

VI-020 - COBERTURA DO SOLO TERRA E IMPLICAÇÕES NA DINÂMICA DO CARBONO E NITROGÊNIO EM DUAS BACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS

Ana Cecilia Arroyo Santos⁽¹⁾

Aluna do programa de mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Julio Filho de Mesquita”.

Alexandre Marco Da Silva⁽¹⁾

Possui Graduação em Ecologia pela UNESP - Rio Claro, Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Pós-Doutorado em Ecologia Aplicada - USP - Piracicaba. Atualmente é professor / pesquisador da UNESP - Sorocaba.

Luiz Augusto Manfré⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista

Rodrigo Custódio Urban⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista

Endereço⁽¹⁾: Avenida Três de Março, 511, CEP 18087-180, SP, Brasil. Tel: +55 (15) 3238-3400 - Fax: +55 (15) 3228-2842 - e-mail: amsilva@sorocaba.unesp.br.

RESUMO

Mudanças na cobertura da terra constituem uma das formas principais de alterações marcantes da matéria orgânica do solo tanto, em termos quantitativos e qualitativos, quando um solo virgem passa a ser cultivado. Estudos de composição isotópica de carbono e nitrogênio em solos e folhas são importantes para identificar diferenças nos processos de ciclagem biogeoquímica em ecossistemas. O presente trabalho objetivou determinar os teores de carbono e nitrogênio, a composição isotópica do C e N e estimar o índice de manejo de C para os solos da área. O estudo foi realizado na área localizada em Ibiúna, SP, Brasil, nas duas microbacias Paiol e Sorocabaçu. Colocou-se 50 amostras de solo em cada microbacia, considerando as diferentes classes de cobertura de solo (reflorestamento, pastagem e agricultura: convencional e orgânica). Efetuaram-se análises sobre a composição isotópica mediante espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS). Os valores nas concentrações C e N nos solos nas duas bacias hidrográficas e a qualidade da matéria orgânica apresentam mudanças paulatinas indicadas pelos diferentes valores dos isótopos aqui apresentados. Percebe-se as diferenças mais notáveis nos solos cobertos por pastagem ou culturas agrícolas, sendo que ora o reflorestamento reflete também esta mudança, ora a mudança é discreta. Conclui-se que as alterações de C e N estão fortemente associadas entre si, devido à alta correlação observada entre os teores destes elementos.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura do solo, estoques de Carbono e nitrogênio, isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$.

INTRODUÇÃO

A intervenção humana nos ecossistemas naturais para a implantação de atividades agropecuárias tende a diminuir os estoques e altera a composição química da matéria orgânica do solo (MOS) (SILVA et al., 1999). No estudo desses impactos, os sistemas de produção com culturas anuais são os mais investigados, em virtude da sua grande extensão, histórico de uso mais antigo e importância econômica. Os resultados desses estudos indicam que as perdas de MOS chegam a mais de 50% dos teores iniciais, em períodos relativamente curtos (menos de 10 anos), especialmente nos solos de textura mais arenosa e onde as práticas de manejo do solo são menos conservacionistas (MIELNICZUK et al., 2003). Entretanto, poucos são os estudos onde foi avaliado o impacto do cultivo de espécies perenes sobre os teores e composição da MOS.

Estudos a respeito do carbono (C) e do nitrogênio (N) do solo sob diferentes sistemas fornecem subsídios importantes para a avaliação da qualidade do solo (FRACETO, 2009). Os ciclos de C e N têm sido estudados, nas últimas décadas, utilizando técnicas de espectrometria de massa, pela medida da abundância natural (δ) dos isótopos estáveis raros ^{13}C e ^{15}N em relação ao isótopo mais abundante ^{12}C e ^{14}N . (GRIFFITHS et al. 1999).

Em ecossistemas naturais a fonte de C orgânico tem uma só origem, a vegetação nativa. Em solos com cobertura vegetal natural, o C orgânico encontra-se em equilíbrio dinâmico, com teores praticamente constantes

com o tempo. Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo e um novo equilíbrio é atingido num nível que varia em razão das características do sistema de manejo adotado (STEVENSON, 1994).

