

Alice Silva SANTANA¹, Josimar da Silva CHAVES², Aline Silva SANTANA³,
Carlos Abanto-RODRÍGUEZ⁴, Emmerson Rodrigues de MORAES⁵

BIOMASSA MICROBIANA EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO NO SUL DO ESTADO DE RORAIMA

Palavras chave:
Qualidade do solo
Indicadores biológicos
Carbono mineralizável

RESUMO: Indicadores biológicos vêm sendo utilizados para avaliar a qualidade do solo. O carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS) e o carbono prontamente mineralizável (C-PM) são considerados parâmetros sensíveis para medir alterações da matéria orgânica do solo. Em Roraima-Brasil, poucos são os estudos de avaliação destes parâmetros. Assim, objetivou-se avaliar a biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo (áreas de pastagem, cultivo agrícola e mata) na região Sul do Estado de Roraima. Portanto, foram coletadas cinco amostras na profundidade de 0-20 cm em três áreas: uma sob vegetação primária (mata) e duas outras áreas de cultivos agrícolas perenes (banana e pastagem). A matéria orgânica do solo (MOS), C-BMS e C-PM foram avaliadas por meio do método clorofórmio-fumigação-extração (CFE) e também foi realizada a quantificação dos atributos químicos e físicos de fertilidade dos solos. Os resultados indicaram valores superiores de MOS, C-BMS e C-PM nas áreas de mata e pastagem em relação à área de cultivo agrícola (banana). Isto pode ter ocorrido devido ao maior aporte de biomassa vegetal na área de mata, comparado às áreas de cultivo agrícola. Portanto, os sistemas de manejo do solo que possuem maior acúmulo de resíduos vegetais no solo, como mata nativa e pastagem, apresentaram maior biomassa microbiana, o que ressalta a importância do manejo conservacionista do solo.

MICROBIAL BIOMASS IN DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS AND LAND USE IN THE SOUTHERN STATE OF RORAIMA

Keywords:
Soil quality
Biological indicators
Carbon mineralization

ABSTRACT: Biological indicators have been used to assess the quality of soil. The carbon from the soil microbial biomass (C-SMB) and readily mineralized carbon (RM-C) are considered sensitive parameters to measure changes in soil organic matter. In Roraima/Brazil, there are just few studies evaluating these parameters. Thus, our objective was to evaluate the microbial biomass in different soil management systems (pasture areas, agricultural crops and forest) in the Southern region of the State of Roraima. Therefore, it was collected up five samples at a depth of 0-20 cm in three areas: one under primary vegetation (forest) and two other areas of perennial crops (banana and pasture). The soil organic matter (SOM), C-BMS and C-PM were evaluated using the chloroform fumigation-extraction method (CFE). In addition, it was performed the analysis of chemical and physical attributes of soil fertility. The results indicated higher values of MOS, C-BMS and C-PM in the areas of forest and pasture in relation to the agricultural area (banana). This may happen due to the higher vegetable biomass intake in forest area compared to agricultural crops areas. Therefore, soil management systems that had a greater accumulation of plant residues in the soil, such as native forest and pasture showed higher microbial biomass, which emphasizes the importance of conservationist soil management.

¹Discente do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó, Chapecó, SC; ²Docente, Instituto Federal de Roraima-IFRR, Campus Novo Paraíso, Caracará, RR; ³Discente do curso de Medicina Veterinária, Universidade Luterana do Brasil, campus Ji-Paraná, Ji-Paraná, RO; ⁴Pesquisador do Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, Ucayali, Perú; ⁵Docente, Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos, GO.

*Correspondência: alice.ifrr@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A adoção de práticas agrícolas inadequadas às condições climáticas do Brasil tem contribuído para uma aceleração do processo de desgaste dos solos tropicais (DEPOLLI, 2005). Quando o solo é submetido a estresses ambientais, ocorre um reflexo imediato na composição, diversidade e abundância da comunidade microbiana. Vargas e Scholles (2000) perceberam que sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e acumulação de resíduos vegetais pós-colheita, melhoram as propriedades biológicas do solo, aumentando a produtividade das culturas. Daí a importância de um indicador que espelhe a abundância microbiana do solo e reflita o seu grau de perturbação. Nesse contexto, pode-se citar como um bom indicador da qualidade biológica do solo, a biomassa microbiana do solo (BMS).

A 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., 2003). Possui origem biológica, animal ou vegetal, sendo fonte potencial de N, P, S e outros nutrientes para as plantas de particular relevância no solo (Kouno et al., 2002; Sanquetta, 2002).

