



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

Três décadas de estudos sobre biomassa microbiana nos ecossistemas brasileiros: Lições aprendidas sobre qualidade do solo e indicadores de sustentabilidade

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

(1) Professora Adjunta, Universidade Paranaense-UNIPAR, Praça Mascarenhas de Moraes, 4282, Umuarama, PR, CEP: 87502-210, glaciela@unipar.br; (2) Professor Titular do curso de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, UNIPAR, Umuarama, PR, odair@unipar.br (apresentador do trabalho); (3) Pesquisadora, Embrapa Soja, Cx. Postal 231 Londrina, PR, CEP: 86001-970, hungria@cnpso.embrapa.br

RESUMO – Desde a publicação do método de determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM), foram realizados dezenas de estudos no Brasil sobre os efeitos dos diferentes usos do solo sobre o CBM e parâmetros relacionados. Nesse trabalho, tais estudos foram compilados com o objetivo de identificar as melhores estratégias para assegurar a sustentabilidade do uso do solo. Foram avaliadas as práticas de plantio direto (PD) e convencional (PC), rotações de culturas, pastagens, agricultura orgânica, queimadas, e aplicação de resíduos industriais e agroquímicos. Os efeitos do PD sobre o PC para aumentar o CBM e reduzir o qCO_2 (quociente metabólico: respiração basal/CBM) foram confirmados por uma meta-análise abrangendo 233 observações experimentais. A agricultura orgânica, a rotação de culturas e a diminuição da aplicação de agroquímicos promoveram o CBM e o quociente microbiano (CBM/C orgânico total). As pastagens degradadas resultaram em diminuição do CBM, mas as pastagens rotacionadas com culturas anuais foram favoráveis à microbiota do solo. Não foram constatadas tendências claras para a resposta do CBM à aplicação de resíduos industriais. Constatou-se que a avaliação do CBM é uma metodologia sólida para a avaliação da qualidade do solo no Brasil. Contudo, as relações entre o CBM, a ciclagem de nutrientes, a diversidade e a funcionalidade microbiana do solo ainda não são completamente entendidas.

Palavras-chave: intensificação da agricultura; funcionalidade microbiana, ciclagem de nutrientes.

INTRODUÇÃO - Três décadas depois que o método para medir o carbono da biomassa microbiana (CBM) (Jenkinson & Powlson, 1976) foi

publicado, já foram relatados dezenas de estudos, no Brasil, sobre os efeitos dos diferentes usos do solo no CBM e em outros parâmetros relacionados. Nesse trabalho, [vide também Kaschuk et al. (2010)], tais estudos foram compilados e analisados com o objetivo de identificar os padrões de resposta do CBM aos distúrbios de equilíbrio do solo e, dessa forma, estabelecer as melhores estratégias para assegurar a sustentabilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS - Foram analisados dados mais de 100 estudos que investigaram os efeitos dos usos agrícolas do solo sobre o CBM e os seus parâmetros relacionados, (quociente microbiano: CBM/COT (C orgânico total), e quociente metabólico (qCO_2): (Respiração basal/CBM) (referências são dadas em Kaschuk et al. (2010). Foram avaliados os efeitos das práticas de plantio direto (PD) e convencional (PC), rotações de culturas, pastagens, agricultura orgânica, queimadas, e aplicação de resíduos industriais e agroquímicos ao solo. Os benefícios do PD sobre o PC foram analisados por uma meta-análise, conforme metodologia estatística proposta por Gurevitch and Hedges (2001) e critérios de inclusão descritos por Kaschuk et al. (2010), abrangendo 233 observações experimentais. Para interpretar os resultados da meta-análise deve-se considerar como resposta positiva, quando a resposta 'R' e o menor intervalo de confiança forem maiores do que 1,0, e como resposta negativa, quando a resposta 'R' e o maior intervalo de confiança forem menores do que 1,0. As outras práticas foram analisadas por regra de três simples, mas, nesses casos, não foram utilizados métodos estatísticos devido, à inerente variabilidade experimental dos estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO - O CBM se consolidou com um dos mais proeminentes bio-

indicadores da qualidade do solo, porque ser mais sensível aos distúrbios ambientais e responder mais rapidamente do que outros parâmetros agrônômicos às mudanças ambientais no solo, conforme sugerido por outros autores (Sparling et al., 1997; Balota et al., 1998; Franchini et al., 2007; Pereira et al., 2007; Hungria et al., 2009). Baseado no conteúdo do CBM, podem ser tomadas medidas para evitar a degradação do solo e a redução da qualidade do solo, as quais acarretam em diminuição na produtividade das plantas.