Além de isso, em ecossistemas naturais, a abundância natural de isótopos estáveis raros ^{15}N , em relação ao isótopo mais abundante ^{14}N , pode ser usada na identificação de plantas fixadoras de N_2 atmosférico (MARTINELLI et al., 1999, PEREIRA & BENEDITO, 2007) e de estoques de N no solo (PICCOLO et al., 1994).

Por outro lado, nos ecossistemas alterados, como pastagens, há a introdução de uma fonte de matéria orgânica nova, oriunda da decomposição de resíduos vegetais derivados da gramínea (CERRI et al., 1990; BERNOUX et al., 1998a). A quantificação destas fontes pode ser feita com o emprego de técnicas isotópicas baseadas na abundância natural do ^{13}C (CERRI, et al, 1985). O uso de ^{13}C como traçador é possível devido à discriminação diferenciada feita pelas plantas, dependendo do ciclo fotossintético a que pertencem (FARQUHAR et al., 1989). Tecidos de plantas dos ciclos fotossintéticos C3 e C4 apresentam os valores médios -27 e -12‰ de $\delta^{13}\text{C}$, respectivamente (SMITH & EPSTEIN, 1971). Com a introdução de pastagens, a quantidade de matéria orgânica do solo pode decrescer nos primeiros anos da implantação, aumentando nos anos seguintes, até atingir valores muito próximos ou superiores aos existentes antes da conversão (CERRI, 1986; CHONÉ ET AL., 1991; FEIGL ET AL., 1995; MORAES, 1995).

Os estoques de carbono de solos sob diferentes usos e manejos, segundo a maioria de trabalhos é conduzida em pequenas áreas ou em parcelas experimentais aparentemente representativas de ambientes similares de uma escala maior (FREIXO et al., 2002; RIEZEBOS & LOERTS, 1998). Os estoques de carbono do solo variam com a topografia da paisagem (BERGSTROM et al., 2001). Então, os efeitos de manejo do solo devem ser avaliados em escalas maiores como as observadas de fato nas lavouras de propriedades agrícolas.

O objetivo deste trabalho é estimar o estoque de C e N no horizonte superficial do solo (0- 20 cm) de áreas com diferente uso de solo na cidade de Ibiúna-SP, além de avaliar o efeito da mudança no uso e cobertura da terra sobre o desempenho dos isótopos estáveis de C e N e sua relação C/N.

MATERIAL E MÉTODOS:

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Ibiúna localiza-se no estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°39'23" de latitude sul e 47°13'21" longitude oeste, estando a uma altitude de 996 metros. A área de estudo do presente trabalho consistiu em duas bacias, denominadas Paiol e Sorocabuçu, ambas integrantes da bacia do Rio Sorocaba (Figura 1). Estas bacias possuem como principal diferença a questão da forma da agricultura em algumas propriedades rurais, sendo que na bacia do rio Paiol ocorre agricultura convencional e na bacia do rio Sorocabuçu ocorre agricultura orgânica há aproximadamente seis anos (MANFRÉ, 2011).

