



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

Quantificando os efeitos de diferentes usos agrícolas na biomassa microbiana do solo nos biomas brasileiros.

Glaciela Kaschuk⁽¹⁾; Odair Alberton⁽²⁾ & Mariangela Hungria⁽³⁾

(1) Professora Adjunta da Universidade Paranaense - UNIPAR, Umuarama, PR, CEP: 87502-210, glaciela@unipar.br; (2) Professor Titular do Curso de Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, UNIPAR, Umuarama, PR, CEP 87502-210, odair@unipar.br; (3) Pesquisadora Embrapa-soja – Bolsista do CNPq – Londrina, PR, CEP 86001-970, hungria@cnpso.embrapa.br

RESUMO – O Brasil ocupa hoje a terceira colocação na produção agropecuária mundial. Por isso, a manutenção da qualidade do solo nas áreas agrícolas deve ser um dos principais objetivos de agricultores, ambientalistas e governo. Diversos atributos têm sido considerados como indicadores de qualidade do solo, entre eles, o C da biomassa microbiana do solo (CBM) e atributos relacionados. Neste estudo, é apresentada uma meta-análise de 68 experimentos sobre os efeitos de diferentes usos agrícolas na CBM e parâmetros relacionados nos biomas da Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrados, Pantanal e Pampas. A meta-análise mostrou uma redução generalizada, em todos os usos agrícolas verificados, no CBM, no carbono orgânico total (COT), na razão CBM/COT e de maneira geral, um incremento no quociente metabólico (qCO_2 , respiração total/CBM). Entretanto, os cultivos anuais reduziram a CBM mais drasticamente do que cultivos perenes e pastagens. A meta-análise também mostrou que, devido ao uso agrícola do solo, o CBM e a CBM/COT foram reduzidos mais drasticamente nos Cerrados, Amazônia e Pantanal do que nos demais biomas. Isto poderia indicar que esses biomas têm uma menor resiliência microbiana aos distúrbios provocados pelo uso agrícola.

Palavras-chave: qualidade do solo, resiliência microbiana, desmatamento.

INTRODUÇÃO – O Brasil ocupa a terceira colocação na produção agropecuária mundial, seguindo a União Européia e os Estados Unidos da América (WTO, 2009). Entretanto, enquanto o setor agropecuário estimula a economia brasileira, ele também ameaça a biodiversidade. O setor

agropecuário (com uma menor contribuição da urbanização, reflorestamento e mineração) ocupa os diferentes biomas brasileiros, tomando pelo menos 88,3% da área da Mata Atlântica, 78,8% da Caatinga, 25% dos Pampas, 39,5% dos Cerrados, 44% do Pantanal e 9,3% da Floresta Amazônica (Kaschuk et al., 2010a). Seguindo as tendências das últimas décadas, as atividades agrícolas demandarão mais terra agricultável. É possível prevenir o desmatamento de novas áreas promovendo a qualidade do solo e efetivamente mantendo altas produtividades nas áreas já abertas.

A qualidade do solo é definida como a capacidade continuada do solo de funcionar como um sistema vivo, dentro dos ecossistemas e nos limites do uso da terra, para manter a produtividade biológica, promover a qualidade do ar e da água, e manter a sanidade vegetal, animal e humana (Doran & Parkin, 1994). A manutenção da qualidade do solo é considerada fator crucial para a sustentabilidade da agricultura. Como não existem métodos específicos para medir a qualidade do solo, alguns atributos funcionais do solo têm sido utilizados como indicadores de qualidade do solo. Um dos indicadores mais promissores é o C da biomassa microbiana do solo (CBM), uma vez que este tem um ciclo mais rápido do que a matéria orgânica do solo, e mostra uma resposta mais rápida aos distúrbios do que outros parâmetros físico-químicos e a produtividade das culturas (Balota et al., 1998; Kaschuk et al., 2010b).

