



XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas  
XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas  
XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo  
VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo  
Guarapari – ES, Brasil, 13 a 17 de setembro de 2010.  
Centro de Convenções do SESC

## Relação entre os diferentes sistemas de manejo e profundidades na atividade microbiana do solo.

Leticia Babujia<sup>(1)</sup>; Glaciela Kaschuk<sup>(2)</sup>; Adriana Pereira da Silva<sup>(3)</sup>; Leopoldo Sussumu Matsumoto<sup>(4)</sup>; Renan Augusto Ribeiro<sup>(5)</sup>, Julio C. Franchini<sup>(6)</sup> & Mariangela Hungria<sup>(6)</sup>

(1) Doutoranda em Química Analítica da Universidade Estadual de Maringá - Bolsista FUNAPE – Embrapa Soja, leticiab\_@hotmail.com; (apresentador do trabalho) (2) Professora Adjunta da Universidade Paranaense; glaciela.kaschuk@gmail.com (3) Doutoranda em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina – Bolsista CNPq– Embrapa Soja; drikapera@hotmail.com (4) Professor Adjunto da Universidade Estadual do Norte do Paraná; leopoldo@uenp.edu.br (5) Doutorando em Microbiologia da UEL – Bolsista Fundação Araucária – Embrapa Soja; renanribeiro83@hotmail.com (apresentador do trabalho) (6) Pesquisadores Embrapa Soja, franchin@cnpsa.embrapa.br, hungria@cnpsa.embrapa.br

**RESUMO** – As vantagens do plantio direto (PD) sobre o plantio convencional (PC) em relação à qualidade ambiental são resultantes das propriedades físicas, químicas e biológicas que ocorrem no solo. No entanto, a maioria das avaliações considera apenas as camadas superficiais do solo, não corrigindo seus valores pela densidade para realmente explicar as alterações ocorridas no solo. Neste estudo foram avaliados os parâmetros de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e biomassa microbiana (BM) pelo método de incubação e extração em um Latossolo Vermelho Escuro de Londrina, PR, com sucessão das culturas de soja (verão) / trigo (inverno), sob PD e PC por 20 anos. As amostras de solo foram coletadas nas entrelinhas em pleno florescimento da cultura da soja, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm. Através da somatória das profundidades (0-60 cm) e considerando os valores de densidade do solo, o PD apresentou um aumento significativo nos estoques de carbono e nitrogênio da biomassa microbiana (CBM e NBM), respiração basal (RB) e respiração basal induzida [RB(i)]. Em relação aos parâmetros de NT e COT, quando comparado ao PC, o PD apresentou ganhos de 106 kg N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e 0,8 Mg C ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, dos quais 67% se concentram na camada de 0-30 cm. Na camada de 0-60 cm, o PD apresentou taxas anuais de acúmulo de 1,34 kg NBM ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 38,2 kg CBM ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo que na camada de 0-5 cm, a concentração no PD foi 82% superior à do PC.

**Palavras-chave:** plantio direto, respiração basal e biomassa microbiana.

**INTRODUÇÃO** - O Brasil é o melhor exemplo da ampla adoção do PD, com uma área aproximada de 26 milhões de hectares cultivados, representando 70% da produção de leguminosas anuais em todo país (Lal et al., 2007).

Desde 1970 vários estudos têm demonstrado as vantagens ambientais e econômicas relacionadas ao sistema de PD em comparação com o PC. Entre as vantagens está o controle da erosão do solo pelo vento e pela água, conservação da umidade, menor poluição, menor oscilação de temperatura, o aumento da eficiência na ciclagem de nutrientes, melhoria na estrutura do solo, menor consumo de combustível, e economia de tempo em termos de trabalho humano e animal (Lal et al., 2007). Há também a possibilidade de negociação de créditos de carbono, pois, através do PD há um aumento no estoque de C total no solo (COT) (Pacala & Socolow, 2004; Lal et al., 2007).

No Brasil foram relatados benefícios ao solo através do aumento da atividade e diversidade microbiana devido ao sistema de PD (Mendes et al., 2003; Franchini et al. 2007, Pereira et al., 2007; Hungria et al. 2009, Kaschuk et al., 2010), incluindo aumentos de até 100% no CBM em solos sob sistema de PD com tempo inferior a cinco anos (Franchini et al., 2007).

