização das análises: respiração basal (RB) conforme Alef (1995), biomassa microbiana de C (BMC) e de N (BMN) conforme Vance et al. (1987) e Brookes et al. (1985), com modificações (Hungria et al., 2009), e atividade das enzimas desidrogenase (Casida et al., 1964), celulase (Schinner e Von Mersi, 1990), glutaminase (Frankenberger e Tabatabai, 1991) e fosfatase ácida (Tabatabai e Bremner, 1969). A razão entre a RB e a BMC forneceu o coeficiente metabólico ou qCO_2 (Anderson e Domsch, 1993). As análises químicas e granulométricas foram realizadas em laboratório de análise de solo.

A análise multivariada DCA (*detrended correspondence analysis*) do conjunto de dados apresentou comprimento de gradiente menor que três, indicando que os dados são lineares e, portanto, adequados para a aplicação da análise de redundância (RDA) e análise de componentes principais (ACP). A RDA foi utilizada para verificar quais variáveis químicas e granulométricas do solo foram significativas para explicar o conjunto de dados microbiológicos. Com os resultados da RDA, foi realizada a ACP, por época de amostragem, para relacionar os bioindicadores e as áreas agrícolas com diferentes níveis de produtividade de grãos, utilizando o programa Canoco versão 4.5.

A análise canônica discriminante (ACD) das áreas agrícolas foi realizada utilizando o programa Statistica 7, para verificar quais variáveis microbiológicas e bioquímicas mais contribuíram para discriminar as áreas sob SPD no verão e inverno, assim como verificar a distância entre os grupos de amostras, sendo consideradas significativas as diferenças a $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - A ACP indicou que, na amostragem de verão (Figura 1A), as áreas foram separadas no plano fatorial, sendo que aquelas com alta produtividade foram relacionadas à maior RB, BMC, BMN, e atividades da desidrogenase, glutaminase e fosfatase ácida. Essas variáveis estiveram associadas ao maior teor de C, silte e umidade, fatores que favorecem maior atividade microbiana e ciclagem de C e nutrientes. Balota et al. (2004) encontraram alta correlação entre a BMC e atividade da fosfatase ácida ($r = 0,79$), o que demonstra que a maior atividade enzimática está associada à maior quantidade de microrganismos, os quais são a principal fonte de enzimas do solo. Uma das áreas de baixa produtividade (BP1) foi altamente relacionada à atividade da enzima celulase, e também ao teor de argila como variável explicativa (Figura 1A). A maior atividade da celulase nessa área pode ser devida à proteção dessa enzima da ação de proteases pela adsorção às partículas

de argila.

Na ACP da amostragem de inverno (Figura 1B), as áreas de alta produtividade foram separadas das demais áreas agrícolas e se relacionaram à RB, atividade da desidrogenase, fosfatase ácida e, em menor grau, à atividade da glutaminase, assim como observado na amostragem de verão. Entretanto, a BMC e BMN estiveram mais relacionadas à área de baixa produtividade (BP1), que no verão já estava também relacionada à maior atividade da celulase.

Na amostragem de inverno, as áreas MP1 e MP2 se encontravam sob cultivo de aveia preta que já havia sido dessecada com herbicida para a instalação da cultura de soja, e se relacionaram negativamente com os bioindicadores avaliados (Figura 1B). Kaschuk et al. (2010) compilaram resultados de vários estudos sobre os efeitos de herbicidas aplicados em diversas culturas e tipos de solos após períodos de incubação que variaram de 2 semanas a 2 meses, e mostraram que os herbicidas comprometeram a BMC e atividade microbiana. Na maioria das vezes, houve diminuição da eficiência metabólica, resultando em maiores valores de qCO_2 .

A ACD (Tabela 1) da amostragem de verão indicou que a atividade da celulase, glutaminase e fosfatase ácida foram as variáveis que contribuíram significativamente para discriminar as áreas agrícolas com diferentes níveis de produtividade de soja. Já na amostragem de inverno, a BMC e a atividade da celulase contribuíram significativamente para discriminar as áreas agrícolas.

A ACD evidenciou a capacidade da atividade enzimática e da BMC em discriminar áreas de produção de soja sob SPD com diferentes níveis de produtividade de grãos. A atividade da celulase apresentou maior potencial como bioindicador de produtividade agrícola, por ter sido significativa nas duas épocas de amostragem.

