

## VI-059 – ESTIMATIVA DA ATIVIDADE DA MICROBIOTA EDÁFICA EM ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATIVA E DE MANEJO FLORESTAL NA CHAPADA DO ARARIPE

**Paulo Ricardo Alves dos Santos<sup>(1)</sup>**

Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará - Campus Cariri.

**Adriana Oliveira Araújo**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri. Mestre em Eng. Agrícola pela Universidade Federal do Ceará – Campus Pici. Doutoranda em Eng. Agrícola pela Universidade Federal do Ceará – Campus Pici.

**Maria Gorethe de Sousa Lima**

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal da Paraíba. Professora da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus Cariri.

**Luiz Alberto Ribeiro Mendonça**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre e Doutor em Engenharia Civil (Área de concentração: Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará. Professor da Universidade Federal do Ceará (UFC) – Campus Cariri e do Programa de Pós – Graduação em Eng. Agrícola da UFC.

**Antonio Álisson Fernandes Simplicio**

Estudante do Curso de Agronomia da Universidade Federal do Ceará - Campus Cariri.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Tenente Antônio João, 651 - Dependência - Crato - CE - CEP: 63100-000 - Brasil - Tel: (88) 9942-4904 - e-mail: [paulo\\_ptg@hotmail.com](mailto:paulo_ptg@hotmail.com)

### RESUMO

Na unidade de conservação federal de uso sustentável APA Chapada do Araripe, em sua vertente cearense, tem-se buscado um modelo de desenvolvimento florestal de rendimento sustentável. Contudo, como forma de contribuir para a compreensão dos aspectos ecológicos inerentes ao manejo da floresta, faz-se necessário analisar as dimensões espacial e temporal da ação antrópica na vegetação, por meio da avaliação de possíveis alterações nas características físicas, químicas e microbiológicas do solo. Ressalta-se que os microrganismos do solo são essenciais para o ambiente devido sua importante função em muitas reações, tais como no ciclo de compostos minerais, na decomposição de material orgânico, no desenvolvimento das plantas e em vários processos biofísicos. Salienta-se que a dinâmica sazonal natural exibida pela população microbiana do solo e sua diversidade e função são influenciadas por vários fatores, incluindo a vegetação e o uso e ocupação do solo. Por essa razão, este trabalho teve como objetivo estimar a atividade da microbiota do solo de áreas de vegetação nativa e de manejo florestal por meio da respirometria. Para isso, foram realizadas determinações da emissão de CO<sub>2</sub> no campo e em laboratório. Ainda em campo, foram realizadas determinações de resistência à penetração e de temperatura do solo. Em laboratório também foram determinados teores de carbono orgânico total e lábil, umidade e pH. Os resultados obtidos em campo mostraram uma maior atividade da microbiota edáfica, expressa na forma de emissão de CO<sub>2</sub>, na área de floresta. Em laboratório, a emissão acumulada na amostra da floresta foi maior somente até o 22º dia. Para os demais parâmetros analisados, foram verificados, na floresta, os maiores teores de carbono orgânico total e de umidade. Nas áreas manejadas, foram obtidos os maiores teores de carbono lábil e resistência à penetração. Os valores de pH e temperatura do solo foram semelhantes nas áreas estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissão de CO<sub>2</sub>, Microbiota Edáfica, Vegetação Nativa, Manejo Florestal.

### 1 - INTRODUÇÃO

A economia agrícola nordestina está fortemente sustentada na exploração dos recursos naturais, principalmente no que se refere ao extrativismo da cobertura vegetal, o superpastejo de áreas nativas e a exploração agrícola sem qualquer tipo de preocupação conservacionista (SAMPAIO & SALCEDO, 1997). Araújo Filho & Carvalho (1997) comentam que 73% do consumo de energia primária, para a indústria de alguns estados nordestinos, tem como fonte o carvão e a lenha. Essas retiradas, associadas às áreas agrícolas, são responsáveis

pela maior parte das áreas desmatadas nos estados do Ceará (53%), Rio Grande do Norte (66%), Paraíba (49%) e Pernambuco (55%) (IBAMA, 1993).

