

ESTUDO DA DINÂMICA DO ECÓTONO FLORESTA-CAMPO NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS NO QUATERNÁRIO TARDIO, EMPREGANDO OS ISÓTOPOS DO CARBONO DO SOLO E DAS PLANTAS.

Elaine Vidotto¹; Aduino de Souza Ribeiro²; Luiz Carlos Ruiz Pessenda¹; Hermes Augusto de Freitas¹.

¹ Laboratório de ¹⁴C, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 96, 13416-000, Piracicaba/SP, Brasil. e-mail: evidotto@cena.usp.br, pessenda@cena.usp.br, hfreitas@cena.usp.br

² Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Rodovia Marechal Rondon, s/nº, 49100-000, São Cristóvão/SE, Brasil. e-mail: adautosr@uol.com.br

RESUMO

Com o emprego dos isótopos do carbono (¹²C, ¹³C, ¹⁴C) da matéria orgânica do solo (MOS) e das plantas esse trabalho apresenta um estudo comparativo entre horizontes orgânicos formados em depressões nos campos e florestas nas zonas de transição (ecótono) ao sul da Amazônia, verificando suas influências na dinâmica de paleovegetações. O trabalho também inicia um estudo da dinâmica atual da vegetação na região, através das caracterizações botânica e isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) das espécies de plantas presentes em algumas bordas floresta-campo. Para isto contou-se com o auxílio de estudos fitossociológicos. Dados de carbono orgânico total mostraram um aumento no teor de carbono, nas camadas superficiais, no campo, quando comparado com a floresta. Dados de ¹⁴C e $\delta^{13}\text{C}$ indicaram predomínio de plantas C₃ no início do Holoceno. Entre 7.000-3.000 anos AP mostraram influência crescente de plantas C₄, indicando regressão da floresta com possível presença de um clima mais seco. A partir de 3.000 anos AP os dados sugeriram expansão da floresta e retorno a um clima mais úmido. A presença de algumas espécies características da borda, como a *Caraipa savannarum* e *Himatanthus sukuuba*, nos campos, sugerem o atual avanço da floresta sobre os mesmos. Estas espécies estariam sendo as indicadoras deste avanço.

ABSTRACT

This paper presents a comparative study between organic soil horizons formed in depressions in a forest/savanna boundary in the Southern Amazon Basin. The influence of the paleovegetation dynamics, based on carbon isotope (¹²C, ¹³C and ¹⁴C) data of soil organic matter (SOM) and plants was evaluated, as well as the present vegetation dynamics, inferred from the modern vegetation structure, composition and phytosociology. The shallow soil horizon (0-10 cm) in savanna showed higher carbon content than in forest. ¹³C and ¹⁴C data from soil samples indicated a predominance of C₃ plants in the early Holocene. About 7000 to 3000 years BP the influence of C₄ vegetation increased, characterizing a savanna expansion probably related to a drier climate in the region. Since 3000 years ¹⁴C BP, the carbon isotope data suggest that forest regions have expanded, probably due to a wetter climate. The presence of typical boundary plant species (*Caraipa savannarum* and *Himatanthus sukuuba*) in the savanna also suggested present forest expansion.

Palavras-Chave: Isótopos do carbono, dinâmica atual da vegetação, transição floresta-campo

1. INTRODUÇÃO

A associação de solos do tipo Cambissolo-Glei pouco Húmico recobre uma extensa área da Amazônia brasileira (parte sudoeste da bacia, recoberta pelos sedimentos terciários da Formação Solimões). Nessa região, nas superfícies planas e rebaixadas dos platôs, desenvolvem-se depressões conectadas ou não aos eixos de drenagem regional. Os solos são geralmente ferralíticos, com características hidromórficas nas depressões que mantêm-se alagadas por aproximadamente 6-7 meses durante o período das chuvas e secam durante a estiagem. A vegetação atual é representada por floresta tropical interceptada por áreas descontínuas de campo. Esses dois tipos de cobertura vegetal associadas, floresta e campo de savanas, evidenciam mudanças paleoclimáticas.