No entanto, os reais benefícios do PD com o aumento do sequestro de C têm sido recentemente questionados, pois a maioria dos estudos realizados até o presente momento avalia apenas as camadas superficiais, inferiores a 30 cm (Baker et al., 2007), e, também, as estimativas dos aumentos de COT no PD não consideram a densidade do solo.

Para avaliar as contribuições benéficas ao solo, comparando os sistemas de PD e PC, foram avaliados principalmente os parâmetros microbianos, correlacionando-os com a profundidade e o sistema de manejo e comprovando, dessa forma, a importância dos bioindicadores para avaliação da qualidade do solo (Sparling, 1997; Kaschuk et al., 2010).

**MATERIAL E MÉTODOS** - O estudo foi realizado na Embrapa Soja, localizada em Londrina, PR, em um experimento com início em 1988-1989. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliados duas práticas de manejo do solo, o PD e o PC, sob as sucessões de culturas: soja (*Glycine max* (L) Merrill.) no verão e trigo (*Triticum aestivum* L.) no inverno.

**Amostragem** - No momento da coleta, o experimento tinha 20 anos. A amostragem foi realizada nas entrelinhas em janeiro de 2009, quando a soja estava em estágio de pleno florescimento (R2). Foram coletadas amostras de solo deformadas e indeformadas feitas em seis profundidades: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm. No laboratório, as amostras deformadas foram homogêneas e peneiradas (< 4 mm), e armazenadas em sacos plásticos a 4 °C, no máximo por 10 dias. As amostras indeformadas de solo foram coletadas em cilindros de aço inoxidável (volume de 100 cm<sup>3</sup>) para avaliação da densidade.

**Análises físicas, químicas e microbiológicas** - A densidade aparente do solo para cada camada amostrada foi avaliada pelo método de Blake & Hartge (1986), sendo esta utilizada nos cálculos do conteúdo de COT, NT e biomassa microbiana.

Para análise de COT e NT as amostras de solo foram secas a 60°C por 48 h, pulverizadas (<2 mm) e avaliados por procedimentos padronizados através da reação de combustão pelo instrumento FLASH 2000 Analyzer NC (Thermo Scientific).

Para as análises de respiração basal e biomassa microbiana utilizou-se o solo úmido e os níveis de umidade foram determinados, para que os valores das análises pudessem ser corrigidos.

**Biomassa Fumigação Extração (FE):** Utilizou-se o método de fumigação-extração modificado de Vance et al. (1987) para a análise de CBM, e o NBM pelo método proposto por Brookes et al. (1985).

A RB, respiração basal induzida RB(i), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e quociente microbiano (razão entre COT e CBM,  $qMic$ ) foram determinadas pelo método proposto por Anderson & Domsch (1978).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - Houve dúvidas, recentemente, sobre a real contribuição do PD sobre o aumento nos estoques de COT, pois a maioria dos trabalhos realizados na América do Norte não

considerou profundidades do solo maiores que 30 cm (Baker et al., 2007). Nesse estudo foi realizado não apenas para esclarecer esta questão, como também para fornecer um dado bastante singular em relação às profundidades superiores a 30 cm do solo, através da avaliação de um conjunto de parâmetros microbianos.

A profundidade de 60 cm foi escolhida porque estudos anteriores em condições semelhantes demonstraram que, para a soja e para o trigo, 95% das raízes se concentram na camada 0-40 cm.

**Propriedades físicas e químicas** - No perfil do solo a densidade maior se concentra nas camadas de 5-30 cm para o PD, e 10-30 cm para o PC. Um dos principais fatores de compactação do solo pode ser explicado pelo tráfego de máquinas, que aumenta na época de plantio (Tormena et al., 1998). Em condições extremas, a compactação pode ser considerada a única desvantagem do PD.

**Estoques de carbono e nitrogênio** - Em relação ao PC, o sistema de manejo PD resultou em um ganho de 16 Mg C ha<sup>-1</sup> depois de 20 anos. A somatória das camadas (0-60 cm) apresentou um teor de COT acumulado de 105,2 Mg C ha<sup>-1</sup> para o sistema de PD e 89,2 Mg C ha<sup>-1</sup> para PC (Tabela 1). O NT incrementou em 12,4 Mg N ha<sup>-1</sup> no PD e em 10,3 Mg N ha<sup>-1</sup> no sistema de PC.

