

## CARBONO E NITROGÊNIO DA BIOMASSA MICROBIANA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

Adriana Pereira da Silva<sup>1</sup> e Caroline Zanella Cagnini<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Paranaense- UNIPAR, Docente do Mestrado em Biotecnologia Aplicada a Agricultura, Praça Mascarenhas de Moraes 4282, CEP 87502-210, Umuarama –PR. E-mail: [adrianapsilva@unipar.br](mailto:adrianapsilva@unipar.br)

<sup>2</sup>Universidade Paranaense- UNIPAR, Discente do Mestrado em Biotecnologia Aplicada a Agricultura, Praça Mascarenhas de Moraes 4282, CEP 87502-210, Umuarama –PR. E-mail: [carolcagnini@hotmail.com](mailto:carolcagnini@hotmail.com)

*RESUMO: O sistema de plantio direto tem se destacado como uma prática de manejo sustentável dos sistemas agrícolas por reduzir as perdas de solo e a emissão de carbono para a atmosfera. Este trabalho teve como objetivo quantificar o carbono (CBM) e o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) de um Latossolo Vermelho distroférrico a 22 anos sob plantio direto (PD) e plantio convencional com rotação (R) e sucessão (S) de culturas. As amostras de solo foram coletadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Teores superiores de CBM e NBM foram encontrados no PD em rotação e sucessão de culturas, de 0-40 cm de profundidade, quando comparado ao PC. O NBM foi mais sensível na indicação de alterações decorrentes do manejo, em média, o PD apresentou teores 50% superiores em comparação ao PC. Os resultados demonstram que o revolvimento do solo, ao expor a matéria orgânica dos agregados, facilita sua oxidação e a mineralização do nitrogênio, o que pode limitar o desenvolvimento e rendimento das culturas. Não foram observadas diferenças entre a rotação e a sucessão de culturas. Entretanto, a rotação de culturas é uma prática indispensável para a funcionalidade e a sustentabilidade dos sistemas produtivos.*

*PALAVRAS-CHAVE: Microrganismos do solo, preparo do solo, plantio direto, plantio convencional.*

## CARBON AND NITROGEN IN MICROBIAL BIOMASS ASSESSMENT OF SOIL QUALITY IN AGRICULTURAL SYSTEMS

*ABSTRACT: The no-tillage system has emerged as a practice of sustainable management of agricultural systems to reduce soil loss and carbon emissions to the atmosphere. The aim of this study was to quantify the biomass of carbon and nitrogen (MBC and MBN) an Oxisol with 22 years under tillage (NT), and conventional tillage (CT) in crop rotation (CR) and succession (CS). Soil samples were collected from 0-20 and 20-40 cm deep. Higher levels of MBC and MBN found in NT in rotation and succession planting, of the 0-40 cm depth, when compared to the CT. The MBN was more sensitive in indicating changes resulting from the management, on average, the NT had levels 50% higher in comparison to the CT. The results show that soil disturbance by exposing organic matter aggregates, facilitates its oxidation and nitrogen mineralization, which may limit the development and crop yield. No differences between the rotation and succession planting were observed. However, crop rotation is a prerequisite for the functionality and sustainability of production systems practice.*

*KEYWORDS: Soil microorganisms, soil management, no tillage, conventional tillage*

## INTRODUÇÃO

Diferentes sistemas de manejos de solo e de culturas provocam alterações no solo, com efeito direto na disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio, justamente por modificar a estrutura do solo. O manejo do solo é, sem dúvida, um componente fundamental do sistema de produção e uma importante ferramenta para uma atividade agrícola sustentável. O sistema de preparo de solo é uma das atividades que influi no seu comportamento físico, isto porque atua diretamente sobre a sua estrutura, havendo ou não revolvimento do solo (Ralisch et al., 2008). O sistema plantio direto (PD), caracterizado pela ausência de revolvimento do solo, promove menor impacto na sua estrutura e tem sido apontado como uma alternativa para o manejo sustentável dos solos. Desde a sua implantação no Brasil, na década de 1970, trabalhos demonstram as vantagens da adoção do PD, em comparação a sistemas com maior revolvimento do solo. Dentre os benefícios do PD estão o controle da erosão eólica e hídrica (Batey, 2009), melhora das condições de umidade do solo (Batey, 2009; Jin et al., 2011) e aumento do conteúdo de carbono orgânico (Babujia et al., 2010; Jin et al., 2011). Adicionalmente, estudos apontam que o PD tem contribuído para a redução na emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Drury et al., 2004). Em 2010, o governo brasileiro instituiu o Programa de Agricultura de Baixo Consumo de Carbono (ABC), que visa ampliar os atuais 26 milhões de hectares de PD para 33 milhões de hectares, com o objetivo de reduzir a emissão em cerca de 20 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> até 2020 (MAPA, 2014). Esse conjunto de fatores tem contribuído para a adoção do sistema de PD, praticado globalmente, em aproximadamente 100 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014).

