

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

**ESTOQUE DE CARBONO EM SOLOS NOS SISTEMAS DE
PASTAGEM, INTEGRAÇÃO PECUÁRIA FLORESTA E ALFACE,
NOS PERÍODO CHUVOSO E PERÍODO NÃO CHUVOSO DA
REGIÃO DE IMPERATRIZ E SÃO FRANCISCO DO BREJÃO.**

EMILLY DE SOUZA COSTA¹; JORGE DINIZ DE OLIVEIRA²

¹UEMASUL– Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão; Centro de ciências agrárias – Rua Godofredo Viana 1300 - Centro, CEP 65901-480.

RESUMO

O solo é um dos importantes reservatórios de carbono, devido ser um elemento abundante na natureza, além de auxiliar sua melhoria físico-química, por conta do acúmulo de matéria orgânica, contribuindo para a redução dos gases de efeito estufa. No entanto, o manejo incorreto do solo pode contribuir para a baixa quantidade de estoque de carbono, como ausência de vegetação, ou constantes revolvimentos. O presente estudo teve como objetivo avaliar e determinar o estoque e sequestro de carbono orgânico em solo dos diferentes sistemas agrícolas, nos municípios de São Francisco do Brejão, na zona rural, nos sistemas de Integração Pecuária Floresta (IPF) e Pastagem, e na área urbana no município de Imperatriz, cinturão verde, com a cultura da alface. Foram empregadas amostras de solos oriundas de áreas dos municípios de Imperatriz – MA e São Francisco do Brejão – MA. As amostras foram coletadas com trado na profundidade de 0 a 20 cm, sendo 2 coletas, com 5 pontos amostrais, uma no período chuvoso e outra no período não chuvoso. Todas as amostragens para análise foram feitas em triplicata. A determinação da matéria orgânica foi feita por calcinação. Foram determinados parâmetros físico-químicos, Carbono orgânica (CO), Densidade de Solo (DS), e Estoque de carbono (EC). Estimou-se a média e o desvio padrão da média para cada tipo de variável experimental, foi realizado a análise multivariada dos dados, em que se obteve o teste de agrupamento, usando-se a distância euclidiana, foi realizado utilizando o Programa SAEG 9.0. A pesquisa demonstrou que a quantidade de Matéria orgânica (MO) foi superior nos sistemas de pastagem e IPF 1 e 2, devido ao capim mombaça tem maior deposição de MO nos sistemas de IPF e pastagem devido sua fisiologia, haja vista que a alface tem menor área foliar e baixa concentração de deposição CO comparado ao capim mombaça.

Palavras-chave: Matéria Orgânica; Mombaça; Gases do Efeito Estufa.

INTRODUÇÃO

Segundo Cerri e Cerri (2007) citado por Souza (2010), ressaltou que o solo é caracterizado por ser o principal reservatório de carbono, o elemento faz parte da MO, e pode

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ser incorporado no solo por meio de resíduos vegetais e animais. Ademais, o sequestro de Carbono (C) tem importante impacto ambiental no que se refere a redução dos gases de efeito estufa (GEE), na atmosfera, pois funciona como dreno de CO₂ no ambiente, contribuindo para a redução das mudanças climáticas.

Corforme Nanzer et al. (2008), a retirada do carbono atmosférico, é um importante fator para avaliar a qualidade do solo, além de quantificar o quanto de C atmosférico foi assimilado no solo. No entanto, o constante revolvimento do solo pela ação antrópica na produção agropecuária prejudica a MO, devido aos rompimentos dos agregados que estão protegidos nessas partículas (MACHADO et al. 2018). Nanzer et al. (2018), a MO, na qual o carbono representa 58%, a substituição de sistemas naturais para introdução de produção agrícola causa interferência na quantidade e qualidade do estoque de carbono do solo. Consoante a Souza (2010), o estoque de carbono no solo pode ser determinado pelas camadas do solo, isto porque, é um elemento estável e com alta dinamicidade que pode sofrer o ganho ou a perda de carbono dependendo do manejo.

Ademais, alguns sistemas agrícolas e pecuários, como regenerativo e integrativos de diversos sistemas em uma mesma área, como exemplo a Integração Pecuária Florestal (IPF), em que, além de reduzir o uso de defensivos químicos, há também o baixo revolvimento do solo, maior cobertura do solo, obtenção do acúmulo de matéria vegetal depositado no solo, são fatores que auxiliam o sequestro de CO₂, e promovem um sistema mais limpo, e com bem-estar para o animal, assim, sendo denominado de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, conforme prescrito no Protocolo de Kyoto (MOREIRA, SCHWARTZMAN, 1996).