Este trabalho apresenta um estudo sobre a origem e a dinâmica da matéria orgânica do solo e trocas de vegetação que ocorreram durante o Holoceno em ecótonos de transição floresta-campo ao sul da região Amazônica. As interpretações foram baseadas em análises isotópicas ($\delta^{13}\text{C}$ e ¹⁴C), juntamente com estudos fitossociológicos que contribuíram na análise da dinâmica atual da vegetação.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada ao sul da Amazônia, nos km 79 (8°10,289 S; 63°48,389 W) e 83 (8°10,916 S; 63°46,965 W) ao longo da BR-319, entre as cidades de Porto Velho (RO) e Humaitá (AM). A média anual de precipitação é de aproximadamente 2.500 mm e a temperatura média de 25°C. A precipitação máxima ocorre durante o verão (outubro-março) e o período seco de junho a agosto. A cobertura pedológica está desenvolvida sobre as rochas da Formação Solimões, constituída de sedimentos continentais areno-argilosos (Sampaio & Northfleet, 1973). Os solos são imperfeitamente drenados do tipo Laterita hidromórfica e Podzólico plúntico. A vegetação é representada pelo contato entre floresta e campos naturais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Solos

Os locais de amostragem encontram-se em ecótonos de transição floresta-campo. No km 79 foram efetuadas coletas de solos de um horizonte orgânico localizado em uma depressão no campo, com um desnível de 2m da floresta localizada no platô. Na floresta foram feitas 12 tradagens em uma transeção de 30 m paralela à borda,

onde as amostras coletadas foram identificadas pela simbologia HDF 1 a 12 e a 30 m de HDF 1 fez-se uma trincheira de 2m de profundidade. No km 83 foram feitas tradagens distribuídas numa seqüência campo-transição-floresta, onde coletou-se as amostras de solos.

Nas coletas de trincheiras foram obtidas amostras com cerca de 5 Kg de solo a cada 10 cm, no sentido das profundidades maiores para menores, acondicionadas em sacos plásticos e identificadas. Nas coletas por perfuração com trado, foram obtidas amostras até 250 cm de profundidade. As amostras de solo foram tratadas física e quimicamente para a obtenção da fração humina. Todos os procedimentos dos pré-tratamentos encontram-se detalhados em Pessenda et al. (1996).

As análises granulométricas foram efetuadas no Laboratório de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). A determinação do carbono orgânico total e da razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) foi feita no Laboratório de Isótopos Estáveis – CENA/USP, em um espectrômetro de massa ANCA-SL, Europa Scientific. Os resultados de teor de carbono foram reportados como carbono total e expressos em % de carbono. Os resultados da análise isotópica foram expressos em unidade de δ (‰), determinada em relação ao padrão internacional PDB. As datações ^{14}C da fração humina foram feitas através da técnica AMS (Accelerator Mass Spectrometry) obtidas no Laboratório Isotracer, Universidade de Waterloo, Canadá. A idade ^{14}C é expressa em anos AP (antes do presente), normalizada a -25‰ (PDB), sendo presente o ano de 1950.

Vegetação

Coletou-se amostras de plantas para análise isotópica, que foram lavadas com água destilada, secas em estufa a 50° C, moídas e encaminhadas para o Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA-USP.

Para caracterizar a vegetação arbórea dos locais de amostragem (floresta e borda) utilizou-se o método do Ponto Quadrante (Brower et al., 1998). As variáveis densidade e área basal, como indicativo do volume de biomassa, foram utilizadas na caracterização da vegetação. Foram analisados, também, os parâmetros relativos de densidade, frequência e dominância, Índice de Valor de Importância e Índices de Similaridade. Para caracterizar a vegetação herbácea no campo utilizou-se o método do Ponto-Contato (Whitman & Siggeirsson, 1954).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Carbono orgânico total dos solos

No km 79 os solos apresentaram textura argilosa e muito argilosa, com pouca variação ao longo dos perfis. A concentração de carbono orgânico total decresceu da superfície para maiores profundidades em todos os solos analisados, variando de 1% a 4,8% na camada 0-10 cm, nos pontos representativos de partes mais elevadas da floresta. Nos pontos localizados em depressões observaram-se maiores teores de carbono para a mesma camada. Na floresta o teor de carbono foi de 5,7%, que pode estar relacionado com o transporte de matéria

orgânica de locais mais altos. No campo o teor foi de 8,3%. Este alto teor de carbono pode estar relacionado ao fato do ponto encontrar-se numa depressão que permanece inundada durante o período das chuvas (6-7 meses) que faz com que haja uma decomposição lenta da matéria orgânica e também devido ao transporte de material tanto de savanas, como de florestas localizadas em partes mais altas (Vidotto, 2003).