Alterações na estrutura do solo afetam diretamente o habitat dos microrganismos, que são considerados componentes críticos de ecossistemas naturais ou manipulados pelo homem, por regular a taxa de decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Barros et al., 2007). A biomassa microbiana do solo (BMS) é a fração viva da matéria orgânica responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo meio (Balota et al., 1998). A BMS é responsável por decompor a matéria orgânica, pela ciclagem de energia e nutrientes, produção de compostos que colaboram para a agregação do solo e controle biológico de pragas e doenças (Silva, 2010). Devido ao seu papel chave fundamental em vários processos no solo, a BMS é apontada como um indicador

sensível das alterações resultantes do manejo. Os sistemas de cultivo com rotação ou sucessão de culturas além de alterar as propriedades físicas do solo, também exerce efeito sobre a BMS (Franchini et al., 2011; Silva et al., 2014) interferindo na qualidade do solo.

O objetivo do trabalho foi quantificar o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o nitrogênio (NBM) de um Latossolo Vermelho distroférico, com 22 anos sob plantio direto (PD) e plantio convencional com rotação (R) e sucessão (S) de culturas, a fim de relacionar as alterações da estrutura do solo com as modificações no conteúdo da biomassa microbiana.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Londrina/PR, onde segundo a classificação de Köppen, o clima é subtropical úmido do tipo Cfa, temperatura média anual de 21°C, média máxima de 28,5°C em fevereiro e média mínima de 13,3°C em julho. A precipitação média anual é de 1651 mm, sendo o mês mais chuvoso janeiro (217 mm) e o mais seco agosto (60 mm). Segundo a classificação brasileira o solo é um Latossolo Vermelho distroférico, muito argiloso, com 710 g de argila, 82 g de silte e 208 g de areia por kg<sup>-1</sup> de solo.

O estudo comparou o efeito de dois sistemas de preparo do solo: plantio direto (PD), e, plantio convencional (PC), onde o solo foi preparado anualmente com a passagem de arado de discos (~20 a 25 cm de profundidade), seguido de grade niveladora (~15 cm de profundidade) precedendo as culturas de verão e, no inverno, com grade pesada (~15 cm de profundidade), seguida de grade leve (~15 cm de profundidade). A área experimental consistiu de parcelas com 7,5 m de largura por 30,0 m de comprimento (225 m<sup>2</sup>), com quatro repetições por tratamento, distribuídas em blocos ao acaso em esquema fatorial.

Adicionalmente, cada sistema de preparo do solo foi submetido ao efeito de cultivos em rotação e sucessão de culturas. No total foram avaliados quatro sistemas de manejos: PD (rotação e sucessão), e PC (rotação e sucessão). A rotação alternou culturas de inverno e verão, cuja sequência consistiu de tremoço (*Lupinus albus*)/ milho (*Zea mays*)/ aveia preta (*Avena strigosa*)/ soja (*Glycine max*)/ trigo (*Triticum aestivum*)/ soja/ trigo/ soja, sendo que ao fim dessa sequência, a cada quatro anos, a rotação se iniciava novamente com o tremoço. Já a sucessão de culturas consistiu de soja no verão

e trigo no inverno. No momento da análise o experimento estava com 22 anos de implantação.

#### *Avaliação da biomassa microbiana*

As amostras de solo para a análise da biomassa microbiana foram coletadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Utilizou-se o método de fumigação-extração modificado de Vance et al. (1987) para a análise do carbono da biomassa microbiana (CBM), e o método de Brookes et al. (1985) para análise do nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), ambos com modificações, conforme descrito em Hungria et al. (2009).

As análises foram realizadas em solo úmido, na capacidade de campo. Pesaram-se 20 g de solo para amostras não fumigadas e fumigadas. Para a determinação da umidade foram pesados 10 g de solo e colocados em estufa por um período de 16 h a 105°C. As amostras fumigadas foram colocadas dentro de uma caixa de vácuo contendo 50 mL de clorofórmio em cada vértice do interior da caixa, onde permaneceram por 16 h. As amostras fumigadas e não fumigadas permaneceram na ausência de luz por 16 h. Após esse período, as amostras foram submetidas à vácuo por três vezes para eliminação do clorofórmio e suspensas em 50 mL da solução extratora ( $K_2SO_4$  0,5 M).