**Parâmetros microbianos** - As concentrações de CBM foram sempre superiores nas camadas superficiais. As camadas superficiais (0-30 cm) do PD também concentraram uma maior quantidade de CBM, aproximadamente 70% em comparação com o PC, com 59%; essa diferença pode ser devido à perturbação da camada superficial, que pode afetar a população microbiana o solo.

O PD resultou em um acúmulo de CBM estimado de 2,95 Mg C ha<sup>-1</sup>, enquanto que no PC este valor foi de 2,19 Mg C ha<sup>-1</sup>. O NBM acumulado no PD foi de 160 kg N ha<sup>-1</sup>, e de 133 kg N ha<sup>-1</sup> no PC (Tabela 1).

A limitação da concentração de N no solo foi confirmada pela análise de NBM. Pode-se supor que o sistema de PD está limitado pelo N nas camadas mais profundas, ocorrendo uma intensa atividade microbiana nas camadas superficiais, evitando qualquer lixiviação de N mineralizado, como também pode estar relacionado ao longo tempo de experimento com a rotação soja-trigo. O PD acumulou, na camada de 0-5 cm, 26,8 kg N ha<sup>-1</sup> a mais que o PC.

Os valores do  $qMic$  variaram 1,96 a 4,23, sendo mais elevados na camada 0-5 cm sob PD, e estatisticamente superiores nas camadas de 20-30 e 30-40 cm (Tabela 2). Segundo Sparling (1992), o  $qMic$  pode ser um indicador muito sensível das mudanças na dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), principalmente quando o solo é

submetidos a diferentes práticas de manejo. A RB e a RB(i) foram maiores nas camadas de 0-40 cm do PD, confirmando maior atividade microbiana (Tabela 2).

O CBM, o NBM e a atividade metabólica dos microrganismos acompanharam a distribuição da MOS no perfil e decresceram com a profundidade do solo.

A relação entre a RB/RB (i) mostra que a glicose foi eficaz no aumento da RB em especial na camada de 0-30 cm. Considerando RB/RB(i), observou-se um incremento da atividade microbiana de 7,0 vezes no PC e de 4,3 vezes no PD. Resultados semelhantes foram relatados por Hungria et al. (2009). Em geral, não foram observadas diferenças na  $qCO_2$  e  $qCO_2(i)$ , entre o PD e o PC.

Pode-se concluir que os atributos microbiológicos avaliados neste estudo mostraram-se sensíveis ao manejo e à profundidade do solo, e permitiram confirmar que o sistema de PD resultou em um maior estoque de COT e CBM em relação ao PC, mesmo considerando a profundidade de 0-60 cm.

#### REFERÊNCIAS –

ANDERSON, J.P.E.; DOMSCH, K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v.10, p.215-221, 1978.

BAKER, J.M.; OCHSNER, T.E.; VENTERA, R.T.; GRIFFIS, T.J. Tillage and soil carbon sequestration-What do we really know? **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.118, p.1-5, 2007.

BLAKE, G.R., HARTAGE, K.H. In: Klute, A. (Ed.), **Methods of Soil Analysis: Physical and Mineralogical Methods**. Bulk density. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1986. p. 363-375.

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.

FRANCHINI, J.C.; CRISPINO, C.C.; SOUZA, R.A.; TORRES, E.; HUNGRIA, M. Microbiological parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v.92, p.18-29, 2007.

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.42, 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.

LAL, R. Constraints to adopting no-till farming in developing countries. **Soil & Tillage Research**, v.94, p.1-3, 2007.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um LE sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.435-443, 2003.

PACALA, S., SOCOLOW, R., Stabilization wedges: solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. **Science** 305, 968-972, 2004.

PEREIRA, A.A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L.M.O.; CAMPO R.J.; TORRES E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1397-1412, 2007.

SPARLING, G.P. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, S.R. (eds.), **Biological indicators of soil health**. CAB International, Wallingford, UK, 1997. 97-119.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v.30, p.195-207, 1992.

TORMENA, C.A., SILVA, A.P., LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 22, 573-581, 1998.

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.** Carbono e nitrogênio (CT e NT), biomassa microbiana (CBM) e (NBM) em um Latossolo Vermelho Eutroférico de Londrina após 20 anos sob os sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC).