Estes dados tornam bastante evidente que as reservas florestais naturais estão sendo utilizadas de forma exaustiva, com graves consequências para o meio ambiente.

Por essa razão, tem-se buscado, na unidade de conservação federal de uso sustentável APA Chapada do Araripe, em sua vertente cearense, um modelo de desenvolvimento florestal de rendimento sustentável (Plano de Manejo Florestal Sustentável).

Contudo, como forma de contribuir para a compreensão dos aspectos ecológicos inerentes ao manejo da floresta, faz-se necessário analisar a dimensão espacial e temporal da ação antrópica na cobertura vegetal dessa área, por meio da avaliação de possíveis alterações nas suas características físicas, químicas e microbiológicas.

Ressalta-se que os microrganismos do solo são essenciais para o ambiente devido sua importante função em muitas reações, tais como no ciclo de compostos minerais, na decomposição de material orgânico, no desenvolvimento das plantas e em vários processos biofísicos (WARDLE and GHANI, 1995; CRITTER et al, 2004). A dinâmica sazonal natural exibida pela população microbiana do solo, sua diversidade e função são influenciadas por vários fatores, incluindo vegetação e manejo agrícola (CRITTER et al, 2004).

Nesse aspecto, o desenvolvimento de métodos para estimar a atividade microbiana em solos é fundamental para o monitoramento ambiental e recuperação de áreas degradadas. Entre os métodos disponíveis para estimar a atividade microbiana, destaca-se o da respirometria, que mede o consumo de  $O_2$  ou da produção de  $CO_2$  oriundo da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbicos durante a oxidação de compostos orgânicos (GARCIA et al., 1994; SARIG & STEINBERGER, 1994).

Por essa razão, este trabalho tem como objetivo estimar a atividade da microbiota do solo de áreas de mata nativa e de manejo florestal por meio da respirometria, a fim de contribuir para a identificação de possíveis alterações nas características do solo da área manejada e, assim, subsidiar programas de monitoramento ambiental, notadamente no que concerne à conservação do solo e, conseqüentemente, ao controle da degradação/desertificação.

Para uma maior compreensão dos aspectos inerentes à atividade microbiana, também foram determinados os seguintes parâmetros nas amostras de solo: carbono orgânico lábil e total, potencial hidrogeniônico, resistência à penetração, temperatura e teor de umidade.

## **2 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Esta pesquisa foi desenvolvida em uma área de vegetação preservada na Floresta Nacional do Araripe (F) (Figura 1) e em dois talhões de uma unidade de manejo florestal (Figura 2), sendo um já explorado (T1) e outro a ser explorado (T7). A distância entre a área de vegetação preservada e a unidade de manejo é de aproximadamente 20 km. Nestas áreas, a precipitação média anual é de 1.033 mm, concentrada de janeiro a maio. As temperaturas médias máxima e mínima são de 34 e 18 °C, respectivamente. Na área de vegetação preservada, a formação vegetal é floresta úmida semiperinifolia e na unidade de manejo é o cerrado. O tipo de solo predominante nas duas áreas é o Latossolo Vermelho Amarelo de textura média a argilosa.

