

VI-108 - FRACIONAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL E VEGETAÇÃO NATIVA

Adriana Oliveira Araújo⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia FATEC Cariri. Mestre em Eng. Agrícola e doutoranda em Eng. Agrícola, pela Universidade Federal do Ceará (UFC) – *Campus Pici*.

Luiz Alberto Ribeiro Mendonça

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus Pici*. Mestre e Doutor em Engenharia Civil pela UFC - *Campus Pici*. Professor do curso de Eng. Civil e do Programa de Pós - Graduação em Eng. Agrícola, ambos da UFC - *Campus Cariri*.

Maria Gorethe de Sousa Lima

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora do curso de Eng. Civil e do Programa de Pós - Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, ambos da UFC - *Campus Cariri*.

Cícera Josislane Crispim da Silva

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Tecnologia FATEC Cariri. Mestranda do Curso de Pós - Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da UFC - *Campus Cariri*. Professora da FATEC Cariri.

Fernando José Araújo da Silva

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus Pici*. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Doutor em Engenharia Civil pela UFC - *Campus Pici*. Professor do curso de Eng. Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC) - *Campus Cariri*.

Endereço⁽¹⁾: Rua/Raimundo Norões Mifont, n 99 - Bairro Vila Alta - Crato - CE - CEP: 63119-240 - Brasil - Tel: (88) 88259610 - e-mail: adrianasaneamento@yahoo.com.br

RESUMO

A matéria orgânica do solo (MOS) é um atributo da qualidade deste, pois além de satisfazer o requisito básico de refletir modificações impostas pelo manejo do solo, também é fonte primária de nutrientes, com influência sobre os processos de infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão. A alternativa mais frequente na análise da dinâmica da MOS é oferecida pelo Índice de Manejo de Carbono (IMC). Esse índice leva em consideração a labilidade da MOS e permite comparar mudanças que ocorrem no C orgânico total (COT) do solo e no C lábil (C_{LAB}), resultante do uso e do manejo. Diante do exposto, o estudo da fração lábil de carbono no solo (C_{LAB}) é relevante como indicador de qualidade do solo. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do manejo florestal de vegetação nativa sobre a dinâmica da MOS e de atributos correlacionados, como capacidade de infiltração e IMC. Para isso, foram coletadas amostras, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em talhões da área de manejo e na área de vegetação preservada. Foram determinados os seguintes atributos e índices: carbono orgânico total (COT), carbono orgânico lábil (C_{LAB}), carbono não lábil (C_{NL}), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC). Em cada local de coleta foi determinada a capacidade de infiltração mínima do solo (fpc). Os resultados obtidos mostraram que as concentrações de C_{LAB} nas áreas manejadas foram menores, em razão da antropização da vegetação nativa, e que o C_{LAB} se mostrou mais sensível às práticas de manejo do que o COT. Também foi verificada uma redução na fpc dos solos da área impactada, quando comparada com a área de floresta preservada.

PALAVRAS-CHAVE: Flona, índice de manejo de c, carbono lábil, infiltração.

1 - INTRODUÇÃO

Na busca por melhores índices de qualidade do solo, Doran & Parkin(1994) propuseram um conjunto básico de indicadores de ordem biológica, física e química: textura, profundidade de solo e de raízes, densidade do solo, infiltração de água no solo, capacidade de armazenamento e retenção de água, conteúdo de água no solo,

temperatura do solo, teores de carbono (C) e nitrogênio orgânico total (N), pH, condutividade elétrica, teores de N mineral.

A proposta é de que esses indicadores sejam relacionados com cinco funções do solo: habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de água; habilidade de regular e compartimentalizar o fluxo de elementos químicos; promover e sustentar o desenvolvimento de raízes; manter um habitat biológico adequado; e responder ao manejo, resistindo à degradação (VEZZANI, 2009).

Neste contexto, a matéria orgânica do solo (MOS) é um atributo da qualidade deste (DORAN; PARKIN, 1994). Além de satisfazer o requisito básico de refletir modificações impostas pelo manejo do solo, é também fonte primária de nutrientes, com influência sobre os processos de infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão.