Profundidade (cm)	COT		NT		CBM		NBM	
	(kg m <sup>-3</sup> solo)				(g m <sup>-3</sup> solo)			
	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC
0 – 5	25,74 a A	18,23 a B	2,54 a A	1,68 b A	1090 a A	582 a B	66,54 a B	36,48 a B
5 – 10	25,53 a A	18,87 a B	2,41 a A	1,72 ab B	800 b A	570 ab B	43,64 ab A	33,62 ab A
10 – 20	27,92 a A	19,38 a B	2,65 a A	1,90 a B	638 bc A	390 bc B	37,66 ab A	31,28 e A
20 – 30	17,01 c A	16,68 ab A	1,48 b A	1,56 b A	500 cd A	327 c B	34,53 ab A	25,76 e B
30 – 40	12,61 cd A	13,49 bc A	1,24 bc A	1,32 c A	382 de A	336 c A	22,72 abc A	20,06 d B
40 – 50	11,78 d A	11,40 c A	1,11 c A	1,10 d A	270 e A	296 c A	10,96 bc A	16,80 cd A
50 – 60	10,19 d A	9,68 c A	1,00 c A	1,03 d A	221 e A	272 c A	0,01 c A	5,25 bc A
<i>P</i> Manejo	0,062		0,030		0,026		0,033	
<i>CV<sub>m</sub></i> (%)	5,97		5,89		8,30		8,43	
<i>P</i> profundidade	•0,001		•0,001		•0,001		•0,001	
<i>P</i> manejo x prof.	•0,001		•0,001		•0,001		0,004	
<i>CV<sub>mxp</sub></i> (%)	3,90		3,82		28,85		26,60	

Médias de quatro repetições e, quando seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas são referentes à profundidade. Letras maiúsculas para cada parâmetro na linha são referentes ao manejo em cada profundidade. ns: não significativo.

**TABELA 2.** Respiração basal (RB), respiração basal induzida (RB(i)), quociente metabólico ( $qCO_2$ ) e quociente metabólico ( $qCO_2(i)$ ) em um Latossolo Vermelho Eutroférico de Londrina após 20 anos sob os sistemas de plantio direto (PD) e convencional (PC).

Profundidade (cm)	RB		RB(i)		$qCO_2$		$qCO_2(i)$	
	(mg C m <sup>-3</sup> solo dia <sup>-1</sup> )				(mg C m <sup>-3</sup> solo dia <sup>-1</sup> )			
	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC
0 – 5	751,1 a A <sup>a</sup>	466,9 a B	2973,8 a A	2570,9 a B	0,72 b A	0,85 b A	2,85 c B	5,40 bc A
5 – 10	688,6 ab A	429,1 ab B	3255,8 a A	2410,6 a B	1,10 ab A	0,82 b A	5,19 a A	6,26 b A
10 – 20	605,6 bc A	435,7 ab B	2556,1 b A	2294,2 a B	1,23 a A	1,36 ab A	5,22 a B	7,96 a A
20 – 30	497,9 cd A	388,9 ab B	2056,3 c A	1455,5 b B	1,24 a A	1,43 a A	5,15 a B	7,53 a A
30 – 40	384,2 de A	351,3 ab B	1462,6 d A	1262,0 b A	1,17 ab A	1,22 ab A	4,45 b A	5,08 c A
40 – 50	294,9 e A	266,1 b A	1202,6 de A	1180,8bc A	1,22 ab A	1,02 ab A	4,99 ab A	4,59 c A
50 – 60	266,0 e A	254,4 b A	1018,6 e A	832,8 c A	1,34 a A	1,10 ab A	5,14 ab A	4,39 c A
<i>p</i> Manejo	0,009		•0,001		0,205		0,353	
<i>CV<sub>m</sub></i> (%)	7,73		1,36		7,26		7,50	
<i>p</i> profundidade	•0,001		•0,001		•0,001		•0,001	
<i>p</i> manejo x prof.	•0,001		•0,001		0,066		0,003	
<i>CV<sub>mxp</sub></i> (%)	14,14		9,24		19,78		16,50	

Médias de quatro repetições e, quando seguidas de mesma letra não se diferem entre si pelo teste de Tukey a ( $p < 0,05$ ). Letras minúsculas são referentes à profundidade. Letras maiúsculas para cada parâmetro na linha são referentes ao manejo em cada profundidade. ns: não significativo.