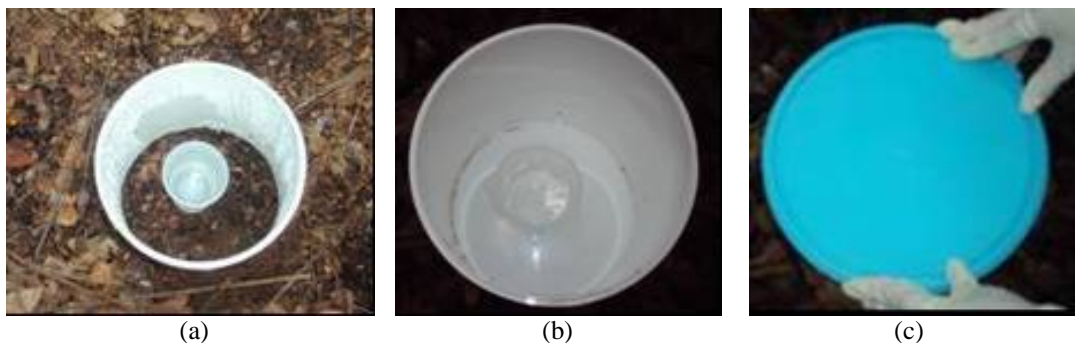


**Figura 1 - Área de vegetação preservada na Floresta Nacional do Araripe**



**Figura 2 - Área da Unidade de manejo florestal na Chapada do Araripe**

Em cada área estudada foi realizada a estimativa da atividade da microbiota do solo por meio da respirometria. Para isso, foram instaladas em cada área seis câmaras estáticas de PVC de volume interno  $0,008 \text{ m}^3$  e área exposta para o solo de  $0,03 \text{ m}^2$ , cravadas no solo a aproximadamente 5 cm de profundidade. Das seis câmaras, três foram mantidas em contato direto com o solo (Figura 3 a) e as outras três isoladas (Figura 3 b), as quais funcionavam como câmaras controle (branco). Em cada uma das três câmaras foi inserido um béquer de plástico contendo 100 mL de solução de hidróxido de sódio ( $0,5 \text{ mol/l}$ ), com a função de absorver o  $\text{CO}_2$  gerado no interior da câmara. As tampas das câmaras foram fechadas e vedadas para impedir trocas gasosas com a atmosfera externa (Figura 3 c). Transcorridos 10 min da etapa de vedação das tampas, as soluções de NaOH foram retiradas das câmaras e, ainda no campo, tituladas com ácido clorídrico ( $0,25 \text{ mol/l}$ ) para determinação do efluxo de  $\text{CO}_2$ . Próximos ao local onde as câmaras estavam instaladas foram disponibilizados todos os reagentes, vidrarias e utensílios necessários à titulação (Figura 4). Durante cada amostragem foram feitas determinações da temperatura do solo, na profundidade de 10 cm.

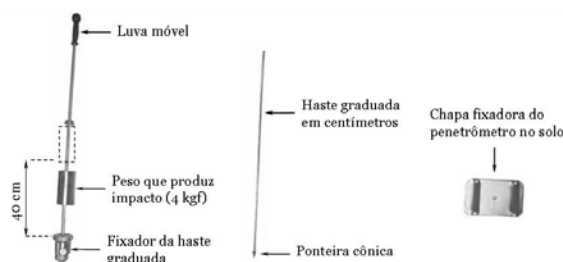


**Figura 3 – Câmaras estáticas de PVC para medição de  $\text{C} - \text{CO}_2$  no campo: (a) Aberta e em contato direto com o solo, com béquer contendo solução de NaOH; (b) Aberta e isolada do solo, com béquer contendo solução de NaOH e (c) Fechada e vedada.**



**Figura 4 – Reagentes, vidrarias e utensílios utilizados na titulação das soluções de NaOH provenientes das câmaras estáticas instaladas no campo.**

Ainda em campo, foi determinada a resistência à penetração através de um penetrômetro de impacto modelo Stolf (Figura 5).



**Figura 5 - Penetrômetro de impacto modelo Stolf.**

Além dos parâmetros citados acima, também foram determinados, em laboratório, a emissão de C – CO<sub>2</sub>, os teores de carbono orgânico lábil e total, o teor de umidade e o pH. Para isso, foram realizadas, em cada área estudada, 3 coletas de amostras de solo de aproximadamente 500 g cada uma, na profundidade de 0 a 10 cm. Ainda no campo, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Ceará (UFC), para avaliação da emissão de C – CO<sub>2</sub>, dos teores de carbono orgânico lábil e total e do pH. Para a determinação do teor de umidade, as amostras foram coletadas em cápsulas de alumínio.