A biomassa microbiana pode realizar diversos processos no solo, incluindo a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, degradação de compostos xenobióticos, estruturação do solo, mineralização e síntese de matéria orgânica, controle biológico e supressão de patógenos de plantas, e por essa razão, tem sido apontada como um componente importante para a manutenção da qualidade do solo e produtividade das plantas (Nogueira et al., 2006).

CONCLUSÕES - Os indicadores microbiológicos e bioquímicos apresentaram capacidade de separar as áreas agrícolas sob plantio direto, indicando que alguns atributos do solo relativos à ciclagem de C e nutrientes podem auxiliar a explicar diferentes níveis de produtividade da cultura da soja.

Os bioindicadores biomassa microbiana de carbono e atividade das enzimas celulase, glutaminase e fosfatase ácida apresentaram maior capacidade de explicar e discriminar níveis de produtividade de soja em áreas comerciais de produção de grãos.

AGRADECIMENTOS - Trabalho realizado com recursos do projeto Embrapa 02.09.01.019.00.00 Bioindicadores Fase II.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil Respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and Biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p.214-219.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient from CO₂ (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- BALOTA, E. L.; KANASHIRO, M.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.35, n.4, p.300-306, 2004.
- BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.17, p.837-842, 1985.
- CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, v.98, p.371-376, 1964.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, safra 2010/2011, décimo segundo levantamento, setembro 2011**. Brasília: Conab, 2011. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_09_19_09_49_47_boletim_setembro-2011.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2012.
- FRANKENBERGER JR., W. T.; TABATABAI, M. A. L-Glutaminase activity of soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.23, n.9, p.869-874, 1991.
- 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**, v.74, p.367-385, 1994.
- HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R. A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.2, n.3, p.288-296, 2009.
- 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, n.1, p.1-13, 2010.
- LOPES, A. S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004.
- NOGUEIRA, M. A.; ALBINO, U. B.; BRANDÃO-JÚNIOR, O.; BRAUN, G.; CRUZ, M. F.; DIAS, B. A.; DUARTE, R. T. D.; GIOPO, N. M. R.; MENNA, P.; ORLANDI, J. M.; RAIMAN, M. P.; RAMPAZO, L. G. L.; SANTOS, M. A.; SILVA, M. E. Z.; VIEIRA, F. P.; TOREZAN, J. M. D.; HUNGRIA, M.; ANDRADE, G. Promising indicators for assessment of agroecosystems alteration among natural, reforested and agricultural land use in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.115, p.237-247, 2006.
- PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A. Agricultura de Precisão: realidade e perspectivas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, 2001.
- SCHINNER, F.; VON MERSI, W. Xylanase-, CM-cellulase- and invertase activity in soil: an improved method. **Soil Biology & Biochemistry**, v.22, n.4, p.511-515, 1990.
- TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrofenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology & Biochemistry**, v.1, p.301-307, 1969.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v.19, p.703-707, 1987.

Tabela 1 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP) da função canônica discriminante 1 e 2, r (coeficiente de correlação canônico) e TDP (taxa de discriminação paralela) discriminando as áreas agrícolas de cultivo de soja sob sistema de plantio direto, com diferentes produtividades de grãos, na profundidade 0-10 cm, considerando os atributos microbiológicos do solo no verão e inverno.

Variável	Verão					
	Função Discriminante 1			Função Discriminante 2		
	CCP	r	TDP	CCP	r	TDP
Celulase	1,22	-0,05	-0,06	-0,51	-0,43	0,22
Glutaminase	-0,94	-0,36	0,34	1,04	0,19	0,20
Fosfatase ácida	-1,06	-0,54	0,57	-0,57	-0,41	0,23
	Inverno					
	Função Discriminante 1			Função Discriminante 2		
	CCP	r	TDP	CCP	r	TDP
BMC	1,11	0,48	0,53	-1,52	-0,17	0,26
Celulase	0,71	0,58	0,41	0,81	0,20	0,16