As concentrações de CBM nos extratos foram determinadas através de oxidação com  $Mn^{3+}$  e, estimada colorimetricamente no comprimento de onda de 495 nm (Bartlett e Ross, 1988). O teor de CBM nos extratos foi calculado pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas, utilizando fator de correção ( $K_{CE}$ ) de 0,41, recomendado para solos tropicais (Feigl et al., 1995; Oliveira et al., 2001). As concentrações de NBM foram determinadas pela adição de 0,5 g de catalisador  $CuSO_4 \cdot K_2SO_4$  (10:1) e 1,5 mL de  $H_2SO_4$  concentrado em 20 mL de extrato. As amostras permaneceram em estufa a 105°C por 16 h para redução do volume e foram digeridas por um período de aproximadamente 3 h a 350°C. Após a digestão, o resíduo foi diluído com água destilada e o nitrogênio (N) determinado colorimetricamente no comprimento de onda de 630 nm, utilizando o método do azul de indofenol (Feije e Anger, 1972). O teor de NBM nos extratos foi calculado pela diferença entre as amostras fumigadas e não fumigadas, utilizando fator de correção ( $K_{NE}$ ) de 0,54 (Brookes et al., 1985). Os valores de biomassa microbiana obtidos foram expressos em mg de CBM ou de NBM por  $kg^{-1}$  de solo seco.

*Análise Estatística*

As comparações múltiplas de médias foram feitas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat versão 7.7 INP 0004051-2.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os diferentes sistemas de manejo do solo promoveram modificações significativas nos teores de CBM e NBM. Teores superiores ( $p \leq 0,05$ ) foram obtidos no PD em rotação e sucessão de culturas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1). Em média, os teores de CBM e NBM no PD em rotação de culturas na profundidade de 0-20 cm foram 22,0 e 50,7%, respectivamente, superiores ( $p \leq 0,05$ ) ao PC em rotação. Já na profundidade de 20-40 cm, o PD em rotação apresentou valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) em 21,0 e 47,7%, respectivamente, para o CBM e NBM comparado ao PC com o mesmo manejo de culturas. O PD em sucessão apresentou na profundidade de 0-20 cm valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) em 16,4 e 49,5% para o CBM e NBM, respectivamente, em comparação ao PC em sucessão. Na profundidade de 20-40 cm o CBM e o NBM apresentaram valores superiores ( $p \leq 0,05$ ) ao PC com o mesmo manejo de culturas, respectivamente, em 17,7 e 56,3%. A maior quantidade de biomassa microbiana em superfície no PD deve-se ao menor grau de revolvimento do solo e, ao acúmulo de carbono orgânico na superfície do solo via resíduos de plantas que favorece a formação e estabilização de macroagregados (Santos et al., 2004). A proteção do solo favorece a retenção de umidade, o efeito rizosférico das culturas, à disponibilidade de matéria orgânica e ainda melhora às condições químicas e físicas do solo. Todos estes aspectos reduzem os impactos de temperatura, proporcionando proteção ao habitat dos microrganismos do solo, o que contribui com a elevação dos teores de BMS (Gil et al., 2011).

**Tabela 1-** Teor de carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio (NBM) em Latossolo vermelho distroférico após 22 anos sob plantio direto (PD) e plantio convencional (PC) em rotação (R) e sucessão de culturas (S)

Profundidade (cm)	CBM (mg.Kg-1)			
	PD	PC	PD	PC
	Rotação		Sucessão	
0-20	783,22±47,0283 Aa	611,15±19,0516 Ab	637,33±24,3334 Aa	532,33±15,1966 Ab
20-40	636,77±24,5625 Ba	504,19±50,3224 Bb	636,77±24,5625 Aa	524,02±14,2887 Ab
Manejo de culturas		633,83±35,2375 A		582,61±19,5910 A
	NBM (mg.Kg-1)			
	PD	PC	PD	PC
	Rotação		Sucessão	
0-20	62,305±2,27621 Aa	30,6775±2,88929 Ab	57,96±3,93962 Aa	29,25±3,27172 Ab
20-40	47,1225±5,49432 Ba	24,6475±3,98381Ab	47,88±3,63234 Ba	20,89±3,29172 Bb
Manejo de culturas		41,18±3,6550 A		38,9950±3,5310 A

<sup>1</sup>Médias seguidas de diferentes letras minúsculas indicam diferenças ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey entre profundidades e diferenças em letras maiúsculas indicam diferença entre os sistemas de preparo de solo com rotação e sucessão de culturas. Médias de quatro repetições de campo para cada profundidade do solo. Rotação: tremoço/milho/aveia preta/soja/trigo/soja/trigo/soja; Sucessão: soja /trigo.