Em condições de laboratório, amostras de 50g de solo foram umedecidas e incubadas por um período de 120 dias para determinação da emissão acumulada de CO<sub>2</sub>, também pelo método da respirometria. Nos primeiros 12 dias as medições foram realizadas a cada 24 h e nos dias subsequentes a cada 48 h, até completar 120 dias. A quantidade total de CO<sub>2</sub> desprendida de cada amostra correspondeu ao somatório dos valores obtidos em cada medição.

As metodologias da respirometria e da determinação dos teores de carbono orgânico lábil e total encontram-se em Mendonça e Matos (2005). Para as determinações de pH e umidade, foram utilizados os métodos descritos em Embrapa (1997) e para a resistência à penetração o método descrito por Stolf (STOLF et al., 1983).

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios dos parâmetros analisados *in loco* e em amostras de solo coletadas na área de manejo (talhão 1 – T1 e talhão 2 – T7) e na área de floresta (F), localizadas na Chapada do Araripe – CE.

**Tabela 1 - Valores médios dos dados analisados *in loco* e nas amostras de solo coletadas na área de manejo (talhão 1 – T1 e talhão 2 – T7) e na área de floresta (F).**

Parâmetros	T1	T7	F
mg C - CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .min <sup>-1</sup>	40,0	30,0	60,0
Carbono orgânico total (%)	2,4	2,6	6,7
Carbono lábil (%)	0,39	0,42	0,16
Resistência à penetração (MPa)	4,7	3,0	1,6
Teor de umidade (%)	13,0	12,9	30,1
pH	3,7	3,8	3,6
Temperatura do solo (° C)	22,3	23,7	22,0

#### 3.1 - Emissão de C- CO<sub>2</sub> em Campo

A análise da Tabela 1 mostra que a maior atividade da microbiota edáfica, expressa na forma de emissão de CO<sub>2</sub>, foi obtida na área de floresta, seguida de T1 e T7. As faixas de valores em cada área foram superiores as faixas encontradas por Neto et al (2011) em solo do bioma do Cerrado em Goiás (6,7-16,7 mg C - CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>

$^2 \cdot \text{min}^{-1}$ ), por Coutinho & Lamberti (1971) e Medina et al. (1980) na Amazônia (0,5-0,6 mg C -  $\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ) e por Ceulemans et al. (1987) na Ásia (0,67-1,46 mg C -  $\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

Porém, ressalta-se que a dinâmica da matéria orgânica no solo, associada a aspectos inerentes ao tipo de cobertura vegetal (floresta, pastagem e culturas) e até mesmo a época do ano, é decorrente dos diferentes aportes de matéria orgânica e reações no solo, como mineralização, imobilização ou decomposição do material depositado (Benites et al., 2005). Por essa razão, cada sistema solo-planta, e sua influência sobre a microbiota do solo, deve ser analisada separadamente e sob vários aspectos.

A seguir serão analisados alguns dos aspectos que podem interferir na atividade da microbiota do solo.

### 3.1.1 - Carbono orgânico (total e lábil) / Resistência à penetração / Teor de umidade / pH / Temperatura

O teor de carbono orgânico total na área de floresta (F) foi superior aos teores obtidos na área de manejo (T1 e T7), indicando que a cobertura sob floresta foi expressivamente superior (em torno de 62%) quando comparada com as das áreas manejadas. Na realidade esse resultado já era esperado, pois em áreas de manejo a deposição de material orgânico na superfície do solo é menor em relação às áreas sob floresta. A principal contribuição para a formação da matéria orgânica do solo em áreas manejadas é, geralmente, a decomposição de raízes e de exsudados radiculares, os quais são incorporados rapidamente pelo processo de decomposição, com menor acúmulo de matéria orgânica em relação a outras áreas.