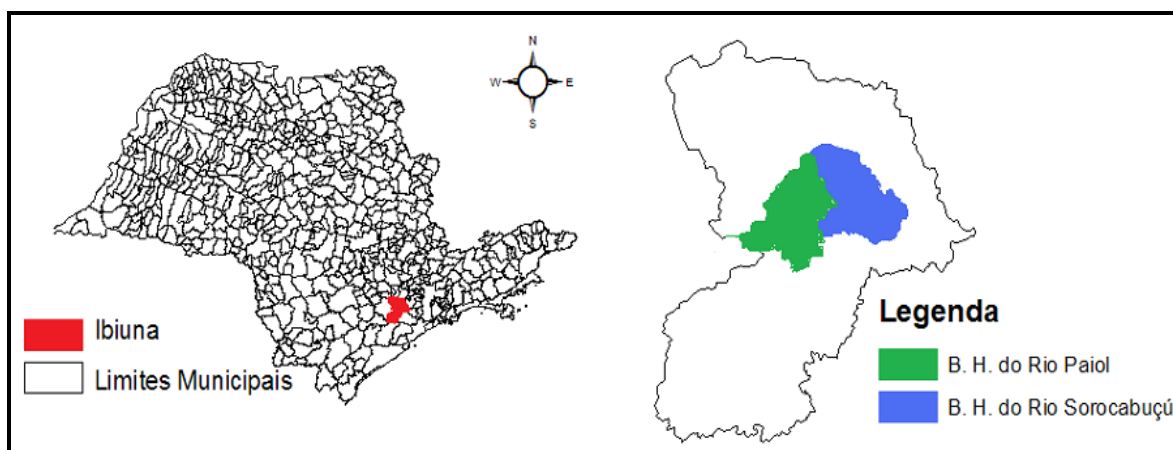


Figura 1: Localização do município de Ibiúna no estado de São Paulo (esquerda) e das bacias hidrográficas dos rios Paiol e Sorocabuçu. Fonte: (Manfré et al., 2010).

As bacias hidrográficas estão inseridas na Serra de Paranapiacaba, cujo clima é predominantemente temperado quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen (MANFRÉ et al., 2010). A temperatura média anual é 19,3°C e a altura pluviométrica anual é 1.428 mm (EMBRAPA, 2003).

O embasamento geológico é essencialmente cristalino, datado do período pré-cambriano a paleozóica (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL, 2008).

O tipo de solo da região é principalmente composto por Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos (ROSS e MOROZ, 1997) e a vegetação original é ombrófila densa montana (VELOSO et al., 1991).

O aspecto atual mostra alguns padrões de alteração na paisagem, como a derrubada da mata para consumo de madeira, produção de carvão vegetal e estabelecimento de práticas agrícolas. A vegetação natural remanescente é secundária, com distintos estágios sucessionais. Conservando grande parte de suas espécies florestais originais, a área está inserida na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo (VIDAL et al., 2007).

Manfre *et al.* (2010) estudaram a morfometria das bacias hidrográficas do rio Sorocabaçu e do rio Paiol, encontrando predominância de vertentes côncavas e baixo risco de enchentes e deslizamentos. A maior diferença encontrada entre as duas bacias foi para os parâmetros morfométricos relacionados à densidade de drenagem, que revelam maior grau de desenvolvimento no entalhamento do relevo para a bacia do rio Sorocabaçu.

PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM:

Foram coletadas 100 amostras de solo, sendo 50 amostras em cada microbacia e conforme a classe de cobertura do solo. As amostras foram coletadas na parte superficial do solo, em profundidade de 0-20 cm, com auxílio do anel metálico. Foram armazenadas em sacos de plástico, devidamente identificadas e transportadas ao laboratório. As classes de cobertura do solo foram as seguintes - bacia Paiol: vegetação natural remanescente (VNR), agricultura convencional, reflorestamento (Eucalipto) e pastagem. Bacia Sorocabaçu: VNR, agricultura orgânica, reflorestamento (Eucalipto) e pastagem. Para ambas as bacias, observou-se que as culturas agrícolas mais expressivas são hortaliças e condimentos (cheiro-verde), com ocorrência pouco expressiva de culturas perenes. Tais culturas temporárias requerem que o solo seja constantemente manejado, sob todos os aspectos (adubação química e/ou orgânica, revolvimento).

PROCESSOS ANALÍTICOS:

No laboratório as amostras de solo foram colocadas em estufa em temperatura de 80°C até peso constante. Depois de secas, as amostras foram destorroadas manualmente e passadas em peneira com malha de 2 mm, tomando-se o cuidado de separar-se os resíduos de plantas, raízes e outras impurezas. Em seguida as amostras foram colocadas em sacos plásticos e identificadas. No Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP), em Piracicaba-SP. Foram analisados os conteúdos de C e N e também para determinação dos valores dos isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ de cada amostra, por espectrometria de massa.