Os microrganismos, mesmo representando uma pequena fração da matéria orgânica total do solo, são responsáveis pelos processos de decomposição de resíduos orgânicos, participando diretamente da ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, medindo sua disponibilidade no solo (Matsuoka et al., 2003). O preparo excessivo do solo por máquinas e implementos pesados sem a devida preocupação com a biota presente no meio, pode, portanto, interferir nos teores de BMS e, conseqüentemente, na qualidade física, química e biológica. Afinal, os microrganismos estão intimamente ligados à própria formação e fertilidade do solo (Zilli et

al., 2003; Rezende et al., 2004) e à ciclagem de nutrientes. Nesse contexto, o manejo do solo tem sido apontado como um dos principais fatores no sequestro de carbono. O solo é considerado um potencial reservatório temporário de CO₂, apresentando cerca de 2 a 2,5 vezes maior quantidade desse elemento que nos vegetais e no ar, respectivamente (Bolonhezi et al., 2004). Dessa forma, dependendo do manejo, o solo pode se tornar um dreno ou uma fonte de carbono no ecossistema. Atualmente, como resultado do preparo intensivo do solo em relação à sua condição original, os solos agrícolas tiveram seus conteúdos de carbono reduzidos de 30 a 50% (Amado et al., 2003). A remoção da vegetação nativa para introdução de culturas altera a composição de espécies vegetais, da matéria orgânica, dos nutrientes, da estrutura e da comunidade microbiana, sendo que estes são componentes necessários para garantir a qualidade do solo (Entry et al., 2002).

Assim, por estar intimamente relacionada às variações no teor de matéria orgânica do solo, a BMS pode ser usada como bioindicador de qualidade do solo (Tótola, 2002). Como parâmetro ecológico, a avaliação da BMS permite obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo, detectar mudanças causadas por cultivos ou por devastação de florestas, medir a regeneração dos solos após a remoção da camada superficial e avaliar os efeitos dos poluentes, como metais pesados e pesticidas (Frighetto, 2000). Para a determinação da BMS, utiliza-se, além da taxa de matéria orgânica no solo (MOS), os parâmetros carbono da biomassa microbiana (C-BM) e carbono prontamente mineralizável (C-PM), que fornecem indicações sobre os níveis de atividade das populações microbianas do solo, isto é o estado metabólico das comunidades de microrganismos do solo (Oliveira, 2000; Oliveira et al., 2001). Dentre os métodos mais utilizados para sua determinação, destaca-se a

técnica de clorofórmio-fumigação-extração-CFE (Vance et al., 1987).

Entretanto, na literatura se encontram poucos trabalhos voltados para a avaliação destes parâmetros na região Sul do Estado de Roraima, localizado no extremo Norte do Brasil (Vale, 2010; Zilli et al., 2007; Simões et al., 2010), sendo de extrema importância a avaliação da qualidade biológica destes solos. Portanto, objetivou-se avaliar a biomassa microbiana do solo (MOS, C-BM e C-PM) frente à diferentes sistemas de uso do solo como pastagem, mata nativa e cultivo de bananeiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos locais de coleta e amostragem

O solo das áreas de coleta é do tipo arenoso. As amostras de solo foram coletadas no final do período da estação chuvosa, em agosto de 2014, em três áreas: uma área sob vegetação primária (mata), localizada no Instituto Federal de Roraima (IFRR) – Campus Novo Paraíso, (N 01° 14' 57,7" e W 060° 29' 16,8"), e duas outras áreas de cultivos agrícolas perenes (banana e pastagens). A área com cultivo de banana, localizada no IFRR – Campus Novo Paraíso, (N 01° 14' 58,4" e W 060° 29' 15,3"), e a área de pastagens cultivada (*Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*) com cinco anos de uso em pastejo com taxa de lotação de 1 UA/ha, localizada nos pontos (N 02° 56' 47,2" e W 060° 42' 47,3").

De cada área foram coletadas oito amostras, as quais foram posteriormente subdivididas em cinco amostras compostas (5 replicatas por tratamento). Os pontos de coletas distanciavam-se entre si 30 m dentro de uma área de 1 ha. A profundidade da coleta foi de 0-20 cm. As amostras foram homogeneizadas e peneiradas em malha de 4 mm. Partículas de raízes e plantas foram removidas. O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico. As amostras foram armazenadas a 4°C até a realização da análise. As análises do C-BM e C-PM foram realizadas

no Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras, Minas Gerais.

Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (C-BM)

Utilizou-se o método CFE, proposto por Vance et al. (1987). A análise foi realizada com três repetições de 20 g para cada amostra coletada, sendo 3 fumigadas com clorofórmio e 3 não fumigadas. O teor de umidade das amostras foi ajustado para 70% da capacidade de campo. Todas as repetições foram submetidas à extração com 50 mL de solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,5 mol L⁻¹. Uma alíquota do extrato (8 mL) foi tratada com solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,4 N em meio ácido. O dicromato residual foi medido por titulação com uma solução de sulfato ferroso amoniacal $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 0,04 N utilizando fenantrolina como indicador. A quantidade de C-BM foi determinada pela diferença entre o carbono orgânico extraído das amostras de solo fumigadas e não fumigadas, considerando um fator de correção de 0,35.

Carbono Prontamente Mineralizável (CPM)

O CPM do solo foi estimado por meio da quantidade de CO₂ liberado do solo não fumigado durante o período de 7 dias de incubação. As amostras foram transferidas para recipientes herméticos contendo um frasco de vidro com 10 mL de hidróxido de potássio (KOH) 0,3 mol L⁻¹, e incubadas no escuro, em temperatura ambiente. A quantidade de CO₂ liberada do solo foi determinada após titulação com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol L⁻¹ usando fenolftaleína 1% como indicador. Antes da titulação, foram adicionados 3 mL de cloreto de bário (BaCl₂) 20% (p/v). Utilizou-se, como controle, a quantidade de CO₂ presente em um frasco sem solo, que continha um recipiente com 10 mL da solução de hidróxido de potássio KOH 0,3 mol L⁻¹.

Análise química do solo

A análise química e o teor de argila no solo foram realizados pelo Laboratório de Análise de Solos da EMBRAPA - Roraima, Boa Vista-RR, de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando o programa SISVAR, versão 4.3 (Ferreira, 2011). Os efeitos dos tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TABELA 1 Propriedades químicas e físicas dos solos em áreas de mata e cultivos agrícolas.

Áreas	pH _{H2O}	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	SB	CTCef	V	Argila	Silte	Areia
Mata	4,2	1,8	0,95	0,1	0,1	1,1	1,15	2,25	51	28,4	8,4	63,2
Banana	4,5	2,1	7,8	0,3	0,2	0,5	8,30	8,80	94	14,0	6,8	79,2
Pastagem	4,9	1,4	0,52	0,1	0,1	0,2	0,72	0,92	78	17,0	7,2	75,8

TABELA 2 Matéria orgânica do solo (MOS), carbono da biomassa do solo (C-BMS) e carbono prontamente mineralizável (CPM) em áreas de cultivos agrícolas e mata, no sul do Estado de Roraima.

Áreas	MOS g dm ⁻³	C-BMS -----mg C kg ⁻¹ -----	C-PM
Mata	20,0 a	257,9 a	132,8 a
Banana	14,0 c	129,5 c	79,9 b
Pastagem	17,0 b	188,0 b	101,6ab
CV (%)	11,56	16,7	20,03

A área de mata apresentou teor de MOS superior as áreas de cultivo agrícola (banana) e pastagem cultivada. Reduções na MOS sob cultivo agrícola em relação à vegetação nativa também foram observadas por Mercante et al. (2000), Oliveira (2000) e Mendes (2002). De acordo com Marchiori Junior e Melo (2000) e Leite et al. (2003) sistemas agrícolas cultivados apresentam decréscimo nos diferentes compartimentos da MOS quando comparados à vegetação nativa. Já a quantidade inferior de MOS na área de cultivo agrícola (banana) é devido ao menor aporte de

Quanto ao resultado da análise química e física (Tabela 1), foi possível verificar, de modo geral, a baixa disponibilidade de nutrientes nestes solos. Segundo Urquiaga (2002) a maioria dos solos tropicais e subtropicais que compreendem a agricultura brasileira é de baixa fertilidade. Todas as áreas apresentaram solos arenosos, pH ácido, baixos teores de P, K, Ca e Mg. Os teores de Al variaram de 0,2 a 1,1 cmol_c dm⁻³. A área que apresentou maior teor de argila foi a de mata. Os resultados de MOS, C-BM e C-PM são apresentados na Tabela 2.

liteira, bem como uso de quantidades elevadas de adubos químicos e pesticidas. Isso, de acordo com Mielniczuk et al. (2003), contribui para perdas consideráveis de C orgânico do solo. Na área de pastagem cultivada com *Urochloa brizantha* (sinonímia - *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*), a MOS foi superior à área de cultivo agrícola (banana). Tal fato se explica pelo manejo da área, na qual tem período de descanso, de acordo com a altura do pasto, e também a taxa de lotação (1 UA/ha). De acordo com os estudos de Ghani et al. (2003) e Garcia e Nahas (2007) os animais agregam ao sistema, quantidades de nutrientes essenciais para a flora presente, promovendo aumento significativo da MOS.