Com relação à fração de carbono facilmente mineralizada pela microbiota do solo ( $C_{\text{lábil}}$ ), pôde ser verificado que os maiores valores foram obtidos nos talhões 1 (T1) e 7 (T7). Esse comportamento difere do registrado para a emissão de  $\text{CO}_2$ , já que as maiores emissões foram verificadas na área de floresta. Porém, para explicar esse resultado, alguns aspectos devem ser ponderados.

Inicialmente deve-se considerar a possibilidade dos resultados de  $C_{\text{lábil}}$  terem sido influenciados pela oxidação, durante o procedimento analítico, de frações mais estáveis de C orgânico, como os ácidos fúlvicos e húmicos.

Segundo Passos et al (2007), em razão da matéria orgânica ser relativamente mais lábil em solos de regiões tropicais, a utilização de oxidantes mais diluídos, como 15,6 mmol  $\text{KMnO}_4 \cdot \text{L}^{-1}$ , em vez de soluções mais concentradas, como a utilizada nesta pesquisa (33 mmol  $\text{KMnO}_4 \cdot \text{L}^{-1}$ ), permite que se obtenha valores de  $C_{\text{lábil}}$  mais próximos dos obtidos da produção acumulada de  $\text{CO}_2$ . Dessa forma, considerando a evolução de  $\text{CO}_2$  como um método-referência para estimar a mineralização dos compostos orgânicos do solo, o referido autor recomenda a diminuição da concentração do oxidante na determinação de formas lábeis de C orgânico nesses solos.

Ainda com relação aos aspectos inerentes às frações da matéria orgânica no solo, deve-se considerar a possibilidade da elevada emissão de  $\text{CO}_2$  na floresta ter sido proveniente de expressivas concentrações de ácidos fúlvicos, já que são considerados, juntamente com o C orgânico lábil, uma das frações orgânicas responsáveis pela emissão de  $\text{CO}_2$  (Passos et al, 2007).

Outro aspecto a ser considerado, refere-se ao fato dos talhões 1 e 7 apresentarem camadas mais compactadas, já que apresentaram maior resistência à penetração, o que pode ter contribuído para reduzir as perdas de  $C_{\text{lábil}}$  e o suprimento de oxigênio aos microrganismos, resultando na elevação dos teores de  $C_{\text{lábil}}$  nessas áreas. Esse resultado pode ser ratificado pela maior porcentagem de microporos obtidos por Araújo (2010) nas áreas de manejo. Segundo essa autora, os maiores teores médios de microporos observados na camada superficial das áreas manejadas resulta em uma menor capacidade de infiltração, aeração, umidade e exposição da matéria orgânica ao ataque microbiano.

A umidade do solo é uma variável que também tem grande influência nos fluxos de  $\text{CO}_2$  e, por essa razão, podem contribuir para a compreensão dos aspectos inerentes a maior emissão de  $\text{CO}_2$  na área de floresta (área que apresentou maior teor de umidade). Isso se deve ao fato dos processos de respiração e decomposição estarem relacionados às atividades de microrganismos que são extremamente dependentes da quantidade de água no solo (Davidson & Jassens, 2006). Diversos estudos (Weitz et al., 2001; Wuebbles & Hayhoe, 2002; Dobbie & Smith, 2003) mostraram o aumento nas emissões de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$  com o aumento da umidade do solo.



No que se refere ao pH, as três áreas estudadas apresentaram valores muito próximos, porém, ácidos. Essa acidez, relacionada à própria condição natural de camadas superficiais de solos do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, pode ser atribuída ao aumento da concentração do  $\text{CO}_2$  durante o processo de decomposição / mineralização da matéria orgânica do solo, contribuindo para aumentar a concentração de ácido carbônico e sua subsequente dissociação. Seybol & Grossman (2006) também encontraram elevados valores de acidez na camada mais superficial do solo tipo Latossolo Vermelho.

Com relação à temperatura do solo, também foram obtidos valores muito próximos entre as diferentes áreas analisadas. Esse fato é atribuído às baixas temperaturas do período chuvoso, já que no período seco foi verificado que a área manejada apresentou uma temperatura aproximadamente  $15^\circ\text{C}$  superior a da área de floresta.