Pretende-se nesta pesquisa avaliar e determinar o estoque de carbono e as propriedades físico-químicas do solo em três diferentes tipos de sistemas agrícolas, IPF, pastagem, ambos na zona rural do município de São Francisco do Brejão, e horticultura com a cultivar alface, na zona urbana, do município de Imperatriz, no período chuvoso e período não chuvoso.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas – CCENT da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL. Nesta pesquisa foram empregadas amostras de solos oriundas de áreas dos municípios de São Francisco do Brejão – MA, zona rural, dos sistemas IPF e pastagem e de Imperatriz – MA, zona urbana, alface. As amostras foram coletadas com trado na profundidade de 0 a 20 cm, sendo

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

duas coletas, com 5 pontos amostrais, uma no período chuvoso e outra no período não chuvoso. Todas as amostragens para análise foram feitas em triplicata. Após a coleta de solo, fez-se a secagem deste ao ar, foi submetido a secagem e destorroada, logo após foram colocados em estufa por 2 horas na temperatura de 60°C, decorrido o tempo de secagem, foram peneiradas em peneiras de 0,045mm, foram acondicionadas em frasco de polietileno de cor escura na temperatura de aproximadamente 28°C, as amostras de solo de cada variável em triplicata foram destinadas para leitura físico-química, como leitura de pH na qual foi medido utilizando-se pHmetro digital (VETTORI, 1969). Foram pesados 2,5 g do solo em erlenmeyer, adicionados 25 mL de KCl 1 mol L⁻¹ e mantido sob agitação por 10 minutos e 30 minutos em repouso e realizado a leitura do pH.

A partir dos valores de pH_{H2O} e pH_{KCl} foram estimados os valores de ΔpH pela equação (1) (MEKARU; UEHARA, 1972). Segundo Prado (2003) determinação nos permite determinar também o PCZ utilizando a Equação (2) proposta originalmente por Uehara (1979).

$$\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H2O} \quad (1)$$

$$pH_{PCZ} = 2 pH_{KCl} - pH_{H2O} \quad (2)$$

Em cadinho de porcelana previamente calcinado a 550° C e aferido. As amostras secas foram pesadas 1g de cada ponto em triplicata e submetidas à calcinação por 4 horas, em forno mufla a 550° C. Decorrido o tempo de calcinação, o cadinho foi resfriado em dessecador e novamente pesado para se determinar a porcentagem de MO do solo. A porcentagem de MO foi de acordo com a Equação (3). O teor de CO foi obtido dividindo-se o resultado da MO por 1,724. Esse fator é utilizado em virtude de se admitir que, na composição média dos húmus, o carbono participa com 58 % (EMBRAPA, 2011).

$$\% MO = \frac{P_1 - P_2}{P} \times 100 \quad (3)$$

Onde: % MO = Teor em porcentagem de matéria orgânica; P_1 = Peso do cadinho + amostra antes da calcinação; P_2 = Peso do cadinho + amostra após a calcinação; e P = Massa do solo isenta de umidade

Obs.: Os resultados obtidos em porcentagem foram convertidos em mg.kg⁻¹.

Com os valores obtidos para o carbono orgânico, e densidade do solo foram calculado o estoque de carbono por intermédio da equação (4). Onde C é o teor de carbono orgânico em g.kg⁻¹, p é a camada amostrada em m, DS é a densidade do solo em Mg.m⁻³, (BALDOTTO et al, (2010), seu resultado será expresso em Mg/ha.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

$$EC = C \times p \times DS \times 10 \quad (4)$$

Estimou-se a média e o desvio padrão da média para cada tipo de variável experimental, foi realizado a análise multivariada dos dados, em que se obteve o teste de agrupamento, usando-se a distância euclidiana (CRUZ, 2006). Para as análises estatísticas, foi usado o Programa SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH, potencial hidrogeniônico, é a concentração de íons de hidrogênio que fazem parte da solução do solo (GASTALHO et al, 2009). Conforme a Tabela 1, os solos dos diferentes sistemas apresentaram estatisticamente, valores similares de pH, caracterizando-os como ácidos, pois há presença de H^+ e Al^{3+} , assim, observa-se a ocorrência do aumento da acidez do solo por conta dessa interação. Ademais, o pH KCl foi inferior a 4, logo, infere-se que, a interação do KCl com a solução de solo pode interferir na CTC do solo. Portanto, tal interferência resulta em aumento das cargas negativas no solo, isto porque, observando a ΔpH e PCZ, nos diferentes tipos de solos, nota-se que há predominância de cargas negativas. O PCZ, representa o equilíbrio de cargas presente no solo, haja vista que se mantem constantes, assim, nota-se, que o PCZ dos diferentes solos demonstra que há formação de cargas negativas nas partículas coloidais do solo. A MO contribui para a retenção de cátions, por meio do fornecimento de cargas negativas, CTC e, logo, auxilia no aumento do poder tampão do solo, promove melhoria na qualidade do solo – física, química e biológica, (MAMEDES, 2017). Na tabela 1, apresenta que a quantidade de MO foi superior nos sistema de pastagem 1 e IPF 2, haja vista que sua quantidade reflete na qualidade do solo (RHEINHEIMER et al, 2008).