Segundo Mendonça et al. (2009), na comparação entre áreas preservadas e desmatadas há redução da MOS. Isto resulta ainda em incremento da densidade aparente e da microporosidade dos solos e, em sentido oposto, em redução de umidade, macroporosidade, condutividade hidráulica saturada e densidade da macrofauna edáfica.

A magnitude de influências da MOS sobre os processos químicos, físicos e biológicos do solo é função tanto da quantidade quanto da qualidade da mesma. Portanto, a simples quantificação dos estoques de C total ou de suas frações não fornece valores extrapoláveis para diferentes situações de manejo, locais, climas e solos (NICOLOSO et al., 2008).

Neste aspecto, reservatórios lábeis ou complexados, em diferentes graus de interação com a matriz mineral do solo (MOS estável), podem ter implicações na retenção de C atmosférico, bem como nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A fração lábil da MOS pode ocorrer livremente e seu mecanismo de proteção é intrínseco à recalcitrância de sua composição química ou está relacionado à oclusão no interior dos agregados, o que limita o acesso a microrganismos e suas enzimas (CHRISTENSEN, 2001).

Nesse sentido, a fração lábil da MOS apresenta alta taxa de decomposição, compostos facilmente mineralizados em reações catalisadas por enzimas do solo. Sua principal função é atuar sobre as condições físicas e químicas, somadas, destacadamente, ao sequestro de CO₂ no solo (SILVA; MENDONÇA, 2007; RANGEL et al., 2008). Essa fração lábil é a mais rapidamente alterada por práticas de manejo do solo.

Blair et al. (1997) verificaram que o carbono lábil tanto declina como se recupera mais rápido que o carbono não lábil ou carbono total, conduzindo à evidência de que o C lábil é o indicador mais sensível, e adequado, para o entendimento da dinâmica do COT no sistema.

Em razão disso, Blair et al. (1997) propuseram o Índice de Manejo do Carbono (IMC) que mede a quantidade de carbono lábil em relação ao carbono total, comparando um sistema testado (resultante do uso e do manejo) com um sistema referência. Também alertaram que não há valores para este índice que possam ser considerados bons ou ruins. O IMC fornece uma medida da taxa de mudança do sistema estudado, relativa a uma área comparativamente mais estável.

Ante o exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do manejo florestal de vegetação nativa sobre a dinâmica da MOS e de atributos correlacionados, como capacidade de infiltração e IMC.

2 - MATERIAIS E METÓDOS

2.1 - Localização e descrição geral das áreas de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área de vegetação preservada na Floresta Nacional do Araripe (FLONA), em uma área de reserva ambiental (RA) e em 4 (quatro) talhões de uma unidade de manejo florestal, sendo três já explorados (T₁, T₃ e T₄), com 4, 3 e 2 anos de pousio, respectivamente, e um em exploração (T₅) (Figura 1). Estas áreas estão localizadas no sul do estado do Ceará, Nordeste do Brasil.