Ante o exposto, as diferentes emissões de C -  $\text{CO}_2$  entre as áreas de floresta e de manejo não podem ser associadas, no período estudado, à diferença de temperatura.

### 3.2 - Emissão de C - $\text{CO}_2$ em laboratório

Os resultados indicam que, para o perfil de 0 a 10 cm, as amostras de solos provenientes da área de floresta (F) apresentaram maior emissão de  $\text{CO}_2$  acumulado até o 22º dia de incubação (103 mg C- $\text{CO}_2$ /50g de solo) (Figura 6).

Esse comportamento pode ser atribuído a maior taxa de decomposição da matéria orgânica nas amostras da floresta, durante os 22 primeiros dias, decorrente de uma maior população da microfauna edáfica. Após esse período, o menor teor de carbono lábil na área da floresta (Tabela 1), associado à intensa atividade microbiana nos primeiros dias de incubação, torna o alimento (matéria orgânica) escasso, contribuindo para o declínio da microfauna e, em consequência, à redução da emissão de  $\text{CO}_2$ .

A admissão de uma maior população da microfauna edáfica na área de floresta decorre do fato de Araújo (2010) ter encontrado uma maior densidade de indivíduos da macrofauna edáfica na camada superficial do solo dessa área.

A partir do 22º dia de incubação, o talhão a ser explorado (T7) apresentou maior emissão, seguido do talhão já explorado (T1) e da floresta (F).

Ressalta-se que essas emissões de  $\text{CO}_2$  foram determinadas em um ambiente onde todas as amostras foram submetidas às mesmas condições de temperatura e umidade. Nesse caso, as únicas variáveis do processo foram as concentrações de matéria orgânica e a população da microfauna edáfica.

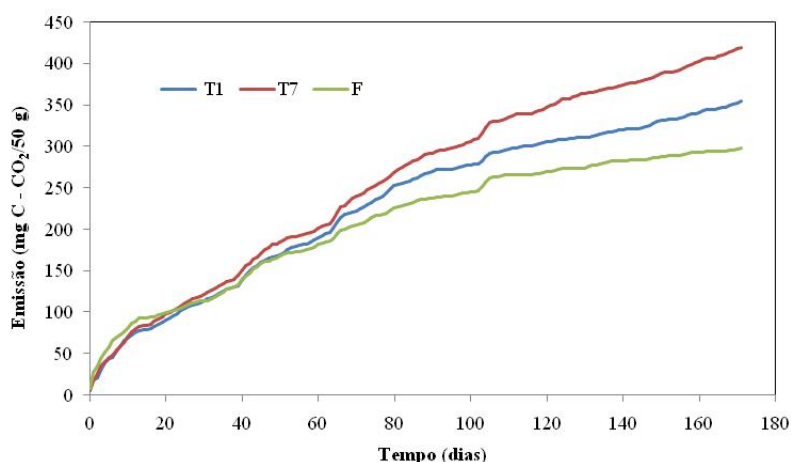


Figura 6 - Emissão de  $\text{CO}_2$  acumulada, em área de vegetação preservada e em áreas de manejo, determinada em laboratório.

#### 4 – CONCLUSÃO

No campo, a maior atividade da microbiota edáfica, expressa na forma de emissão de CO<sub>2</sub>, foi obtida na área de floresta. Em laboratório, a emissão acumulada em amostras de solo da floresta foi maior somente até o 22º dia.

Os teores de carbono orgânico total foram maiores na área de floresta, enquanto que os teores de carbono lábil foram menores.

O solo da área de floresta apresentou-se menos compactado e mais úmido.