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros físico-químicos do solo do município de Imperatriz - MA (Alface) e São Francisco do Brejão – MA (Pastagem e IPF).

Parâmetros físico-químicos					
Amostras	pHH ₂ O	pH KCl	ΔpH	PCZ	MO (mg.kg ⁻¹)
Pastagem 1	4,41 ± 0,46	3,22 ± 0,1	-1,19 ± 0,54	2,02 ± 0,64	3800 ± 891
Pastagem 2	4,61 ± 0,13	3,29 ± 0,01	-1,32 ± 0,13	1,97 ± 0,14	6116,67 ± 277,4
IPF 1	4,61 ± 0,21	3,23 ± 0,14	-1,38 ± 0,1	1,85 ± 0,13	3283,33 ± 135,8
IPF 2	4,48 ± 0,06	3,43 ± 0,07	-1,04 ± 0,02	2,39 ± 0,09	4923,33 ± 185,6
Alface 1	3,97 ± 0,07	3,21 ± 0,06	-0,76 ± 0,13	2,45 ± 0,19	2690 ± 210
Alface 2	3,59 ± 0,43	3,59 ± 0,17	-0,2 ± 0,37	3,39 ± 0,38	2849,67 ± 185

$\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O}$; $PCZ = 2 pH_{KCl} - pH_{H_2O}$; MO = Matéria orgânica; 1 = período chuvoso; 2 = período não chuvoso.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

A Figura 1 demonstrou que a pastagem 2 e IPF 2, são semelhantes, pode-se inferir que, está relacionado a presença do capim *Panicum maximum* cv. Mombaça, na qual possui uma elevada produção de forragem, isto é, alta produção de matéria verde (EMBRAPA, 2016). Além disso, sua taxa de crescimento está em detrimento com as condições ambientais e edáficas da região, assim, como densidade do solo, observado na Figura 2, demonstrou que a pastagem 2 e IPF 1 teve similaridade dos dados, nota-se que a textura de solo pode auxiliar em tais fatores físicos, como porosidade, retenção hídrica, dentre outros, observa-se que os solos estudados tem textura distintas. Ademais, as condições climáticas ofertam boas condições de interceptação por radiação fotossintética, logo, maior será a absorção por CO₂. Ademais, o capim mombaça é uma planta do tipo C₄, isto é, eleva e mantém a quantidade de carbono no solo, (BARRETO et al. 2008).

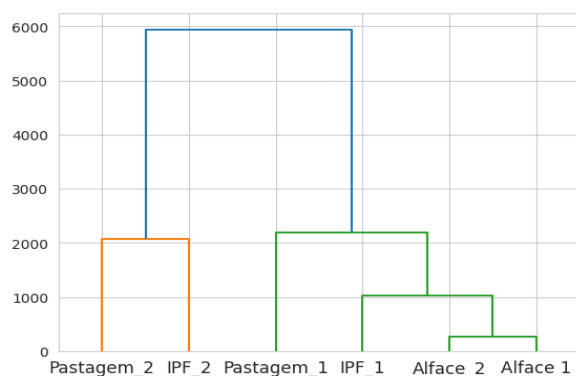


Figura 1. Agrupamento pela variância mínima e distância euclidiana usando-se a análise multivariada para o conjunto de dados das amostras sobre MO, na camada 0 a 20 cm (Pastagem 1, IPF 1, Alfaca 1, pastagem 2, IPF 2, Alfaca 2).

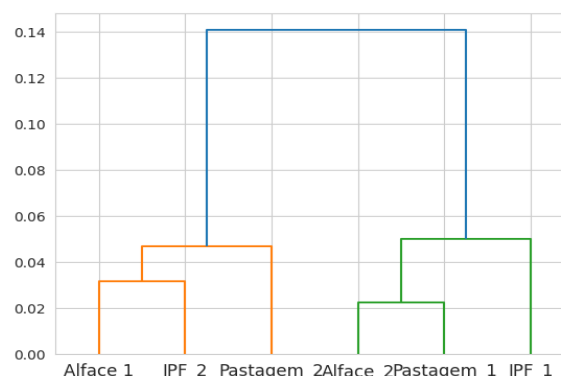


Figura 2. Agrupamento pela variância mínima e distância euclidiana usando-se a análise multivariada para o conjunto de dados das amostras sobre DS, na camada 0 a 20 cm (Pastagem 1, IPF 1, Alfaca 1, pastagem 2, IPF 2, Alfaca 2).