Neste estudo, os efeitos dos diferentes usos agrícolas no CBM e parâmetros relacionados nos diversos biomas brasileiros foram quantificados por meio de uma meta-análise. Essa análise permite entender os fatores relacionados à manutenção da qualidade do solo sob diferentes manejos, bem como

formular hipóteses sobre a resiliência microbiana nos solos.

MATERIAL E MÉTODOS – Os dados foram coletados de 68 estudos sobre o efeito do uso agrícola do solo sobre o CBM (determinada pelos métodos de Jenkinson e Powlson (1976), Vance et al. (1987) e suas modificações) e parâmetros relacionados (COT, CBM/COT e $q\text{CO}_2$) em biomas brasileiros, publicados entre 1992 e maio de 2010. Os estudos foram localizados nas redes “Web of Science”, “Scopus” e “Google Scholar” por meio das palavras-chave “biomassa microbiana do solo”, “manejo do solo”, “Brasil”, “soil microbial biomass”, “soil management”, “Brazil”. Para a inclusão na meta-análise, o estudo deveria apresentar pelo menos um controle de vegetação nativa em um bioma brasileiro e pelo menos um tratamento de uso agrícola em área correspondente ao de vegetação nativa. Os usos agrícolas considerados foram cultivos anuais, cultivos perenes e pastagens. As informações coletadas para a meta-análise foram: média, desvio padrão ou coeficiente de variação ou erro padrão, e número de repetições dos controles e tratamentos. Os procedimentos estatísticos foram realizados conforme propostos por Gurevitch & Hedges (2001). A interpretação da meta-análise é feita de acordo com as seguintes definições: ‘*R*’ é a razão de resposta, ou seja, o quanto o parâmetro modificou devido ao tratamento; ‘95%IC’ é o intervalo de confiança a $P < 0,95\%$; e ‘*n*’ é o número de dados coletados para a análise. Se *R* e o valor mais baixo de 95%IC forem maiores do que 1, então: a resposta *R* é significativamente positiva; se *R* e o valor mais alto de 95%CI forem menores do que 1, então: *R* é significativamente negativo. Quando os 95%IC não se sobrepõem, então: *R*₁ e *R*₂ são estatisticamente diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO – Considerando todos os biomas brasileiros e 95%IC para inferência estatística, a meta-análise revelou decréscimos significativos com a substituição das florestas naturais tanto por cultivos perenes ($R=0,79$), como pastagens ($R=0,73$), e os efeitos mais drásticos ocorreram com a implantação de cultivos anuais ($R=0,47$), ou seja, diminuição de 53% (Tabela 1). Na média geral, a substituição de cultivos perenes por cultivos anuais diminuiu o CBM em 35% ($R=0,65$); de modo similar, a substituição da pastagem por cultivos anuais provocou diminuição em 17% do CBM ($R=0,83$).

A substituição de vegetação nativa por cultivos anuais reduziu significativamente o CBM em todos os biomas, mas os biomas da Amazônia, Cerrados e Pantanal e Caatinga foram os mais afetados. É interessante destacar que, embora os efeitos da

substituição das florestas naturais por cultivos anuais tenham sido estatisticamente significativos em todos os biomas brasileiros, os efeitos foram mais drásticos nos Cerrados ($R=0,46$) do que nos outros biomas, e estatisticamente diferente na Mata Atlântica ($R=0,58$) (Tabela 1). As tendências descritas para o CBM se assemelham com as tendências do COT e o CBM/COT.

Os resultados da meta-análise ressaltam a preocupação quanto à sustentabilidade ambiental quando as florestas nativas são substituídas por usos agrícolas nos biomas brasileiros. A substituição das florestas por pastagens e cultivos perenes resultou em menor impacto negativo sobre os parâmetros analisados, entretanto, devem-se considerar os baixos retornos econômicos e os aspectos regionais para a recomendação desses usos agrícolas.