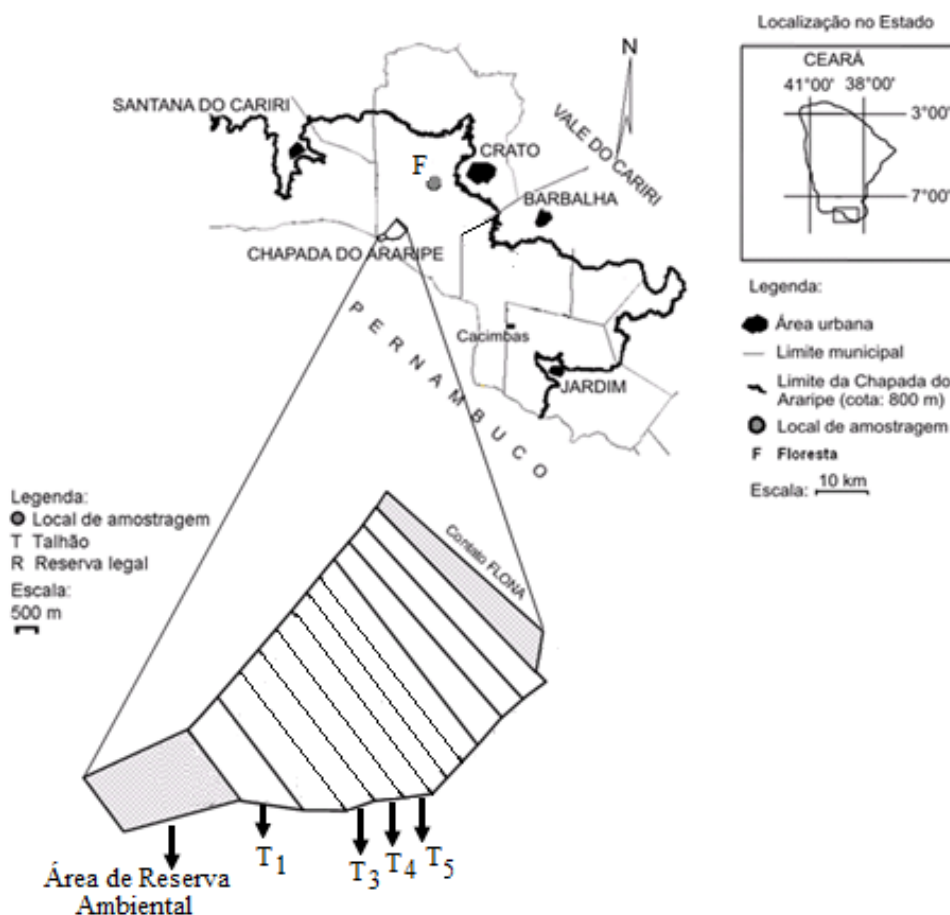


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A Unidade de Manejo Florestal (UMF) compreende uma área de aproximadamente 15 km², com talhões que são explorados individualmente em sequência anual. Nas vizinhanças da mesma encontra-se a Floresta Nacional do Araripe (FLONA), com aproximadamente 383 km² de área preservada, que exerce grande influência no clima local, tornando-o úmido e desempenhando papel de destaque nos recursos hídricos regionais.

Conforme o INMET (1993), o clima desta região é do tipo Aw', característico de "Clima Tropical Chuvoso" (classificação de Köppen), com precipitação média anual de 1033 mm, distribuída numa estação chuvosa que vai de janeiro a maio, temperatura média máxima de 34 °C e mínima de 18 °C e umidade relativa do ar média máxima de 80% e mínima de 49%.

De acordo com o levantamento exploratório de Jacomine et al. (1973) e de Carvalho et al. (1999), no setor oriental da chapada predominam os solos do tipo Latossolos Vermelho-Amarelo (LVA) de textura média a argilosa, provenientes dos arenitos da Formação Exu, que afloram na área.

2.2 - Coleta e análise de amostras de solo

Para esta pesquisa, foram coletadas quatro (4) amostras de solo nos talhões da área de manejo florestal (Figura 2), na área de reserva ambiental (RA) e na área de vegetação preservada - FLONA (Figura 3). As coletas foram realizadas no período seco, nos anos de 2010 e 2012, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, com trado tipo "calador".

Em cada amostra coletada foram determinados os seguintes atributos e índices: carbono orgânico total (COT), carbono orgânico lábil (C_{LAB}), carbono não lábil (C_{NL}), índice de compartimento de carbono (ICC), índice de labilidade (IL) e índice de manejo de carbono (IMC). Em cada local de coleta foi determinada a capacidade de infiltração mínima do solo (fpc). Após coletadas, as amostras foram secas e peneiradas (2 mm) para constituírem a terra fina seca ao ar (TFSA).



Figura 2 - Área de manejo florestal.



Figura 3 - Área de vegetação preservada.