Quanto ao C-BMS, foi verificado que a cobertura apresentada pela área de mata, isto é, uma vegetação mais densa, composta por uma diversidade de espécies vegetais arbóreas e arbustivas, proporcionou valores maiores do que na área de cultivo agrícola (Tabela 2), como constatado por Rosa et al. (2003). Essa maior atividade, possivelmente está associada

ao tamanho da biomassa microbiana, que gerou uma tendência de maior conteúdo de C-BMS na área de mata. Segundo Matsuoka et al. (2003) e Mendes et al. (2003), nas áreas nativas, a ausência de revolvimento do solo resulta no acúmulo de material orgânico na superfície, na maior presença de hifas fúngicas e raízes finas, que através da liberação de exsudatos radiculares, favorecem o desenvolvimento dos microrganismos e, conseqüentemente, a ocorrência de uma maior biomassa microbiana. De acordo com os resultados apurados, a área de pastejo sobrepôs à área de cultivo agrícola. De acordo com Souza et al. (2010) em sistemas de manejo do solo em que são incluídas gramíneas para pastejo, ocorre maior presença de raízes, promovendo aumento na proporção de solo rizosférico. Quanto maior a quantidade dessas raízes, aliado ao corte da parte aérea, que provoca alta exsudação de compostos orgânicos, maior é o favorecimento da biomassa microbiana do solo, que utiliza esses compostos como fonte de C.

Como as reduções nos teores de C-BMS foram mais acentuadas que as reduções da matéria orgânica, os resultados mostraram que o carbono da biomassa microbiana, que representa a parte viva e mais ativa da matéria orgânica do solo, é mais sensível à remoção da cobertura vegetal nativa que a parte não viva da matéria orgânica. Por essa razão, o C-BMS tem sido apontado por autores como um indicador de qualidade, com sensibilidade para detectar modificações no solo, antes mesmo que os teores de matéria orgânica sejam alterados significativamente (Mendes, 2002).

Este estudo representou a primeira avaliação do C-BMS em área de mata, na região Sul do Estado de Roraima. Quando comparado aos resultados de C-BMS encontrados no bioma Amazônia de outros Estados da região Norte (Roscoe et al., 2006), o C-BMS da área de mata está dentro dos valores encontrados nesta região. Na área de cultivo agrícola, verificou-se maior C-BMS,

em comparação com os resultados encontrados em savana nativa de Roraima (Zilli et al., 2007; Simões et al., 2010). Isto pode ter ocorrido devido ao período de coleta das amostras (final da estação chuvosa).

Em relação ao C-PM, este apresentou maior valor na área com bananas. A área de pastagens, embora não tenha apresentado significância estatística, apresentou uma tendência no aumento da C-PM em relação a área com plantio de bananas. Esta tendência pode ser atribuída ao acúmulo de resíduos vegetais, na superfície do solo, estimulando a atividade microbiana, determinada pela liberação de CO₂.

O estudo de Roscoe et al. (2001) demonstra que o aumento na atividade metabólica da biomassa microbiana num solo de cerrado (Latosolo vermelho escuro) esteve associado com o aumento no conteúdo da fração de argila e, como observado na Tabela 1, a área de mata apresentou o maior teor de argila, quando comparada às outras áreas de estudo. Nesse contexto, vários fatores são atuantes na respiração microbiana. Quantidade de substrato, presença de substâncias inibidoras de crescimento microbiano, a composição química do substrato e fatores nutricionais do solo têm sido considerados responsáveis pela redução na atividade microbiana. À medida que uma determinada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos carbono é perdido como CO₂ pela respiração e uma fração significativa de carbono é incorporada à biomassa microbiana. Considerando a mesma constituição da comunidade microbiana, uma biomassa microbiana eficiente teria menor taxa de respiração. Em contrapartida, Roscoe et al. (2006) afirmam que uma alta taxa de respiração pode ser interpretada como característica desejável quando se considera que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas. Assim, a alta taxa de respiração é desejável, pois indica um alto nível de produtividade do

ecossistema. As demais áreas não tiveram alta taxa de C-PM em virtude de possuírem também, baixa taxa de MOS e C-BMS. De acordo com Severino et al. (2004) a disponibilidade de matéria orgânica e a qualidade dos resíduos adicionados ao solo influenciam a concentração e atividade dos microrganismos, que ao converterem a matéria orgânica crua, biodegradável, ao estado de matéria prima orgânica humificada, liberam CO₂.