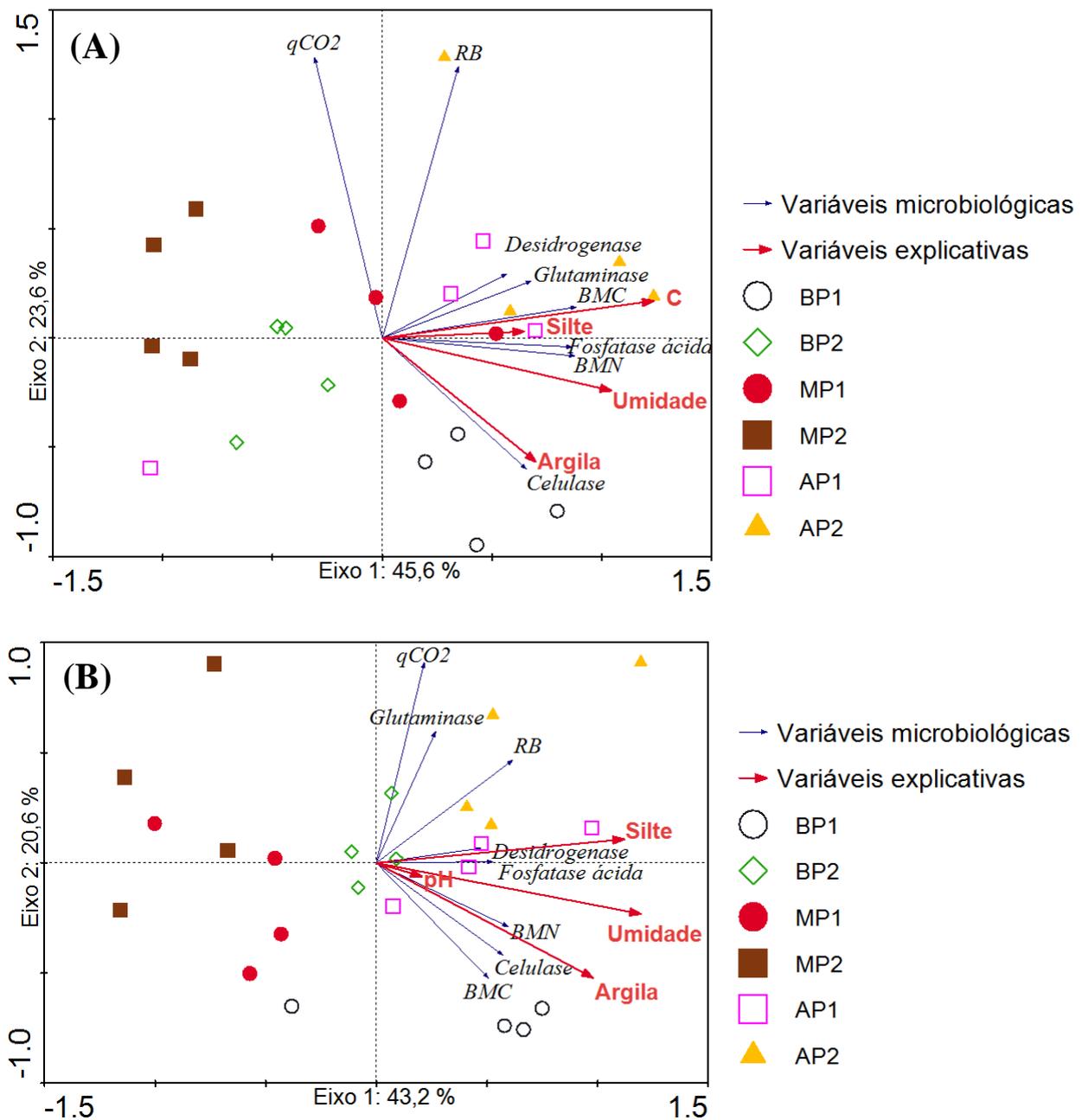


Figura 1 - Análise de componentes principais (ACP) baseada em variáveis microbiológicas e variáveis explicativas de áreas cultivadas com soja no verão, sob sistema de plantio direto, com níveis (BP = baixa, MP = média, AP = alta) produtividade de grãos. RB = respiração basal, BMC = biomassa microbiana de carbono, BMN = biomassa microbiana de nitrogênio, qCO_2 = quociente metabólico. (A) Profundidade 0-10 cm da amostragem de verão, (B) Profundidade 0-10 cm da amostragem de inverno.