Para determinação dos teores de carbono orgânico total (COT), inicialmente as amostras foram trituradas em almofariz e passadas em peneiras de 0,210 mm. Posteriormente, foram pesados 0,1 g de solo da UMF, 0,1 g da RA e 0,08 g da FLONA. Após pesadas, as amostras foram submetidas ao método de oxidação da matéria orgânica por via úmida, empregando, como agente oxidante, solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) em meio ácido (MENDONÇA; MATOS, 2005).

O C_{LAB} foi quantificado por meio do método de oxidação com Permanganato de Potássio ($KMnO_4$) (33 mmol L^{-1}), proposto por Blair et al. (1995). As amostras também foram trituradas em almofariz e passadas em peneiras de 0,210 mm. Após pesadas (0,01 g), as amostras foram colocadas em tubos de centrifuga de 50 ml, nos quais foram adicionados 25 ml de solução de $KMnO_4$. Os tubos foram enrolados em papel alumínio (Figura 4), para proteção da luz, e colocados em agitador vertical (a 60 rpm), por 1 hora, para posterior centrifugação (por 5 minutos), a 2.500 rpm, para oxidar o C_{LAB} . Paralelamente preparou-se uma curva - padrão de 0,030; 0,028; 0,025; 0,020; 0,015; 0,010 e 0,033 mol.L^{-1} de $KMnO_4$. As leituras foram realizadas em um espectrofotômetro no comprimento de onda de 565 nm. Os teores de C_{LAB} foram calculados pela equação (1):

$$C_{LAB} \text{ (g/kg)} = ((0,033-X) \cdot (0,75 \cdot 12 \cdot 0,025)) / (\text{amostra (kg)}) \quad (1)$$

Em que:

0,033 = concentração de $KMnO_4$ utilizada na oxidação da amostra (mol/L);

X = concentração de $KMnO_4$ após oxidação da amostra (mol/L);

0,75 = fator de conversão, considerando que 1 mol de $KMnO_4$ é consumido na oxidação de 0,75 mol de carbono;

12 = massa atômica do carbono (g/mol).

0,025 = volume de $KMnO_4$ utilizada na oxidação da amostra (L);

Amostra = massa da amostra (kg)

Segundo Blair et al (1995), o CNL é estimado pela diferença entre os valores de COT e C_{LAB} . O IMC foi calculado conforme a equação (2), proposta por Blair et al. (1995):

$$IMC = ICC \cdot IL \cdot 100 \quad (2)$$

Em que: $ICC = COT(\text{área de manejo}) / COT(\text{da área de referência})$ e $IL = L(\text{área de manejo}) / L(\text{área de referência})$, onde $L = CL / CNL$.



Figura 4 - Amostras protegidas da luz ambiente.

A taxa de infiltração de água no solo foi avaliada durante uma hora, utilizando-se cilindros concêntricos com carga variável. A curva da taxa de infiltração versus tempo foi ajustada segundo o modelo de Horton. A partir da curva ajustada foi obtida a capacidade de infiltração final, ou mínima, correspondente à estabilização, conforme metodologia descrita por Forsythe (1975). Os testes de infiltração foram executados nos locais de coleta, conforme ilustração nas Figuras 5 e 6.



Figura 5 - Tambores com água (200 L) utilizados nos testes de infiltração.



Figura 6 - Teste de infiltração.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada superficial do solo (0 -10 cm) verificou-se maior conteúdo de COT na FLONA (média de 42,14 g.kg⁻¹) (Tabela 1), devido o acúmulo da serrapilheira no solo em área de floresta e a presença de plantas com sistemas radiculares mais profundos no ambiente natural, característica de sobrevivência a longos períodos de estigem que é comum na região de estudo. Nessa profundidade, a área manejada (T₁, T₃, T₄, T₅) e a área de Reserva Ambiental apresentaram valores menores. Entretanto, observou-se que em maiores profundidades (10-20 cm) houve redução do COT em todas as áreas. Essa assertiva confirma que a conversão de áreas de vegetação nativa em cultivo agrícola e florestal, geralmente resulta na diminuição de 20 a 50% dos teores de COT (LAL et al., 2005).