Para a determinação da razão isotópica é necessária a utilização de um espectrômetro de massa ou “*Isotope Ratio Mass Spectrometers*” (IRMS). No IRMS, as amostras são submetidas à alta temperatura em tubo de combustão e, em presença de oxigênio e óxido de cobre são transformadas em compostos de carbono e nitrogênio. Os materiais contendo enxofre são convertidos em sulfatos e transformados quantitativamente em SO_2 . Esses gases puros são então separados em uma coluna cromatográfica gasosa e analisados no espectrômetro de massa e a composição isotópica da amostra é comparada com um padrão conhecido (PETERSON & FRY, 1987).

Os atributos dos solos analisados foram tabulados conforme o uso do solo e com a bacia hidrográfica. Desta forma, os dados foram exportados para o programa Statistica 5.0 (STATSOFT, 1999), onde foi extraída a estatística descritiva (média, variância, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de C e N para a classe VNR (respectivamente, Tabelas 1 e 2). Nesta classe de cobertura do solo Sorocabuçu apresentou valores ligeiramente maiores tanto para o C como para o N. Em seguida aparecem as coberturas do solo ligadas a atividades humanas. Neste sentido observa-se a ordem de concentração em termos decrescente, tanto para o C como o N: reflorestamento > pastagem > agricultura, para ambas as bacias (Figura 1).

Tabela 1. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (CV) do teor de C no solo conforme o tipo de cobertura do solo.

	Paiol		Sorocabuçu	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
VNR	4,59	40,93	5,28	43,08
Reflorest	3,36	43,90	3,71	49,61
Pastagem	2,67	56,83	2,74	34,65
Agricultura	2,40	67,11	2,27	41,98

Tabela 2. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (CV) do teor de N no solo conforme o tipo de cobertura do solo.

	Paiol		Sorocabuçu	
	Média (%)	CV (%)	Média (%)	CV (%)
VNR	0,34	37,91	0,37	39,73
Reflorest	0,21	29,78	0,21	38,48
Pastagem	0,18	55,58	0,20	36,87
Agricultura	0,16	52,76	0,16	41,48

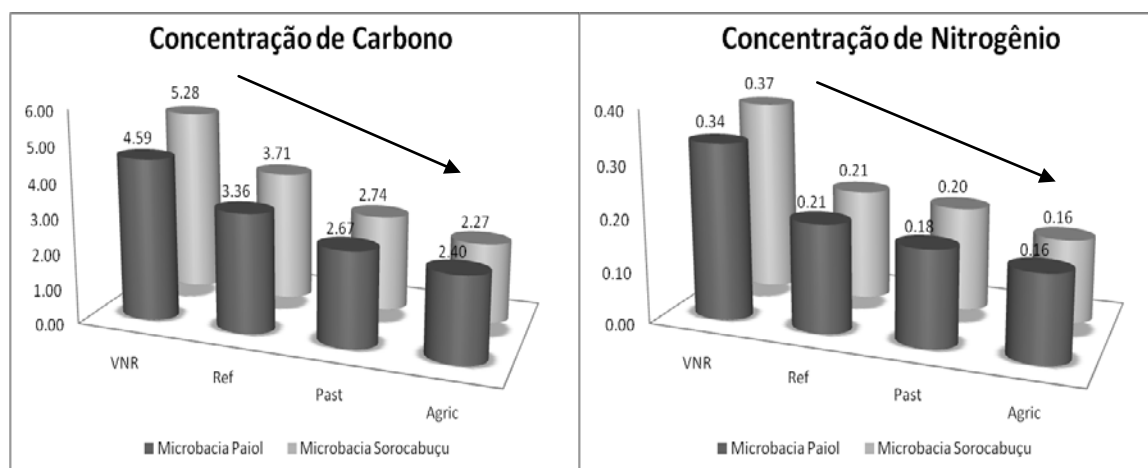


Figura 1: Concentração do C e N nas duas Microbacias (Paiol e Sorocabuçu).