A análise dos dados de literatura permitiu descrever um modelo conceptual, no qual a produtividade das culturas (resultado da sustentabilidade do uso do solo) é relacionada com a dinâmica do CBM no solo (Figura 1). De acordo com o modelo proposto, as pequenas perdas de CBM não se relacionam diretamente com as perdas na produtividade, devido à capacidade de tamponamento da produção através de uma boa resiliência do solo (Figura 1, fase III). Decréscimos no CBM podem resultar em perdas no potencial de fixação biológica de N₂ atmosférico e na atividade de fungos micorrízicos arbusculares no solo (Figura 1, fase II), entretanto, a produtividade das culturas pode ser recuperada com a aplicação de fertilizantes. Se o CBM e a qualidade do solo continuam a cair, a produtividade das culturas passa a sofrer com a ausência de resposta à aplicação de fertilizantes ao solo (Figura 1, fase I). Por outro lado, se as práticas de manejo do solo melhoram o CBM e a qualidade do solo, a produtividade das culturas tende a melhorar, devido ao estímulo na ciclagem de nutrientes e os benefícios das simbioses entre plantas e micro-organismos (Figura 1, fase IV).

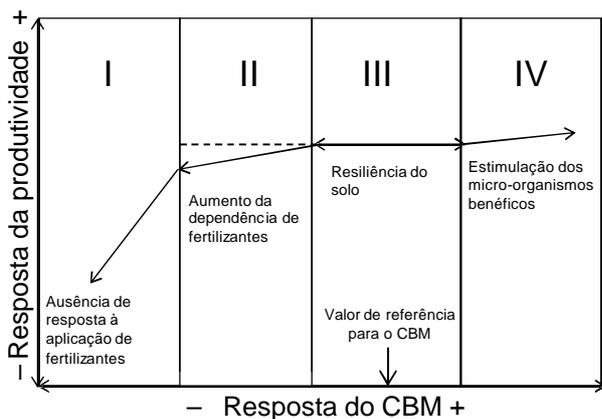


Figura 1. Relações entre a resposta do CBM e a produtividade das culturas em diferentes manejos agrícolas.

Este modelo foi corroborado com uma meta-análise dos efeitos do PD sobre o PC nos agrossistemas brasileiros (Figura 2). Constatou-se que o PD proporcionou um ambiente favorável ao

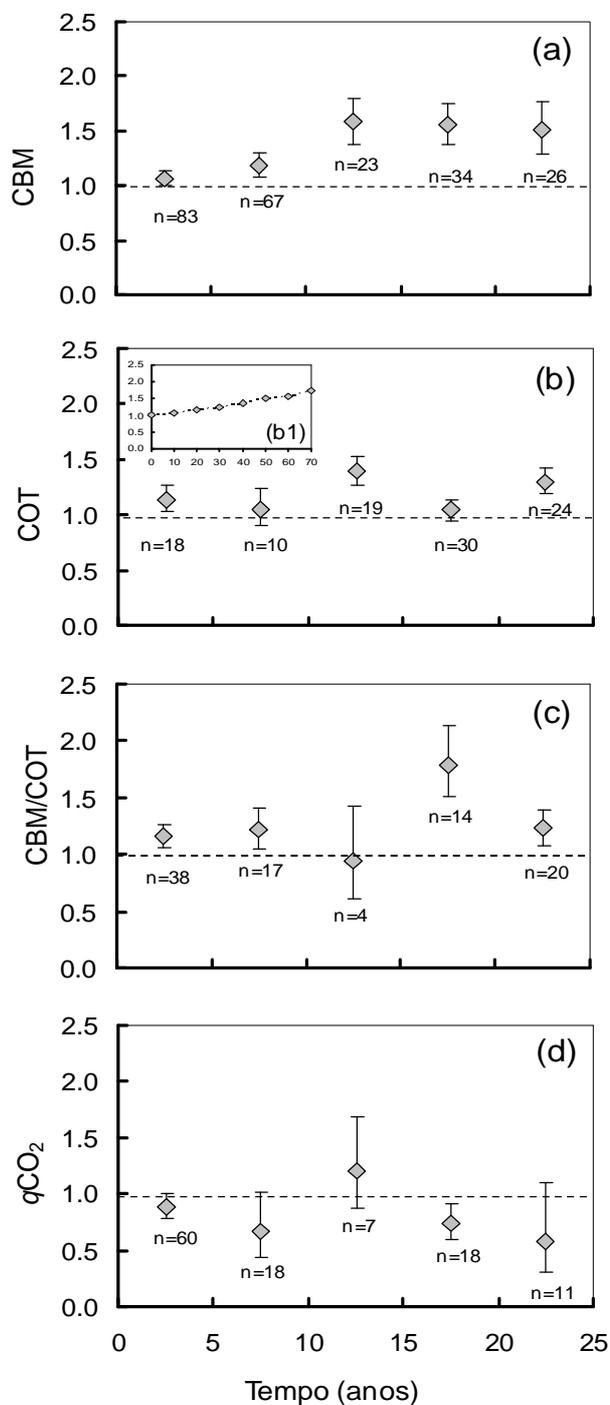


Figura 2. Meta-análise dos efeitos do PD (plantio direto) sobre (a) CBM (C da biomassa microbiana), (b) COT (C orgânico total), (c) CBM/COT (quociente microbiano, relação CBM/COT) e (d) qCO₂ (quociente metabólico, relação entre respiração basal e CBM) em 25 anos no Brasil. A meta-análise foi realizada considerando PD como tratamentos e PC (plantio convencional) como controles experimentais. A figura (b1) mostra a razão de resposta dos efeitos do PD sobre o PC conforme modelo de Leite et al. (2004). Os losangos representam a razão de resposta em intervalos de 5 anos, as barras indicam os intervalos de confiança a P < 0.95 e 'n' é o número de observações experimentais. Referências dos dados originais são dadas por Kaschuk et al. (2010). Houve uma tendência crescente na resposta do CBM até,

