

Discriminação isotópica do carbono nos humus de latossolo e podzol da região Amazônica do Brasil

VOLKOFF, B¹; MATSUI, E²; CERRI, C. C³

RESUMO

São estudadas as variações de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) e da composição do humus em dois perfis de podzois e três de latossolos da região de Manaus. As proporções relativas em frações húmicas obtidas por um método de dissolução seletiva, servem para caracterizar o humus. Os dois podzois, um muito orgânico e outro pobre em carbono, apresentam humus de mesma natureza com mais de 50% de carbono nas frações alcalino-solúveis dos horizontes A. As frações extraíveis pela soda, predominam na parte superior, e diminuem nitidamente no A₂ quando as frações extraíveis pelo pirofosfato se tornam mais expressivas. O $\delta^{13}\text{C}$ nos podzois tem valores baixos: -28 a -30‰ no topo do A, -27‰ no A₂. O humus dos latossolos difere bastante do humus dos podzois; é pobre em frações alcalino-solúveis, rico em ácidos fúlvicos livres e húmica. O $\delta^{13}\text{C}$ é de -28‰, em média, nos primeiros centímetros superiores do solo empobrecidos em ácidos fúlvicos livres e apresentando uma pequena concentração de alcalino solúveis. Ele se torna, gradativamente menos negativo em profundidade atingindo valores próximos de -25‰ a medida que os alcalino-solúveis diminuem e que os ácidos fúlvicos livres se concentram. Nos podzois, como nos latossolos, observa-se, um enriquecimento em ^{13}C relacionado com modificações na composição das frações alcalino-solúveis e o desaparecimento de materiais vegetais incompletamente humificados nos horizontes A. Nos horizontes sub superficiais dos latossolos o ^{13}C se concentra ainda mais. Isto não ocorre nos podzois porque os ácidos fúlvicos livres são lixiviados em profundidade. Há portanto uma discriminação isotópica do carbono nos solos. É consequência da distribuição seletiva do ^{13}C nas diversas substâncias húmicas e da própria dinâmica do humus.

INTRODUÇÃO

A composição isotópica da matéria vegetal depende do tipo de plantas. As plantas do ciclo C-3 apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -28 e -32‰ e as do C-4 entre -10 a -13‰, as primeiras correspondem à maioria das plantas arbóreas, as segundas à gramíneas de clima tropical (1).

A composição isotópica do carbono da matéria orgânica do solo reflete o tipo de vegetação dominante. Sob floresta $\delta^{13}\text{C}$ é da ordem de -30 a -28‰ e sob campo $\delta^{13}\text{C}$ é de -14 a -15‰ (2).

Nas liteiras de floresta a composição isotópica dos fragmentos vegetais e a do material já transformado pela humificação não é a mesma. Observa-se um enriquecimento gradual em ^{13}C à medida que a humificação se processa, $\delta^{13}\text{C}$ variando de -33 a -30‰ nas folhas recentemente caídas a -28‰ nos fragmentos alterados da base da liteira (3).

No solo os diversos componentes do humus têm composição isotópica diferente. Os ácidos fúlvicos são globalmente mais ricos em ^{13}C que os ácidos fúlvicos (4). Também a composição isotópica do humus varia com a profundidade (5). Isto é devido ao fato de que a composição do próprio humus varia com a profundidade. O humus comporta várias frações: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e húmica. A proporção relativa de cada uma dessas frações varia de acordo com o tipo de solo e, dentro de um mesmo solo, com a profundidade. Como as frações têm composição isotópica diferente é normal que haja variações de $\delta^{13}\text{C}$ quando se passa de um solo para outro, ou num mesmo solo, quando se passa de um horizonte para outro (6).

Na região Amazônica, geralmente sob floresta, encontram-se, próximos uns dos outros, latossolos e podzois. O humus dos latossolos é rico em ácidos fúlvicos livres (7). Nos podzois o humus dos horizontes superficiais é, de um modo geral, pobre em ácidos fúlvicos livres, como se verifica nos podzois do sul do estado da Bahia (8). Como os ácidos fúlvicos livres correspondem a uma das frações mais enriquecidas em ^{13}C (6), a composição isotópica dos humus dos latossolos

- 1 Orstom/USP
- 2 CENA/CNEN
- 3 CENA/USP

Fonds Documentaire ORSTOM



010019596

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote: Bx 19596 Ex: 1

e dos podzois deve apresentar uma notável diferença.