Apesar de haver propriedades na bacia do rio Sorocabuçu que praticam a agricultura orgânica, os dados de concentração de C e N revelam que este diferenciado modo de agricultura ainda não está influenciando estes parâmetros em termos de reabilitação do solo. Houve relação positiva entre os teores de C e N no solo (Figura 2).

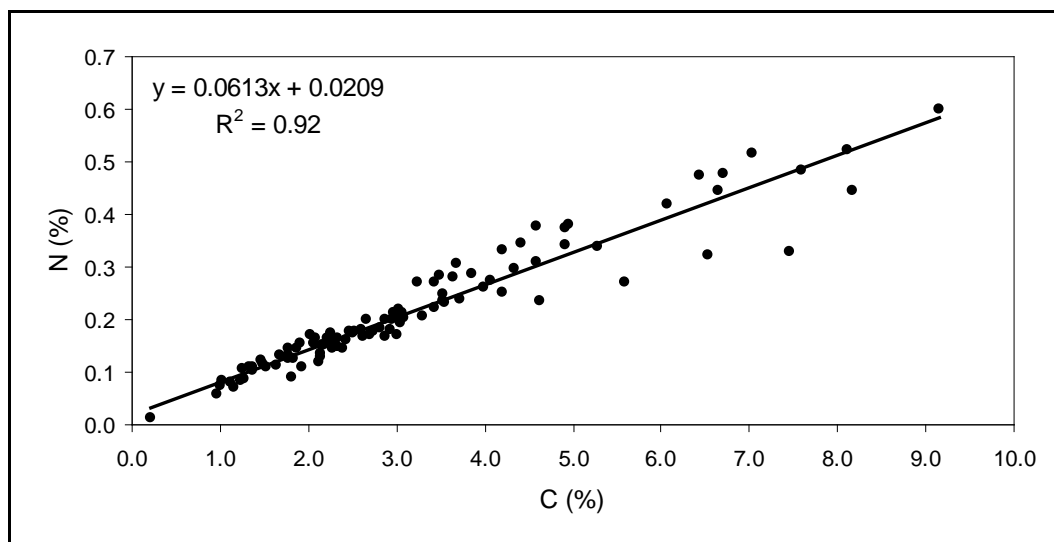


Figura 2 : Relação entre o teor de C e N para as duas bacias de estudo.

Os dados de isótopos de C indicam valores médios de -26,22‰ e -26,95‰, respectivamente para as bacias Sorocabaçu e Paiol (Tabela 3). Verifica-se valores bastante similares entre si. Comparativamente, Silva et al. (2009) encontraram em Sorocaba-SP valor de -24,02‰ num solo coberto com fragmento de vegetação do bioma Mata Atlântica (mesmo bioma das áreas deste estudo). Siqueira Neto (2006) encontrou valor de -25,00‰ para solos cobertos com vegetação de Cerrado. Na bacia do Sorocabaçu o valor para solo coberto com reflorestamento ficou muito próximo do valor médio de VNR, enquanto que para a bacia do Paiol o valor de reflorestamento ficou pouco acima do solo das áreas de referência (áreas com VNR). As áreas com pastagem ou agricultura (convencional ou orgânica) apresentaram valores diferenciados em relação a área de referência.

Tabela 3. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (CV) da composição isotópica do $\delta^{13}\text{C}$ no solo conforme o tipo de cobertura do solo.

	Paiol		Sorocabaçu	
	Média (‰)	CV (%)	Média (‰)	CV (%)
VNR	-26,95	3,13	-26,22	7,32
Reflorest	-23,39	13,52	-26,09	7,28
Pastagem	-21,04	7,88	-20,32	10,69
Agricultura	-21,36	8,35	-21,75	14,27

Os dados sobre $\delta^{15}\text{N}$ mostram aumento de valores, em ambas as bacias, para solos manejados para agricultura ou silvicultura em relação aos solos cobertos com VNR (Tabela 4). Dentre os fatores que podem afetar a concentração de $\delta^{15}\text{N}$, classe de solo, clima, tipo de vegetação, adição de fertilizantes nitrogenados, presença de gado, os dois fatores últimos citados parecem estar influenciando de forma marcante, inclusive indicando forte possibilidade de uso de estrume bovino na adubação. Valor notavelmente diferente foi observado para áreas com reflorestamento entre as duas bacias estudadas, onde se verificou o valor maior na bacia do rio Paiol.