No km 83 também observou-se decréscimo do teor de carbono da superfícies para maiores profundidades. Nas camadas superficiais (0-10 cm) observou-se um valor de 1,65% na floresta, 2,62% na borda e 2,2% no campo. Neste local os solos da borda e do campo apresentaram maiores teores de carbono do que a floresta nas camadas superficiais. Este aspecto pode estar relacionado ao fato de que esses solos encontram-se em depressões, que normalmente tendem a receber materiais transportados de locais mais altos (Vidotto, 2003).

4.2. $\delta^{13}\text{C}$ e datação ^{14}C da matéria orgânica dos solos

No km 79 os dados de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 1) observados nas camadas superficiais (0-10 cm) foram de -24,4‰ a -29,0‰ nas áreas de floresta, caracterizando a vegetação de cobertura e de -22,0‰ na área de campo, indicando uma mistura de vegetação C_3 e C_4 . O valor de -22,0‰ também foi encontrado em local próximo por Rosolen, 2000 e Pessenda et al., 2001. No campo encontrou-se duas gramíneas C_3 , *Panicum sp* e *Aristida capilacea*, ambas com $\delta^{13}\text{C}$ de -27,0‰, que estariam contribuindo para um valor isotópico mais empobrecido. Pode-se considerar também que o valor de -22,0‰ provavelmente esteja associado com o transporte de matéria orgânica de savanas localizadas em partes mais altas, que possuem valores de $\delta^{13}\text{C}$ mais enriquecidos (gramíneas C_4 com $\delta^{13}\text{C}$ de -13,6‰

e -16,0‰), assim como estar próximo a uma vegetação de floresta, também em local mais alto, que poderá estar fornecendo material orgânico de origem C_3 .

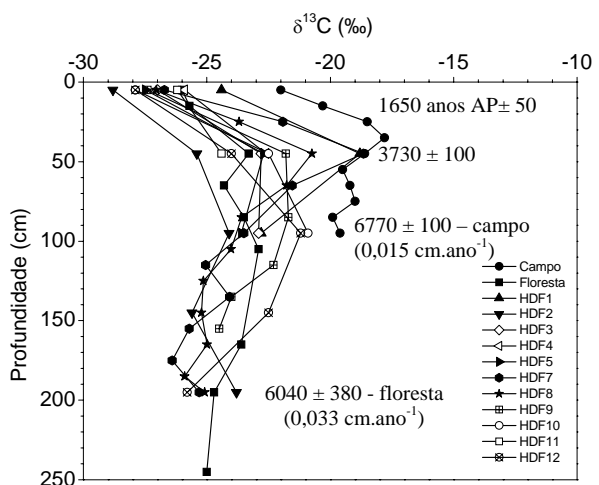


Figura 1 – Resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e datação ^{14}C da matéria orgânica dos solos do km 79.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C das amostras de solos coletadas na depressão no campo indicaram que a matéria

orgânica originada de plantas C₃ e C₄ vem sendo depositada há pelo menos nos últimos 7.000 anos AP (Figura 1). Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica dos perfis de solos em maiores profundidades (aproximadamente -26,0‰), indicaram um predomínio de plantas C₃ no local de estudo, estimando-se um período de 10.000-12.000 anos AP (Pessenda et al., 2001). A cerca de 7.000-3.000 anos AP os valores mais enriquecidos de $\delta^{13}\text{C}$ indicaram maior influência de plantas C₄, sugerindo uma regressão da floresta, associada a um clima mais seco do que o presente. A partir de 3.000 anos AP até o presente os dados indicaram expansão da vegetação C₃ associada a um provável retorno de um clima mais úmido, semelhante ao atual. Mudanças similares de vegetação foram observadas em estudos realizados na região Amazônica (Desjardins et al., 1996; Gouveia et al., 1997; Pessenda et al., 1998a, b; Freitas et al., 2001).