O objetivo do presente trabalho é caracterizar o humus dos podzois e latossolos da região de Manaus, na Amazônia brasileira, e comparar a composição isotópica da matéria orgânica desses solos procurando-se correlacionar os resultados das análises isotópicas com os dados referentes ao humus.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Os Solos

Foram estudados dois perfis de podzois e três de latossolos de uma área situada nas proximidades do km 60 da BR-174 que liga Manaus a Boa Vista (Roraima).

1.1. Os podzois (perfis MAM2 e MAM3)

O perfil MAM2 encontra-se em área de "campinarana" (9); trata-se, de um local com uma formação aberta de árvores de pequeno porte e arbustos. O perfil é o seguinte (FIGURA 1):

8 - 0 cm: A₀₀; liteira constituída de folhas marrom e pretas; transição distinta.

3 - 0 cm: A₀; raízes finas entrelaçadas; fragmentos vegetais brunos e pretos; alguns grumos orgânicos; transição distinta.

0 - 20 cm: A₁₁; bruno escuro; orgânico; estrutura fibrosa e em grumos de 1 a 2 cm; raízes finas e sobretudo médias; muito pouca área branca lavada na base do horizonte; transição gradual.

20 - 25 cm: A₁₂; areia bruno escura com manchas brancas; transição gradual.

25 - 50 cm e+: A₂; areia branca solta.

Obs.: O horizonte B_h não foi alcançado.

O perfil MAM3 encontra-se sob uma vegetação de transição entre a campinarana e floresta densa tropical. O perfil é o seguinte:

3 - 0 cm: A₀₀; liteira de folhas secas; transição distinta.

0 - 10 cm: A₁₁; bruno escuro; arenoso com números grãos brancos lavados; numerosas raízes finas e médias; transição distinta.

10 - 25 cm: A₁₂; bruno escuro; areia com grãos brancos lavados; transição gradual.

25 - 40 cm: A₂₂; branco, areia solta, transição difusa.

40 - 120 cm e+: A₂₃; cinza amarelo; maciço, muito friável; a parte superior, entre 40 a 65 cm é um pouco mais escura que a base.

Obs.: O horizonte B_h não foi alcançado.

As amostras de podzois, após coletadas, foram imediatamente secas ao ar. As principais raízes foram retiradas manualmente na medida do possível, o restante da amostra foi triturado a 0,5 mm e analisado.

1.2. Os latossolos (perfis MAM4, MAM5 e MAM6)

Os três perfis têm uma morfologia semelhante e encontram-se sob floresta tropical densa. O perfil tem as seguintes características morfológicas:

3 - 0 cm: A₀₀; liteira constituída de folhas secas; transição distinta.

0 - 2 cm: A₀/A₁; mistura de fragmentos vegetais brunos (fragmentos de folhas e também numerosas raízes finas) e grumos bruno escuros, argilosos; transição distinta.

2 - 10 cm: A₃; bruno; muito argiloso; em blocos pouco nítidos sub-angulares; algumas raízes médias na parte superior; transição gradual.

10 - 35 cm: B₁; amarelo claro; muito argiloso; maciço; ligeiramente coeso; poroso; friável; transição difusa.

35 - 150 cm e+: B₂₁ passando a B₂₂; amarelo; muito argiloso; maciço; poroso; muito friável.

O perfil MAM5 corresponde ao ponto nº 3 do guia da excursão do XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (10).

As amostras coletadas foram secas ao ar; as raízes e os fragmentos de folhas foram retirados manualmente o restante da amostra foi triturado a 0,5 mm e analisado.

2. Caracterização do Humus

Foi utilizado o método de Dabin (11) pelo qual se separa a matéria orgânica leve, os ácidos fúlvicos livres, ácidos húmicos e fúlvicos extraíveis pelo pirofosfato e pela soda. O carbono de cada fração foi dosado por via úmida pelo bicromato de potássio em meio sulfúrico. Nas amostras excessivamente ricas do perfil MAM2 o carbono total e o carbono da humina foram dosados por via seca, por combustão.