Tabela 4. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (CV) da composição isotópica do $\delta^{15}\text{N}$ no solo conforme o tipo de cobertura do solo.

	Paiol		Sorocabaçu	
	Média (‰)	CV (%)	Média (‰)	CV (%)
VNR	6,50	14,54	6,21	19,54
Reflorest	7,82	13,60	6,50	14,54
Pastagem	8,49	14,61	8,44	15,47
Agricultura	8,25	12,11	8,75	20,09

Em termos comparativos, a relação C/N mostrou variação entre as classes de cobertura do solo e de forma diferenciada entre as bacias (Tabela 5). Em ambas as bacias o maior valor observado foi para a área com reflorestamento. Para bacia do Paiol, o segundo maior valor foi para solos com pastagem, seguido por solos com agricultura e por fim solos cobertos com VNR. Na bacia do Sorocabuçu o segundo maior valor foi solos com agricultura, seguido por solo coberto com VNR e por fim solo com pastagem.

Tabela 5. Valores médios e respectivos coeficientes de variação (CV) da relação C/N no solo conforme o tipo de cobertura do solo.

	Paiol		Sorocabuçu	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
VNR	13,64	9,47	14,31	10,80
Reflorest	15,88	16,63	17,05	15,12
Pastagem	14,84	14,57	13,90	9,53
Agricultura	14,27	11,01	14,39	11,44

CONCLUSÃO

Verifica-se que vem ocorrendo paulatina mudança nas concentrações de C e de N nos solos destas duas bacias hidrográficas, bem como uma alteração na qualidade da matéria orgânica, indicada pelos diferentes valores dos isótopos aqui estudados. Percebe-se as diferenças mais notáveis nos solos cobertos por pastagem ou culturas agrícolas, sendo que ora o reflorestamento reflete também esta mudança, ora a mudança é discreta. Conclui-se que as alterações de C e N estão fortemente associadas, devido à alta correlação observada entre os teores destes elementos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGSTROM, D. W.; MONREAL, C. M.; JACQUES, E. St. Influence of tillage practice on carbon sequestration is scale-dependent. **Canadian Journal of Soil Science**, Edmonton, v. 81, p. 63-70, 2001a.
- BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; NEILL, C.; de MORAES, J. F. L. The use of stable carbon isotopes for estimating soil organic matter turnover rates. **Geoderma**, v.82, n.1/3, p.43-58, Feb. 1998a.
- CERRI, C.C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VITÓRIA, R.L.; PLENECASSAGNE, A. Application du traçage isotopique naturel en ¹³C, à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, Série II, n.9, p.423-428, 1985.
- CERRI, C. C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo no agrossistema cana-de açúcar**. Piracicaba. Tese (Livro Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 1986. 197 p
- CERRI, C. C.; EDUARDO, B. P.; PICCOLO, M. C. Use of stable isotopes in soil organic matter studies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE USE OF STABLE ISOTOPES IN PLANT NUTRITION, SOIL FERTILITY AND ENVIRONMENTAL STUDIES, Vienna, 1990. **Proceedings**. Vienna International Atomic Energy Agency, p.247-259. 1991.
- CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J. C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Changes in organic matter in an oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: BERGHEIM, J. (Ed.). **Diversity of environmental biogeochemistry**. Amsterdam: Elsevier. p. 397-405. 1991.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. **Relatório de Situação da UGRHI – 11**, FUNDESPA, São Paulo, Brasil, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2003.
- FARQUHAR, G. D.; EHLERINGER, J. R.; HUBICK, K. T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.40, p.503-537, 1989.
- FEIGL, B. J.; MELILLO, J.; CERRI, C. C. Changes in the origin and quality of soil organic matter after pasture introduction in Rondônia (Brazil). **Plant and Soil**, v.175, n.1, p.21-29, Aug. 1995.