De acordo com Jiang et al. (2011) a biomassa microbiana encontra-se concentrada principalmente dentro de macroagregados, sendo que o preparo do solo no PC leva, em média, à diminuição de 67% destes macroagregados. Haynes e Beare (1997) e Milne e Haynes (2004) descrevem que a rizodeposição de C, para o crescimento microbiano, é provavelmente, o principal fator responsável pela formação e estabilidade de macroagregados (Helgason et al., 2010). No PD, os maiores teores de matéria orgânica e a presença de raízes e hifas fúngicas favorecem a estabilidade dos macroagregados, principalmente na profundidade de 0 a 5 cm, quando comparado ao PC (Mendes et al., 2003). Logo, o revolvimento do solo diminui a biomassa microbiana, principalmente por diminuir a proporção de macroagregados, expondo à matéria orgânica a rápida oxidação (Kushwaha et al., 2001). O aumento na quantidade de microagregados no PC é consequência da quebra dos macroagregados decorrente da intervenção mecânica e das características operacionais do arado de discos (Mendes et al., 2003).

O NBM se mostrou o parâmetro mais sensível ao manejo do solo, apresentando teores superiores no PD em comparação ao PC, independente do manejo de culturas. De acordo com Babujia et al. (2010), o menor teor de NBM em algumas camadas do solo pode ser um indicativo do esgotamento de N, pela maior mineralização desse elemento para suprir a necessidade nutricional das culturas. Francis et al. (1992) constataram que a mineralização de compostos nitrogenados ocorre de maneira mais constante sob PD, enquanto que, sob PC, há elevada liberação de nitrogênio logo após o preparo do solo, devido à quebra dos seus agregados, que causa a intensificação da atividade microbiana, resultando na diminuição do NBM.

Apesar da ênfase dada na diversificação de plantas com diferentes relações C:N na rotação de culturas, por afetar quantitativa e qualitativamente a imobilização e a mineralização de carbono e nitrogênio no solo, não foram observadas diferenças na biomassa microbiana quando avaliado o efeito do manejo de culturas (Tabela 1). Possivelmente, a sequência de culturas na rotação pode explicar essa resposta, já que a partir da safra de verão 2006/2007 até a safra de verão 2008/2009 a soja e o trigo foram utilizados como cultivos de verão e inverno, respectivamente, semelhante à sucessão.

Os maiores teores de BMS de 0-40 cm de profundidade no PD em rotação e sucessão, indica o grau de estratificação da matéria orgânica em profundidade que pode ser considerado como um indicador de qualidade do solo e do funcionamento dos ecossistemas, uma vez que a matéria orgânica em superfície é essencial para o controle

da erosão, infiltração de água e conservação de nutrientes (Franzluebbbers, 2002). A maior estratificação de CBM e NBM observada em nosso estudo confirmam os benefícios do sistema de PD em longo prazo para a qualidade do solo.

## CONCLUSÕES

Após 22 anos de experimento, os resultados demonstraram que o PD em rotação e sucessão de culturas apresentou teores superiores de CBM e NBM.

O NBM foi mais sensível que o CBM, indicando que a maior perturbação do solo no PC promoveu uma limitação no conteúdo de nitrogênio.

Apesar de não haver diferenças entre a rotação e a sucessão de culturas, a diversificação de espécies vegetais é uma prática indispensável na melhoria da funcionalidade e sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O manejo do solo afeta quantitativamente a BMS, sendo que o menor revolvimento se mostra fundamental para a manutenção e melhoria da qualidade do solo principalmente em condições tropicais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABUJIA, L.C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BROOKES, P.C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.42, p. 2174-2181, 2010.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.641-649, 1998.

BARROS, N.; GALLEGU, M.; FEIJÓO, S. Sensitivity of colorimetric indicators of soil microbial activity. **Thermochemica Acta**, Amsterdam, v. 458, p. 18-22, 2007.

BARTLETT, R.J.; ROSS, D.N. Colorimetric determination of oxidizable carbon in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 52, p.1191-1192, 1988.

BATEY, T. Soil compaction and soil management: a review. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 25, p. 335-345, 2009.

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**, Oxford, v.17, p.837-842, 1985.