Idades similares, em camadas diferentes, foram encontradas nos pontos localizados nas depressões do campo e da floresta no km 79 (Figura 1). No campo, a 1 m de profundidade, obteve-se a idade de 6.770 anos AP e na floresta a 2 m de profundidade a idade foi de 6.040 anos AP. Provavelmente este aspecto esteja relacionado ao fato de que na floresta a quantidade de biomassa é maior do que nas áreas de campo, ocorrendo assim, maior entrada de matéria orgânica recente, que irá incorporar-se à matéria orgânica do solo com conseqüente rejuvenescimento de todo o perfil. E por este ponto estar localizado no centro de uma depressão, a entrada de matéria orgânica pode ser bem maior do que em pontos localizados em maiores altitudes na floresta. Outro aspecto a ser considerado seria relativo a atividade biológica na formação do solo. Verificou-se no local quantidade significativa de cupinzeiros, cuja ação biológica natural poderia contribuir no recobrimento de materiais e formação do solo. Com base na datação ^{14}C obteve-se uma taxa de acúmulo do solo de 0,015cm.ano⁻¹ no campo e 0,033cm.ano⁻¹ na floresta. Pode-se considerar também que devido a maior entrada de material (biomassa) na floresta do que no campo, a mineralização da matéria orgânica se fez de modo mais efetivo com conseqüente aumento na taxa de acúmulo.

No Km 83 os dados de $\delta^{13}\text{C}$ (Figura 2) nas camadas superficiais foram característicos da vegetação de cobertura, sendo de -25,5‰ na floresta; -25,9‰ na borda e de -13,4‰ no campo. Neste ecótono observou-se ao longo dos perfis que em profundidades maiores o $\delta^{13}\text{C}$ foi de aproximadamente -24,0‰, indicando predominância de vegetação C₃ em períodos passados. No intervalo entre 30 e 80 cm observou-se um enriquecimento isotópico (-19,2‰ a -17,8‰), caracterizando predomínio de plantas C₄, sugerindo uma regressão floresta. A partir de 30 cm os valores de $\delta^{13}\text{C}$ tornaram-se mais empobrecidos na floresta e na borda, indicando a expansão da floresta.

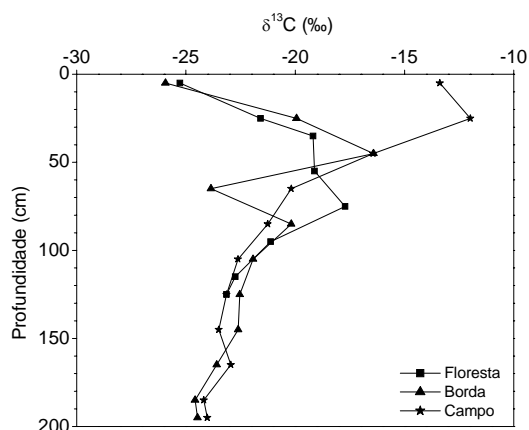


Figura 2 – Resultados de $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica dos solos do km 83.

4.3. Caracterização da vegetação

O ecótono de borda floresta-campo caracterizou-se por apresentar três habitats: a floresta com 100% de cobertura arbórea, onde predominaram as palmeiras adaptadas às condições umbrófilas; a borda, uma faixa estreita de 10 a 20 m, com espécies características como a *Himatanthus sucuuba* e a *Caraipa savannarum*; e o campo que apresentou dois estratos: um arbóreo com predominância das espécies *Caraipa savannarum* e *Himatanthus sucuuba* e um herbáceo onde predominaram as gramíneas C₄.

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ das espécies arbóreas da floresta apresentaram valores entre -29,3‰ e -34,1‰, que são concordantes com os valores $\delta^{13}\text{C}$ encontrados nas camadas superficiais dos solos amostrados sob vegetação de floresta (Figuras 1 e 2). Na borda, 90% das espécies analisadas apresentaram $\delta^{13}\text{C}$ entre -27,8‰ e -33,8‰, característicos de vegetação C₃ e 10% entre -13,2‰ e -16,1‰, característicos de vegetação C₄. No campo a maioria das gramíneas apresentou um valor de $\delta^{13}\text{C}$ característico de vegetação C₄, entre -12,8‰ e -13,5‰, com exceção das gramíneas *Panicum sp* e *Aristida capilacea* que apresentaram um valor de -27,0‰. Tal mistura de plantas C₃ e C₄ pode reforçar a interpretação do resultado de -22‰ encontrado na camada superficial do solo localizado no campo do km 79 (Figura 1).