A introdução de cultivos anuais reduziu significativamente o CBM/COT nos biomas dos Cerrados e da Caatinga, mas não afetou esse parâmetro no bioma da Mata Atlântica. O CBM/COT pode indicar que o solo está perdendo a sua capacidade de suportar a atividade biológica e, provavelmente, a biodiversidade (Insam & Domsch, 1988; Anderson & Domsch, 1990; Kaschuk et al., 2010b). Nos Cerrados, os cultivos anuais incrementaram significativamente os valores de $q\text{CO}_2$ (Tabela 1). É possível que tais incrementos estejam relacionados com uma mudança na estrutura genética, formando uma comunidade microbiana com um metabolismo menos eficiente na utilização de C ou, então, que os micro-organismos estão encontrando condições adversas de sobrevivência (Insam & Domsch, 1988; Anderson & Domsch, 1990; Balota et al., 1998; Hungria et al., 2009).

Os resultados da meta-análise evidenciam que, provavelmente, os solos dos Cerrados possuem comunidades microbianas do solo muito pouco resilientes, particularmente se comparadas às comunidades de outros biomas brasileiros. Embora permaneçam como hipóteses, essas evidências ressaltam a necessidade urgente de elaboração de políticas ambientais claras para instituir práticas agrícolas de menor impacto nos solos dos biomas brasileiros, e especialmente nos solos dos Cerrados.

CONCLUSÕES – Os usos agrícolas do solo afetam negativamente o CBM e a relação CBM/COT nos diversos biomas brasileiros e o efeito é ainda mais drástico com os cultivos anuais, em comparação com os cultivos perenes e com as pastagens. O CBM dos solos dos Cerrados, do Pantanal e da Floresta Amazônica provavelmente possui uma menor capacidade de recuperação frente aos distúrbios causados pelos usos agrícolas em relação aos demais biomas brasileiros.

AGRADECIMENTOS – G. Kaschuk é ex-bolsista Probio II/EMBRAPA.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biol. Biochem.*, 22:251-255, 1990.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:641-649, 1998.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEDZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA, 1994, p. 3-35.
- GUREVITCH, J. & HEDGES, L.V. Meta-analysis: combining the results of independent experiments. In: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J., eds. *Design and Analysis of Ecological Experiments*, 2.ed. Oxford University Press, Oxford, UK, 2001, p. 347-369.
- 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. *Appl. Soil Ecol.*, 42:288-296, 2009.
- INSAM, H. & DOMSCH, K.H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. *Microbial Ecol.*, 15:177-188, 1988.
- JENKINSON, D.S. & POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 8:209-213, 1976.
- 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 Biol. Biochem.*, 42:1-13, 2010b.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O. & HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. *Plant Soil*, 2010a, aceito sob revisão.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. & JENKINSON, D.S. Microbial biomass measurements in forest soils: Determination of $k\text{C}$ values and tests of hypotheses to explain the failure of the chloroform fumigation-incubation method in acid soils. *Soil Biol. Biochem.*, 19:689-696, 1987.
- WTO -World Trade Organization (2009) *International Trade Statistics 2009*, Disponível em: http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/its2009_e/its09_toc_e.htm. Acesso em 13 jul.2010.

Tabela 1. Meta-análise dos efeitos de usos agrícolas sobre o C da biomassa microbiana (CBM), carbono orgânico total (COT), a relação CBM/COT e o quociente metabólico (qCO_2) nos diferentes biomas brasileiros.