11. FRACETO, F.J.C. **Estoque de Carbono e Nitrogênio e estrutura da comunidade de diazotróficas em solos de caatinga com plantio de mamona**. Dissertação (Mestrado em Ciências – Microbiologia Aplicada), Esalq – USP, Piracicaba – SP, 78 p. 2009
12. FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 425-434, 2002.
13. GRIFFITHS, H.; BROLAND, A. ;GILLON, J. ; HARWOOD, K.; MAXWELL, K.; WILSON, J. Stable isotopes reveal exchanges between soil, plants and the atmosphere. In: PRESS, M.C.; SCHOLLES, J.D.; BARKER, M.G. (Ed.) **Physiological plant ecology**, Oxford: Blackwell Sciences, p.415-441. 1999.
14. MANFRÉ, L.A. **Fragilidade Ambiental e Qualidade dos solos em duas Bacias Hidrográficas de Uso Rural**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”- UNESP, Sorocaba – SP, 141 p. 2011.
15. MANFRÉ, L.A.; RONQUIM, F.M.; OGIHARA, V.H.; SILVA, A.M.; URBAN, R.C. Potencial de Ocorrência de Avarias Ambientais em bacias hidrográficas com ocupação rural mediante análise morfométrica. **Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes y Infraestructura Civil**, v. 10, p. 23-32, 2010.
16. MARTINELLI, L.A.; PICCOLO, M.C.; TOWNSEND, A.R.; VITOUSEK, P.M.; CUEVAS, E. ;Mc DOWELL, W.; ROBERTSON, G. P. ; SANTOS, O.C. ; TRESEDER, K. Nitrogen Stable isotopic composition of leaves and soil tropical versus temperate forest. **Biogeochemistry**, v.46, n.1/3, p.45-65.1999.
17. MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F. F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 209-248, 2003.
18. MORAES, J. F. L. D. **Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associadas às mudanças do uso da terra em Rondônia (RO) / Brasil**. Piracicaba, 1995. 69 p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
19. PEREIRA, A.L., BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ambientais: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista de Biociências**, 13 (1/2), p. 16 – 27. 2007.
20. PETERSON B. J.; FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293-320, 1987.
21. PICCOLO, M.C.: NEILL, C.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C.; STEUDLER, P.A. ¹⁵N Natural abundance in forest and pasture soils of the Brazilian Amazon Basin. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.182, p.249-258, 1994.
22. RIEZEBOS, H. T.; LOERTS, A. C. Influence of land use change and tillage practice on soil organic matter in southern Brazil and eastern Paraguay. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 4, p. 271-275, 1998.
23. ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500000**. São Paulo: FFLECH-USP, IPT/FAPESP, 1997.
24. SILVA, A. M., NOGUEIRA, D. P., IKEMATSU, P., SILVEIRA, F. M., BOMBACK, M., ALVES, S. H., PAULA, F. P., CAMARGO, P. B. Carbon stocks and isotopic composition of the organic matter in soils covered by native vegetation and pasture in Sorocaba, SP, Brazil. **International Journal of Environmental Research**, v. 3, p. 435-440, 2009.
25. SILVA, C. A.; ANDERSON, S. J.; VALE, F. R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 593-602, 1999.
26. SIQUERA NETO, M. **Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no Cerrado em Rio Verde (GO)**. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura), CENA, USP, Piracicaba – SP. 2006
27. SMITH, B. N.; EPSTEIN, S. 2 categories of C-13/C-12 ratios for higher plants. **Plant Physiology**, v.47, n.3, p.380-384, 1971.
28. STATSOFT, **Statística 5.0**. Copyright © Statsoft, Inc.1999.
29. STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 496p. 1994.
30. VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. E LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.
31. VIDAL, M.M.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T.; METZGER, J.P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 3, p. 521-532, 2007.