Os dados estruturais da vegetação indicaram que o ecótono floresta-campo na região de estudo apresenta estrutura vegetacional característica, com gradientes de espécies lenhosas no sentido floresta-campo. A área basal caracterizou o gradiente de biomassa, sendo no km 79 de 19,23 → 11,15 → 9,16 m²/ha no sentido floresta, borda e campo, respectivamente, e no km 83 de 30,7 → 13,5 → 4,5 m²/ha. A hipótese de que a floresta está avançando sobre o campo provavelmente possa ser constatada pelo enriquecimento de espécies da borda nos campos, como a *Caraipa savannarum* e a *Himatanthus sucuuba*. A presença destas espécies (encontradas com maior abundância nas bordas do ecótono) na floresta também podem estar indicando que esta avançou sobre a borda e que elas estejam conseguindo sobreviver às condições florestais. No habitat de floresta no km 79 observou-se a

presença de alguns indivíduos mortos de *Caraipa savannarum*, que provavelmente não conseguiram sobreviver na floresta.

4.3.1. $\delta^{13}\text{C}$ da MOS e gradiente de vegetação C_3 e C_4

Foram feitas amostragens de solo com trado na depressão no campo no Km 79 e, a partir deste ponto, nas distâncias 10, 30, 50, 70 e 130 m, na direção do campo. A variação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS nas camadas 0-10 e 20-30 cm refletem a composição isotópica da vegetação presente na área. Na depressão, onde o lençol freático se encontrava a 10 cm de profundidade, o $\delta^{13}\text{C}$ da MOS na camada 0-10 cm (-20,9‰) foi característico de mistura de vegetação C_3 e C_4 (Figura 3). À medida que se afastou deste ponto, o valor do $\delta^{13}\text{C}$ nessa camada ficou mais enriquecido, sendo que a 130 m, onde o lençol freático estava a 130 cm de profundidade, o $\delta^{13}\text{C}$ foi -13,3‰, característico de solo sob vegetação C_4 . O mesmo padrão de variação ocorreu nas camadas 20-30 e 40-50 cm (Figura 3). O levantamento fitossociológico realizado nessas áreas mostrou abundância relativa de plantas C_4 com relação às C_3 diretamente proporcional à distância da depressão. Obtiveram-se 19,0%, 70,2%, 78,0% e 84,0% de plantas C_4 no sentido da depressão para maiores distâncias. A vegetação C_3 encontrada foi constituída basicamente de gramíneas (*Panicum* e *Aristida*, com $\delta^{13}\text{C}$ de -27,0‰) e ciperáceas (*Rhynchospora*, $\delta^{13}\text{C}$ de -28,5‰), sendo mais abundante o gênero *Panicum*. Esse comportamento tem sido verificado em outros estudos (Ehleringer and Monson, 1993; Nordt et al., 1994; Boutton, 1996). Entretanto, os resultados evidenciam a presença relativamente abundante de gramíneas C_3 em área tropical e aberta, na mesma área de gramíneas C_4 .

Nas áreas onde a vegetação C_4 foi mais abundante (50, 70 e 130 m) o $\delta^{13}\text{C}$ da MOS na camada 60-70 cm (~ -19,0‰) foi característico de mistura de vegetações C_3 e C_4 . Estes dados indicam maior influência de vegetação C_3 na região nessas áreas, no passado, e que, atualmente, está mais pronunciado na depressão, onde está ocorrendo maior presença de vegetação C_3 .

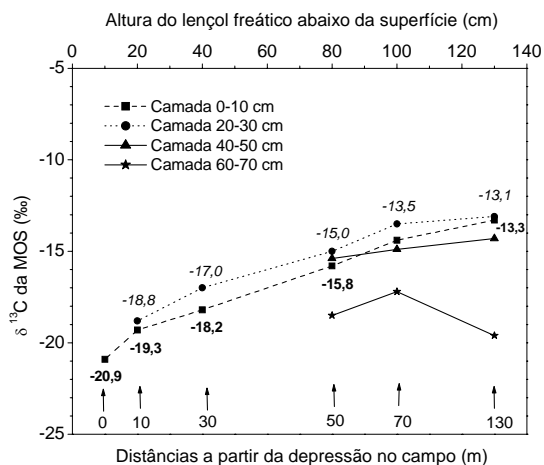


Figura 3 – Variação dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS, com a profundidade, em função da altura do lençol freático

abaixo da superfície em julho de 1999. Estão mostrados apenas os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das camadas 0-10 cm (em negrito) e 20-30 cm (em itálico).