De modo geral, as concentrações de C_{LAB} nas áreas manejadas foram menores em razão da antropização da vegetação nativa. Isto ratifica a maior sensibilidade deste parâmetro em relação às mudanças das práticas de manejo quando comparada ao COT. Guimarães et al. (2012) relata que o COT não é um indicador sensível às mudanças da qualidade do solo em função das práticas de manejo, devido a predominância, nos compartimentos de carbono no solo, de frações mais recalcitrantes. Essa recalcitrância, por sua vez, pode dificultar o acesso dos microrganismos a degradação do material orgânico.

Observou-se também que as menores concentrações de C_{LAB} , na camada de 0-10 cm, foram obtidas nos talhões já explorados T₃ e T₄ (0,4 e 1,20 g.kg⁻¹, respectivamente). O C_{LAB} , nas camadas de 0-10 (5,90 g.kg⁻¹) e 10-20 cm (2,51 g.kg⁻¹), na FLONA, apresentou maior valor quando comparado aos demais pontos.

Neste estudo verificou-se que ocorreu correlação linear entre COT e C_{LAB} na camada de 0-10 cm, com coeficiente de correlação (r) = 0,9849 (para α = 0,05), e na camada de 0-20 cm, com r = 0,9487 (para α = 0,05). Isto corrobora com Bayer et al. (2002), que destacam que o C_{LAB} possui relação estreita e direta com a adição de carbono no solo.

Apesar da redução do COT nas camadas de 10-20 cm, foram observadas concentrações expressivas de C_{LAB} associadas aos maiores IMC nos talhões T₁ e T₅ e na RA. Este resultado expressa que o C_{LAB} é mais sensível a alteração de manejo e essa alteração reduz a labilidade do carbono no solo. O IMC depende tanto do tamanho do compartimento de C (i.e. divisões do carbono no solo) quanto da labilidade. Neste contexto, IMCs menores que 100 são indicativos de impactos negativos das práticas de manejo. Nesta situação, enquadram-se os talhões da área de manejo e a área de reserva ambiental.

Estudo realizado por Dieckow et al. (2005), avaliando um argissolo submetido a diferentes sistemas de cultura e adubação nitrogenada, sob plantio direto, tendo utilizado como referência um campo nativo com IMC 100, observaram que, no sistema com maior aporte de resíduos ao solo, o IMC foi maior (256), enquanto o IMC no solo descoberto e no sistema aveia/milho sem N mineral, este índice foi bem mais baixo, próximo de 56.

Observou-se ainda (Tabela 1) uma redução na fpc dos solos da área impactada (talhões da área de manejo e a área de reserva ambiental), quando comparada com a da floresta preservada. Como a capacidade de infiltração depende da umidade antecedente, da natureza e do estado da estrutura do solo superficial, ela é facilmente afetada pelo tipo de vegetação e de manejo. Neste contexto, a matéria orgânica, como material cimentante, contribui com a estabilidade da estrutura do solo, tornando a capacidade de infiltração mais homogênea na área da FLONA; por apresentar maior conteúdo de matéria orgânica, apresenta solos de infiltração homogênea.

As áreas manejadas, por apresentarem menor conteúdo de matéria orgânica, contribuem para uma capacidade de infiltração heterogênea, corroborando com os achados de Mendonça et al. (2009).

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros avaliados nos solos dos talhões explorados e em exploração, da área de reserva ambiental e da área de floresta preservada (T: talhão manejado; T5: talhão com manejo em andamento; RA; reserva ambiental; FLONA: floresta preservada).