CONCLUSÃO

O sistema de manejo do solo proporciona diferenças na MOS, C-BM e CPM, sendo que os sistemas que possuem maior acúmulo de resíduos vegetais no solo, como mata nativa e pastagem, apresentam maior biomassa microbiana, o que ressalta a importância do manejo conservacionista do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADO, T. J. C., et al. Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003, v. 27, n. 6, 1085-1069 p.
- BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. S.; COLOZZI FILHO, A.; DICK, R. P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, v.38, n. 1, p. 15-20, 2003.
- BOLONHEZI, D.; LA SCALA, N.; MUTTON, M. A.; PANOSSO, A.; GENTILIN, J. R. O. Fluxo de CO₂ do solo nos sistemas de preparo convencional, cultivo mínimo e plantio direto em área de colheita de cana crua. In: **Congresso Latinoamericano de Ciência do Solo**, XV, Cartagena, 2004. Anais. Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, Cartagena, Colômbia, 2004. [CD-Rom].
- DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M. S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. de. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2005. 19 p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: 1997. 212p.
- ENTRY, J. A.; RYGIEWICZ, P. T.; WATRUD, L. S.; DONNELLY, P. K. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. **Advances in Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. 123-138, 2002.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**. EMBRAPA, EMBRAPA Meio Ambiente, 2000, 198p.
- GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 269-276, 2007.
- GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K. W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, n. 4, p. 1231-1243, 2003.
- KOUNO, K.; WU, J.; BROOKS, P. C. Turnover of biomass C and P in soil following incorporation of glucose or ryegrass. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, n. 5, p. 617-622, 2002.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho

- cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2003, v. 27, 821-832p.
- MARCHIORI, J. M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2000 v. 35, 1177-1182 p.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. B. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.
- MENDES, I.C. Impactos de sistemas agropecuários na atividade enzimática e biomassa microbiana dos solos de Cerrado. In: II Congresso Brasileiro De Soja / Mercosoja. 2002. Foz do Iguaçu, 2002. **Anais..** Londrina, EMBRAPA Soja, 2002. p. 246-257. (EMBRAPA Soja. Documentos, 180)
- 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**, 2003, v. 27, 435-443 p.
- MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, J.B.R.; MANJABOSCO, A.D.; SOARES, A.S.; BRAGA, A.C.A.; ALMEIDA, K.A. Alterações na biomassa microbiana do solo submetido a diferentes sistemas de manejo e rotações/sucessões de culturas. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas. Santa Maria, 2000. **Anais..** Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Brasileira de Microbiologia, 2000. CD-ROM
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F.M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H., (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.
- OLIVEIRA, J. R. A. **O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado**. Brasília, Universidade de Brasília, 2000. 115p. (Tese de Mestrado)
- 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**, v.25, n.4, p.863-871, 2001.
- REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorous mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Bioresource Technology**, 2004, 159-167 p.
- ROSA, M. E. C.; OLSZEWSKI, N.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M.; CORREIA, J. R. Formas de carbono em Latossolo vermelho eutrófico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.4, p.911-923, 2003.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's oxisol. **Geoderma**, v. 104, n. 3, p. 185-202, 2001.
- ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. 2006.
- SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002, p. 119-140.

- SIMÕES, S. M. O.; ZILLI, E. J.; GOMES, C. M. C.; HÉLITO, T. B. Carbono orgânico e biomassa microbiana do solo em plantios de *Acacia mangium* no Cerrado de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 23-30, 2010.
- SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V. S. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.
- TÓTOLA, M. R; CHAER, G. M. Microorganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade dos solos. In: NOVAIS, R. F. ed. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, 692p, 2002.
- URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. **Manejo de sistemas agrícolas para sequestro de carbono no solo**. Curso de Agrobiologia. EMBRAPA-Agrobiologia, v. 16, 2002
- VALE, J. J. F; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos sob Savanas de Roraima: Gênese, classificação e relações ambientais**. Boa Vista, Gráfica Ioris, 2010, 219p.
- VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, 1987, 703-707p.
- VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 35-42, 2000.
- ZILLI, J. E.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; COUTINHO, H. L. D.; NEVES, M. C. P. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.
- ZILLI, J. E.; MARSON, L.C.; XAVIER, G. R.; RUMJANEK, N. G. **Recomendação da estirpe BR 3267 (=SEMIA 6462) para a inoculação de sementes de feijão-caupi em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007.