Para tanto, por terem sistema radicular robusto e renovável, haverá maior rizodeposição, logo, maior deposição de MO no solo (MACEDO, 2009; CARNEIRO et al. 2009), tal fato pode ser observado na Figura 3, pois as amostras dos sistemas de pastagem 1 e IPF 2 foram as que obtiveram maior teor de CO, podendo-se afirmar que há baixa ação antrópica devido ao tipo de sistema ser regenerativo. Ademais, o eucalipto, presente no sistema IPF, é uma espécie vegetal composta predominantemente por C, H e O em sua estrutura, assim, com a capacidade de armazenar carbono em seus tecidos e liberá-los quando houver decomposição, nas formas orgânicas e inorgânicas (FREDERICO, 2009).

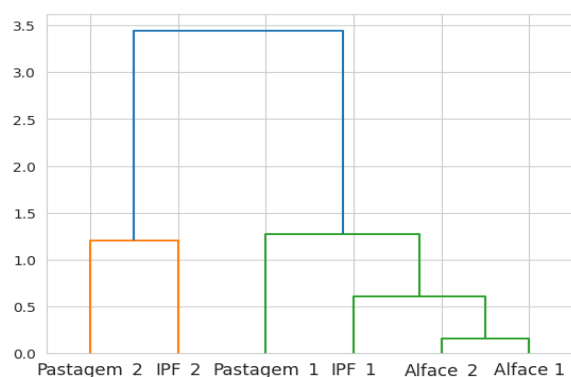
VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Figura 3. Agrupamento pela variância mínima e distância euclidiana usando-se a análise multivariada para o conjunto de dados das amostras sobre CO, na camada 0 a 20 cm (Pastagem 1, IPF 1, Alfacede 1, pastagem 2, IPF 2, Alfacede 2).

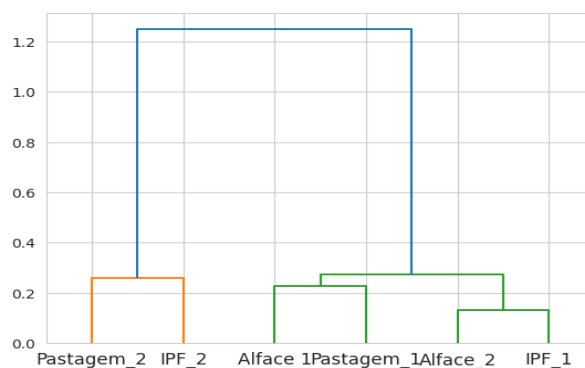


Figura 4. Agrupamento pela variância mínima e distância euclidiana usando-se a análise multivariada para o conjunto de dados das amostras sobre EC, na camada 0 a 20 cm (Pastagem 1, IPF 1, Alfacede 1, pastagem 2, IPF 2, Alfacede 2).

De acordo com a Figura 4 e Tabela 2, verificou-se que os menores valores de EC foram registrados nas amostras de solo dos sistemas de alfacede 2 e IPF 1, pode-se inferir que, tal comportamento estão relacionados ao período de coleta, período chuvoso, a MO possa ter lixiviado no sistema IPF 1, e contribuição da declividade ser significativa. Deve-se ressaltar que a alfacede é uma cultivar classificada como ciclo curto (EMBRAPA, 2014), manejo do solo, como incorporação da MO e fatores como luminosidade, irrigação, pode afetar a dinâmica da MO, pois tais fatores aceleram a degradação da MO, logo, sendo utilizada por microrganismos e perdida para o ambiente, (MELO et al. 2016). Ademais, a alfacede tem menor área foliar e baixa concentração de deposição CO comparado ao capim mombaça, logo, sua deposição de MO é inferior aos outros sistemas estudados. No entanto, devido a olerícola está inserido no ambiente urbano o EC tem significância, logo, podendo ser utilizada como ferramenta de sequestro de C.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão do DS, CO, e EC dos solos dos municípios de Imperatriz-MA (Alfacede) e São Francisco do Brejão – MA (Pastagem e IPF).