Amostra	COT (g.kg ⁻¹)		C_{LAB} (g.kg ⁻¹)		IMC		fpc (cm/min)
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	
T ₁	23,5	22,5	1,7	1,0	26,2	27,8	2,5
T ₃	20,0	17,4	0,4	1,3	19,3	4,5	1,7
T ₄	19,3	16,4	1,2	0,2	19,0	1,4	2,0
T ₅	24,0	21,6	1,3	1,2	20,6	42,6	1,5
RA	22,2	18,7	1,1	1,0	22,8	32,4	2,0
FLONA	42,1	38,4	5,9	2,5	100,0	100,0	3,6

4 – CONCLUSÕES

- Às frações lábeis podem permitir a mensuração de possíveis impactos produzidos em áreas submetidas a manejo florestal.
- A qualidade da MOS definida pela labilidade interfere nos valores de IMC, indicando, assim, possíveis solos de agregados instáveis, afetando a estrutura e levando a reduzida da fpc.
- Os teores quantitativos de matéria orgânica expressam pouca informação sobre a qualidade do solo.
- O uso do índice de manejo do carbono pode auxiliar na avaliação das melhores práticas de manejo do solo.
- O fracionamento da matéria orgânica pode subsidiar o monitoramento do uso do solo na região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, SSSA, 1994. p.37-51. (Special, 35).
2. BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. et al. Tillage and cropping system effects on soil humic acid characteristics as determined by electron spin resonance and fluorescence spectroscopies. *Geoderma*, Amsterdam, v.105, n.1-2, p.81-92, 2002.
3. BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; SINGH, B.P. & TILL, A.R. Development and use of carbon management index to monitor changes in soil C pool size and turnover. In: CADISH, G. & GILLER, K.E., eds. *Driven by nature: Plant litter quality and decomposition*. London, CAB International, 1997. p. 273-281.
4. BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a Carbon Management Index, for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, Collingwood, v.46, 1459-1466, 1995.
5. CONCEIÇÃO, A.M.S.B. Estoque de carbono e qualidade do solo em cambissolo do semiárido Baiano. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Dissertação (Mestrado), p. 59, 2010.
6. CARVALHO, O.L.; AQUINO, B. F.; FRISCHKORN, H.; AQUINO, M.D.; FONTENELE, R.E.S. Tecnologia agrícola e de conservação ambiental para o topo da Chapada do Araripe. Relatório Técnico Final. Fortaleza: BNB/FINEP – ACEP, p.232, 1999.
7. CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil- Structure, function and turnover, Copenhagen, p. 95, 2000.
8. DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGEL- KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a Southern Brazil Acrisol managed under no- tillage for 17 years. *Soil and Tillage Research*, v.81, p.87- 95, 2005.
9. DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BELDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (org.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: SSSA, p. 3-21, 1994.
10. FORSYTHE, W. Física de solos: manual de laboratório. New York: University Press, 1975.
11. GUIMARÃES, D.V.; GONZAGA, M.I.S.; SILVA, T.O.; SILVA, T. L.; DIAS, N.S.; MATIAS, M.I.S. Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. *Soil & Tillage Research*. V. 126, p. 177-182, 2012.
12. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas, 1961 – 1990. Brasília: INMET, 1993.
13. JACOMINE, P.K.T.; ALMEIDA, J.C.; MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará. *Boletim Técnico*, 28. Recife, MA/DNPEA – Sudene/DRN, v. 2, 1973.
14. LAL, R. Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, v. 220, p.242-258, 2005.
15. MENDONÇA, L.A.R.; VÁSQUEZ, M.A.N.; FEITOSA, J.V.; OLIVEIRA, J.F.; FRANCA, R.M.; VÁSQUEZ, E.M.F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14, n 1, p. 89-98, 2009.
16. NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura – pecuária no Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, v.32, p.2425-2433, 2008
17. MENDONÇA, E.S.; MATOS, E S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. Visoça - MG, ed. UFV, p. 107, 2005.

18. RANGEL, O.J.P.; SILVA, C.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERME, L.R.G. Frações oxidáveis do carbono orgânico de Latossolo cultivado com café em diferentes espaçamentos de plantio. Revista de Ciência e Agrotecnologia. UFLA. v.32, n.2, p. 429-437, 2008.
19. SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAES, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, p. 275-374, 2007.
20. VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista. Brasileira. Ciência do Solo, Viçosa v. 33 n. 4, p. 743-755, 2009.