aproximadamente, 15 anos. Desse em período em diante, a resposta foi aproximadamente constante. Embora as respostas não tenham apresentado tendências claras no decorrer do período, foi possível detectar melhorias no COT, na relação CBM/COT e decréscimos nos valores de qCO_2 (Figura 2). Esses resultados corroboram a hipótese de que os parâmetros de CBM são indicadores precoces das mudanças ambientais ocorridas pela implementação de práticas agrícolas. Deve-se considerar que, sob o PD, a produtividade das culturas pode ser inicialmente diminuída, mas com incremento nos anos seguintes, devido à melhoria das condições ambientais no solo. Inclusive, o estudo revelou uma correlação positiva entre a produtividade das culturas e o CBM, conforme pode ser visualizado na figura 3.

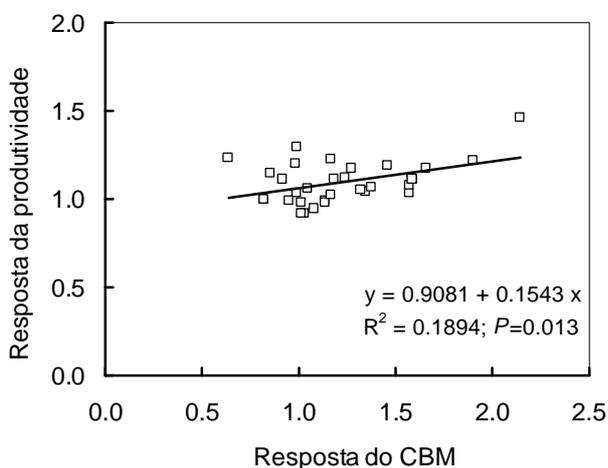


Figura 3. Relações entre as respostas do CBM e a produtividade das culturas em função do efeito do PD sobre o PC, calculados por meta-análise conforme Gurevitch e Hedges (2001). Referências sobre os dados experimentais são dados por Kaschuk et al. (2010).

O estudo também considerou o efeito de outros manejos agrícolas do solo. Não foi possível realizar inferência estatística sobre os dados porque existe uma grande variação entre os objetivos de cada estudo e os desenhos experimentais. Entretanto, pode-se observar que a rotação de culturas favorece o equilíbrio da comunidade microbiana, trazendo benefícios às culturas anuais, devido a uma menor incidência de doenças. Além disso, a inclusão mais frequente de leguminosas no sistema de rotação de culturas tende a favorecer o CBM, provavelmente pela adição de resíduos com uma relação C/N menor e pela fixação biológica de N_2 .

Observou-se que pastagens bem manejadas, em rotação com culturas anuais resultam em benefícios significativos ao CBM, enquanto pastagens contínuas e degradadas resultam em decréscimos do CBM e incrementos no qCO_2 , provavelmente associados a uma mudança na composição genética

das comunidades microbianas e diminuição na eficiência no uso do C do solo.

Foram analisados diversos experimentos sobre agricultura orgânica, a qual, de maneira geral, resultou em benefícios para o CBM. Entretanto, observou-se uma deficiência de estudos sobre CBM em agricultura orgânica com culturas anuais. Por outro lado, a aplicação de agroquímicos sobre o solo resultou em respostas negativas no CBM. Embora ambos tenham resposta negativa, os fungicidas são mais prejudiciais ao CBM do que os herbicidas. O efeito dos herbicidas poderia ser compensado pela degradação alternativa dos compostos pelos microorganismos. A aplicação de resíduos industriais é, provavelmente, a mais polêmica das práticas agrícolas, porque, apesar de fornecer C à biomassa microbiana, fornece contaminantes como metais pesados, entre outros. Portanto, faz-se necessário realizar estudos individuais para cada tipo de resíduo antes de recomendá-los para uso agrícola.

CONCLUSÕES - Constatou-se que a avaliação do CBM é uma metodologia consolidada de avaliação da qualidade do solo no Brasil. Contudo, as relações entre o CBM, a ciclagem de nutrientes, a diversidade e a funcionalidade microbiana do solo ainda não estão completamente elucidadas.

REFERÊNCIAS

- 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.
- 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 Till. Res., 92:18-29, 2007.
- 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.
- 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, 2010.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; MACHADO, P.L.O.A, FILHO, E.I.F., NEVES, J.C.L. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. *Geoderma*, 120:283-295, 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1397-1412, 2007.

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