DRURY, C.F.; YANG, X.M.; REYNOLDS, W.D.; TAN, C.S. Influence of crop rotation and aggregate size on carbon dioxide production and denitrification. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p.87- 100, 2004.

FEBRAPDP (Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha). **Área de plantio direto no Brasil**. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/download/BREvolucaoPD2002a2006.pdf>>. Acesso em 22 de Setembro de 2014.

FEIGL, B.J.; SPARLING, G.P.; ROSS, D.J.; CERRI, C.C. Soil microbial biomass in Amazonian soils: evaluation of methods and estimates of pool size. **Soil Biology & Biochemistry**. Oxford, v.27, p.1467-1472, 1995.

FEIJE, F.; ANGER, V. Spot test in inorganic analysis. **Analytical Chemistry Acta**, Netherlands, v.149, p.363-367, 1972.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná (Importance of crop rotation to sustainable agricultural production in Paraná), Embrapa Soja, Londrina/PR, Brazil, 2011, p. 52 (**Documentos**, 327).

FRANCIS, G.S.; HAYNES, R.J.; KNIGHT, T.L. An overview of results from the long-term no-tillage trials at Winchmore. **In: Annual Conference of the Agronomy Society of New Zealand**, Proceedings, Canberra, v.22, p.97-101. 1992.

FRANZLUEBBERS, A.J. Water infiltration and soil structure related to soil organic matter and its stratification with depth. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 66, p.197–205, 2002.

GIL, S.V.; MERILES, J.; CONFORTO, C.; BASANTA, M.; RADL, V.; HAGN, A.; SCHLOTTER, M.; MARCH, G.J. Response of soil microbial communities to different management practices in surface soils of a soybean agroecosystem in Argentina. **European Journal of Soil Biology**, Netherlands, v. 47, p. 55-60, 2011.

HAYNES, R.J.; BEARE, M.H. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 1647–1653, 1997.

HELGASON, B.L.; WALLEY, F.L.; GERMIDA, J.J. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates, **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v. 46, p. 390–397, 2010.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R.M.; LOPEZ-HERNÁNDEZ, D. Microbial biomass, mineral nitrogen and carbon content in savanna soil aggregates under conventional and no-tillage. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 34, p. 1563–1570, 2002.

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**, Amsterdam, v.42, p.288-296, 2009.

HURISSO, T.T.; DAVIS, J.G.; BRUMMER, J.E.; STROMBERGER, M.E.; MIKHA, M.M.; HADDIX, M.L.; BOOHER, M.R.; PAUL, E.A. Rapid changes in microbial biomass and aggregate size distribution in response to changes in organic matter management in grass pasture. **Geoderma**, Netherlands, v.193-194, p.68-75, 2013.

JIANG, X.; WRIGHTB, A.L.; WANGA, X.; LIANGA, F. Tillage-induced changes in fungal and bacterial biomass associated with soil aggregates: A long-term field study in a subtropical rice soil in China. **Applied Soil Ecology**, Netherlands, v. 48, p. 168–173, 2011.

JIN, H.; HONGWEN, L.; RASAILY, R.G.; QINGJIE, W.; GUOHUA, C.; YANBO, S.; XIAODONG, Q.; LIJIN, L. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, p. 48–54, 2011.

KUSHWAHA, C.P.; TRIPATHI, S.K.; SIGNH, K.P. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 16, p. 229–241, 2001.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). **Programa ABC**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>> Acesso em 22 de Setembro de 2014.

MENDES, I.C.; SOUZA, L.V.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.3, p. 435-443, 2003.

MILNE, R.M.; HAYNES, R.J. Comparative effects of annual and permanent dairy pastures on soil physical properties in the Tsitsikamma region of South Africa. **Soil Use & Management**, Netherlands, v. 20, p. 81–88, 2004.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.863-871, 2001.

RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L.C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n.4, p. 381-384, 2008.

SANTOS, V.B.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS R.M.V.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S.; SILVA, D.G. Biomassa, atividade microbiana e teores de carbono e nitrogênio totais em um planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.10, n. 3, p. 333-338, 2004.

SILVA, A.P.; BABUJIA, L.C.; FRANCHINI, J.C.; RALISCH, R.; HUNGRIA, M.; GUIMARÃES, M.F. Soil structure and its influence on microbial biomass in different

soil and crop management systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.142, p. 42-53, 2014.

SILVA, A. P.; BABUJIA, L. C.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, R. A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in shortland. **Field Crops Research**, Maryland, v. 119, p. 20-26, 2010.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, n.1, p. 7–31, 2004.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**. Oxford, v.19, n.6, p.703-707, 1987.