5. CONCLUSÕES

O teor de carbono orgânico total e os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ das amostras de solos indicaram que a matéria orgânica de origem C_3 e C_4 vem sendo depositada há, pelo menos, 7.000 anos AP na área de depressão localizada no ecossistema de campo no km 79. Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ e datação ^{14}C indicaram que no início do Holoceno (~ 10.000 anos AP), a área estudada foi coberta por vegetação C_3 . Entre 7.000-3.000 anos AP, os dados mostraram maior influência de plantas C_4 , indicando uma regressão da floresta associada a um provável clima mais seco que o atual. De 3.000 anos AP até o presente os dados indicaram expansão da vegetação C_3 associada a um provável retorno de um clima mais úmido, semelhante ao atual. O avanço atual da floresta sobre o campo também pode ser observado pelo enriquecimento de espécies da borda sobre o campo, como a *Caraipa savannarum* e *Himatanthus succuba*. Os dados do levantamento fitossociológico evidenciaram a presença relativamente abundante de gramíneas C_3 na mesma área de gramíneas C_4 , indicando maior influência de vegetação C_3 na região nessa área, atualmente mais pronunciada na depressão.

6. AGRADECIMENTOS

À FAPESP (01/01151-5) pelo suporte financeiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUTTON, T.W. (1996). Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: Mass Spectrometry of Soils (T.W. Boutton and S. Yamasaki, Eds.), p.47-82. Dekker, New York.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. (1998). Field and laboratory methods for general ecology. 4ª Ed. WCB. Mc Graw Hill, 273p.
- DESJARDINS, T.; FILHO, A.C.; MARIOTTI, A.; GIRARDIN, C. (1996). Changes of the Forest-savanna boundary in Brazilian Amazônia during the Holocene as revealed by soil organic carbon isotope ratios. *Oecologia*, v.108, p.749-756.
- EHLERINGER, J.R., and MONSON, R.K. (1993). Evolutionary and ecological aspects of photosynthetic pathway variation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.24, p.411-439.
- FREITAS, H.A; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R. GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. (2001). Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. *Quaternary Research*, v.55, p.39-46.
- GOUVEIA, S.E.M.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R.; GOMES, B.M. (1997). Dinâmica de vegetações durante o Quaternário recente no sul do Amazonas indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C e ^{14}C). *Geochimica Brasiliensis*, v.11, n.3, p.355-367.

- NORDT, L.C.; BOUTTON, T.W.; HALLMARK, C.T.; WATERS, M.R. (1994). Late Quaternary vegetation changes in Central Texas based on the isotopic composition of organic carbon. *Quaternary Research*, v.41, p.109-120.
- PESSEDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; RIBEIRO, A.S.; GOUVEIA, S.E.M.; BOULET, R.; CRUZ, M.V.L.; ROVERATTI, R.; PESSIN, G. (1996). Avaliação de mudanças de vegetação na Amazônia ocidental durante o Holoceno com emprego dos isótopos do carbono do solo. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39., Salvador, 1996. Anais. Salvador, p. 539-544.
- PESSEDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; GOMES, B.M.; BOULET, R.; RIBEIRO, A.S. (1998a). ¹⁴C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in Southern Brazilian Amazon Region. *Radiocarbon*, v.40, p.1013-1022.
- PESSEDA, L.C.R.; GOMES, B.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R.; GOUVEIA, S.E.M. (1998b). The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implication for vegetation changes in Rondônia State, southwestern Brazilian Amazon region. *The Holocene*, v.8, p.631-635.
- PESSEDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. (2001). Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a Forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. *The Holocene*, v.11, n.2, p.250-254.
- ROSOLEN, V. (2000). Transformação de uma cobertura laterítica por hidromorfia: estudo de uma toposseqüência da Amazônia brasileira (Humaitá-AM). São Paulo, 201p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- SAMPAIO, A. & NORTHFLEET, A. (1973). Estratigráfica correlação das bacias sedimentares brasileiras. In: Ann. Congr. Soc. Bras. Geol., 27. Aracaju, 3, p.189-206.
- VIDOTTO, E. (2003). Estudo da dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Quaternário tardio, empregando os isótopos do carbono do solo e das plantas. Piracicaba/SP, 92p. Relatório FAPESP (01/01151-5) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- WHITMAN, W.C., SIGGEIRSSON, E.I. (1954). Comparison of line interception and point contact methods in the analysis of mixed grass range vegetation. *Ecology*, 35(4), p.431-436.