Com relação aos valores de pH do solo, não foram verificadas variações expressivas entre as áreas estudadas. Comportamento semelhante foi observado com os valores de temperatura, devido à pesquisa ter sido realizada no período chuvoso.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAÚJO FILHO, J.A. & CARVALHO, F.C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga**. Sobral, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 19p (Circular Técnica, 13).
2. BENITES, V. M.; SÁ, E.; SCHAEFER, C. E.; NOVOTNY, E. H.; REIS, E.; KER, J. K. **Properties of black soil humic acids from high altitude rock complexes in Brazil**. Geoderma, v. 127, p. 104-113, 2005.
3. CEULEMANS, R.; IMPENS, I.; GABRIEL, G. **CO<sub>2</sub> evolution from different types of soil cover in the tropics**. Trop. Agric. (Trinidad), 64(1): 68-69, 1987.
4. COUTINHO, L.M. & LAMBIERTI, A. **Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade Amazônica de mata de terra firme**. Ciência e Cultura, 23(3): 411- 416, 1971.
5. CRITTER, S.A.M.; FREITAS, S.S.; AIROLDI, C. **Microcalorimetric measurements of the metabolic activity by bacteria and fungi in some Brazilian soils amended with different organic matter**. Thermochemica Acta, v.417, p.275-281, 2004.
6. DAVIDSON, E.A. & JANSSENS, I.A. **Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change**. Nature, 440:165-173, 2006.
7. DOBBIE, K.E. & SMITH, K.A. **Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water-filled pore space and other controlling variables**. Glob. Chang. Biol., 9:204-218, 2003.
8. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
9. GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. **Microbial activity soils under Mediterranean environmental conditions**. Soil Biology and Biochemistry, v.26, p.1185-1191, 1994.
10. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - IBAMA. Documentos e relatório final. In: **Reunião sobre o desenvolvimento do setor florestal do nordeste**, 1, Recife, Anais, Recife, 1993.
11. MEDINA, E. ; KLINGE, H.; JORDAN, C.; ERRERA, R. **Soil respiration in Amazonian rain forest in the Rio Negro basin**. Flora, 170: 240-250, 1980.
12. MENDONÇA, E.S.; MATOS, E S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Visoça - MG, ed. UFV, p. 107, 2005.
13. NETO, M. S.; PICCOLO, M. de C.; JUNIOR, C. C.; CERRI, C. C.; MARTIAL, B. **Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma cerrado**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 35:63-76, 2011.
14. PASSOS, R.R.; RUIZ, H.A.; MENDONÇA, E.S.; CANTARUTTI, R.B.; SOUZA, A. P. **Substâncias húmicas, atividade microbiana e carbono orgânico lábil em agregados de um latossolo vermelho distrófico sob duas coberturas vegetais**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 31:1119-1129, 2007.
15. WARDLE, D.A. & GHANI, A. **Why is the strength of relationships between pairs of methods for estimating soil microbial biomass often so variable?** Soil Biol. Biochem., 27:821-828, 1995.
16. WUEBBLES, D.J. & HAYHOE, K. **Atmospheric methane and global change**. Earth-Sci. Rev., 57:177-210, 2002.
17. SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I. **Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 1997. CD-ROOM.

18. SARIG, S.; STEINBERGER, Y. **Microbial biomass response to seasonal fluctuation in soil salinity under the canopy of desert halophytes**. Soil Biology and Biochemistry, v.26, p.1405-1408, 1994.
19. SEYBOLD, C. A & GROSSMAN, R. B. Prediction of effective Cation Exchange Capacity in low pH soils. Soils Science. USA. Vol. 171. n° 1. January. 2006.
20. STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. **Recomendações para uso de penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar- Stolf**. São Paulo, MIC/IAA/PNMC - Planasulcar, p. 8, 1983. (Série Penetrômetro de Impacto, BT1).
21. WEITZ, A.M.; LINDER, E.; FROLKING, S.; CRILL, P.M. & KELLER, M. **N<sub>2</sub>O emissions from humid tropical agricultural soils: Effects of soil moisture, texture and nitrogen availability**. Soil Biol. Biochem., 33:1077-1093, 2001.