	CBM			COT			CBM/COT			qCO_2		
	R	95% IC	n	R	95% IC	n	R	95% IC	n	R	95% IC	n
Cultivo Perene / Floresta												
Amazônia	0,61	0,36-1,04	1*	1,08	0,82-1,41	1*	n.d.			n.d.		
Mata Atlântica	0,68	0,55-0,84	20	0,65	0,53-0,79	15	1,07	0,77-1,49	10	1,25	0,73-2,13	5
Caatinga	1,16	0,78-1,73	9	0,82	0,68-0,99	9	1,43	0,94-2,19	9	0,95	0,56-1,59	5
Cerrados	0,76	0,47-1,23	14	0,86	0,78-0,95	8	1,14	0,76-1,71	5	0,82	0,17-3,91	2*
Pantanal	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Media Geral	0,79	0,67-0,93	44	0,75	0,68-0,84	33	1,20	1,00-1,45	24	1,01	0,79-1,29	12
Pastagem / Floresta												
Amazônia	0,91	0,81-1,03	29	1,02	0,78-1,34	12	0,52	0,25-1,08	1*	1,50	0,80-2,81	1*
Mata Atlântica	0,98	0,64-1,51	12	0,73	0,61-0,89	8	1,04	0,70-1,53	6	1,69	0,73-3,92	5
Caatinga	0,47	0,22-1,00	5	0,79	0,59-1,06	5	0,98	0,64-1,51	5	1,01	0,53-1,94	5
Cerrados	0,61	0,51-0,74	45	0,93	0,83-1,05	20	0,79	0,61-1,02	26	2,46	1,30-4,66	23
Pantanal	0,30	0,23-0,70	4	0,41	0,29-0,59	4	0,68	0,34-1,34	4	3,15	1,75-5,68	4
Média Geral	0,73	0,65-0,81	95	0,84	0,76-0,92	49	0,84	0,72-1,00	42	2,14	1,43-3,21	38
Cultivo Anual / Floresta												
Amazônia	0,47	0,23-0,96	3	0,92	0,74-1,16	1*	n.d.			1,90	0,07-54,3	2
Mata Atlântica	0,58	0,49-0,68	28	0,58	0,52-0,66	27	0,95	0,77-1,17	14	1,05	0,79-1,40	10
Caatinga	0,48	0,32-0,71	4	0,74	0,55-0,99	4	0,65	0,44-0,97	4	1,45	0,83-2,54	4
Cerrados	0,46	0,43-0,49	145	0,97	0,82-1,15	48	0,70	0,65-0,77	80	1,51	1,20-1,89	104
Pantanal	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Média Geral	0,47	0,44-0,51	180	0,80	0,72-0,91	80	0,72	0,67-0,78	98	1,47	1,19-1,81	120
Cultivo anual / Cultivo Perene												
Amazônia	0,62	0,39-0,97	1*	0,86	0,67-1,09	1*	n.d.			n.d.		
Mata Atlântica	0,52	0,33-0,81	13	0,75	0,57-0,98	13	0,72	0,34-1,53	8	1,00	0,34-2,94	3
Caatinga	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Cerrados	1,18	0,48-2,89	5	0,90	0,71-1,13	5	1,00	0,17-5,71	2	n.d.		
Pantanal	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Média Geral	0,65	0,47-0,91	19	0,79	0,66-0,95	19	0,77	0,43-1,37	10	1,00	0,34-2,94	3
Cultivo anual / Pastagem												
Amazônia	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Mata Atlântica	0,68	0,52-0,88	9	0,80	0,57-1,12	8	1,04	0,08-13,6	2	n.d.		
Caatinga	0,76	0,43-1,32	1*	0,65	0,52-0,81	1*	1,17	0,67-2,04	1*	1,80	1,09-2,99	1*
Cerrados	0,93	0,80-1,08	52	0,98	0,84-1,12	22	1,03	0,82-1,29	37	0,53	0,32-0,86	42
Pantanal	n.d.			n.d.			n.d.			n.d.		
Pampas	0,69	0,58-0,81	14	0,80	0,68-0,92	14	n.d.			n.d.		
Média Geral	0,83	0,76-0,89	76	0,87	0,80-0,96	45	1,03	0,83-1,28	40	0,54	0,38-0,88	43

Notas: 'R' é a razão de resposta, '95%IC' é o intervalo de confiança a $P < 0,95\%$, e 'n' é o número de dados coletados para a análise. Se R e o valor mais baixo de 95%IC for maior do que 1, então: a resposta R é significativamente positiva; se o valor mais alto de 95%CI for menor do que 1, então: R é significativamente negativo. O símbolo * indica que a análise foi realizada com base no modelo fixo, de outra forma, a análise foi realizada com base no modelo aleatório (cf. GUREVITCH & HEDGES, 2001). n.d. = dados não disponíveis.