Parâmetros sobre DS e CO no solo			
Amostras	DS (Mg.m ³)	CO	EC (Mg.ha ⁻¹)
Pastagem 1	0,10 ± 0,02	2,2 ± 0,52	0,45 ± 0,14
Pastagem 2	0,15 ± 0,1	3,55 ± 0,16	1,07 ± 0,12
IPF 1	0,09 ± 0,01	1,90 ± 0,08	0,35 ± 0,05
IPF 2	0,17 ± 0,1	2,86 ± 0,11	0,98 ± 0,1
Alfacede 1	0,16 ± 0,03	1,56 ± 0,12	0,48 ± 0,05
Alfacede 2	0,11 ± 0,02	1,65 ± 0,1	0,38 ± 0,09

DS= Densidade do solo; CO = Carbono orgânico; EC = Estoque de Carbono; 1 = período chuvoso; 2 = período não chuvoso.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

CONCLUSÕES

Os parâmetros físicos-químicos investigados influenciaram o estoque de carbono no solo. Dentre os sistemas estudados IPF e Pastagem apresentaram maior estoque de carbono. O capim mombaça tem maior deposição de MO nos sistemas de IPF e pastagem devido sua fisiologia. No entanto, o sistema Alface demonstrou valores consideráveis de EC, sendo assim, tal sistema investigado pode ser utilizados na área urbana de Imperatriz.

APOIO FINANCEIRO

FAPEMA – Fundação de amparo a pesquisa do Maranhão Quando for o caso, informe o nome do Órgão ou Instituição que deu apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDOTTO, MA, Canela MC, Canellas LP, Dobbss LB & Velloso ACX (2010) Redox index of soil carbon stability. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 34:1543-1551.

BARRETO AC et al. 2008. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1471-1478.

CARNEIRO MAC et al. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 147-157.

CRUZ. *Análise multivariada e simulação*. Viçosa, Editora UFV. CD, 175p. 2006.

EMBRAPA, *Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface. Embrapa hortaliças*. Brasília, DF, 2014.

EMBRAPA, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça para uso em pastejo: produção e custo. **Circular Técnica**. Juiz de Fora, MG, 2016.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FREDERICO, P. G. U.: EFEITO DA REGIÃO E DA MADEIRA DE EUCALIPTO NAS PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL. TESE, 2009.

GASTALHO Carlos et al. Determinação do pH e acidez de uma amostra de solo. Universidade de Coimbra Faculdade de Farmácia. 20 e 27 de Novembro de 2009.

MACEDO, M. C. M.: Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 38: 133-146. 2009.

MACHADO, L. N.; LOSS, A.; DORTZBACH, D. **Teores e Estoques de Carbono Orgânico**

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Total do Solo Sob Diferentes Tipos de Uso das Terras. Disponível em <<http://www.sbcs-nrs.org.br/rsbcs/docs/trab-6-6651-428>>, acesso em: 05 de agosto de 2022.

MAMEDES, I. M. Influência da disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos sobre o solo: estudo de caso do lixão de Várzea Grande-MT. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.5, n.2, p. 327-336, 2017.

MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferrugineous tropical soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 36: 296-300. 1972.

MELO GB et al. 2016. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 51: 1511-1519.

MOREIRA, A. G.; SCHWARTZMAN, S.: **As mudanças climáticas e os ecossistemas brasileiros**. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Woods Hole Research Center and Environmental Defense, Brasília, DF. 165 pg. 2000.

NANZER, M. C.; ENSINAS, S. C.; BARBOSA, G. F.; BARRETA, P. G. V.; OLIVEIRA, T. P.; SILVA, J. R. M.; PAULINO, L. A. Estoque de carbono orgânico total e fracionamento granulométrico da matéria orgânica em sistemas de uso do solo no Cerrado. **REVISTA CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS**, Lages, SC, Brasil 136 – 145 OUT.-AGO 2018.

RHEINHEIMER DS et al. 2008. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 435-440.

SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; MOREIRA, A. L.; REIS, R. L. N. ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO E EM PLANTAS DE CAFEEIRO, **REVISTA INTERCIENCIA**, BRASIL, V. 38 nº 04, P. 286-291 MAI- ABR 2013.

SOUZA, J. L. de. **Reciclagem e sequestro de carbono na agricultura orgânica**. In: FERTIBIO 2010. Anais 2010.

UEHARA, G. Mineralo-chemical properties of Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 2., Bangkok, 1978. Proceedings... Bangkok, Soil Survey Division, Land Development Department, 1979. Part 1. p.45-60

VETTORI, L.: **Métodos de Análise de Solo**. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Boletim Técnico n. 7º. RJ. 1969.