3. Medida do $\delta^{13}\text{C}$

O $\delta^{13}\text{C}$ foi determinado com CO₂ obtido por combustão a 550°C durante 12 horas em tubos contendo CuO e selados a vácuo. Foram usados aproximadamente 0,1 milimol de CO₂ purificado por banhos de gelo seco e nitrogênio líquido. O CO₂ preparado foi analisado no espectrômetro de massa modelo MM602E da VG MICROMASS.

$$\delta^{13}\text{C} = \left\{ \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_a}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_p} - 1 \right\} \times 1000$$

onde a = amostra e p = padrão de referência (PDB)

Os desvios absolutos máximos são de 0,10‰.

RESULTADOS

1. Humus dos Podzois

Em relação à quantidade de matéria orgânica presente, os dois solos MAM2 e MAM3, são bastante diferentes. (QUADRO 1)

No MAM2 o horizonte A₀, sem os fragmentos vegetais (folhas e raízes visíveis) e o horizonte A₁₁ são constituídos por um material exclusivamente orgânico, com teores de carbono de cerca de 45%. No A₁₂, horizonte de transição muito pouco espesso neste solo, os teores caem brutalmente e no A₂ tem-se apenas 4% de carbono total.

Em oposição, o perfil MAM3 aparece como muito pobre em carbono. O horizonte A₁

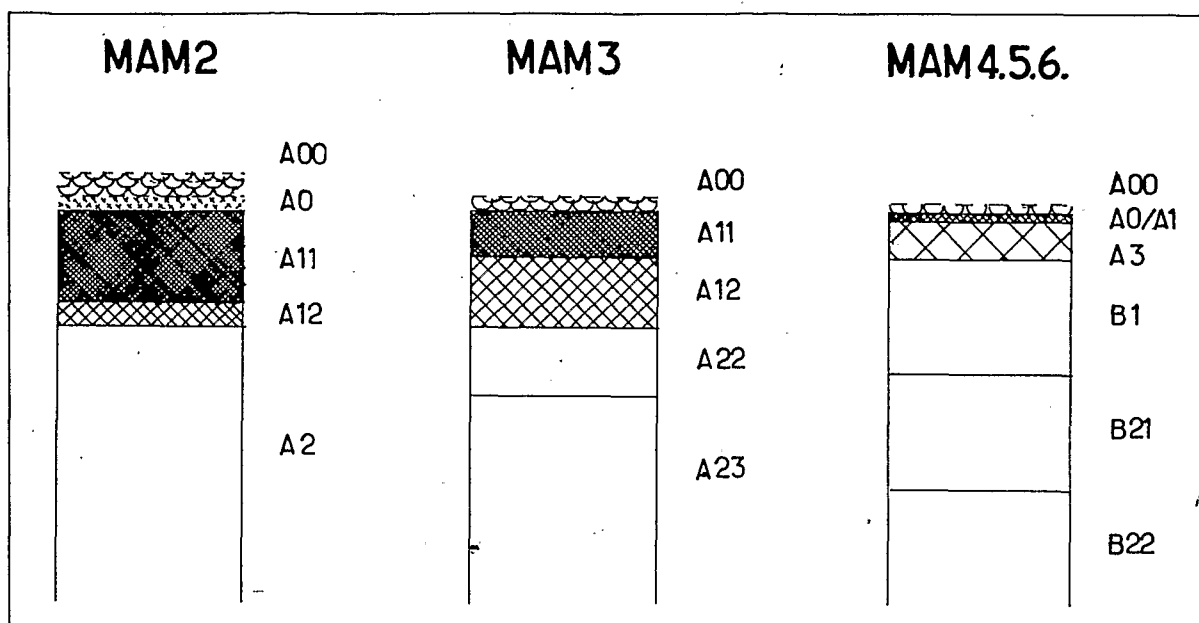


FIGURA 1 - Representação esquemática das partes superiores de perfis de Podzois (MAM2 e MAM3) e de Latossolos (MAM4, MAM5 e MAM6).

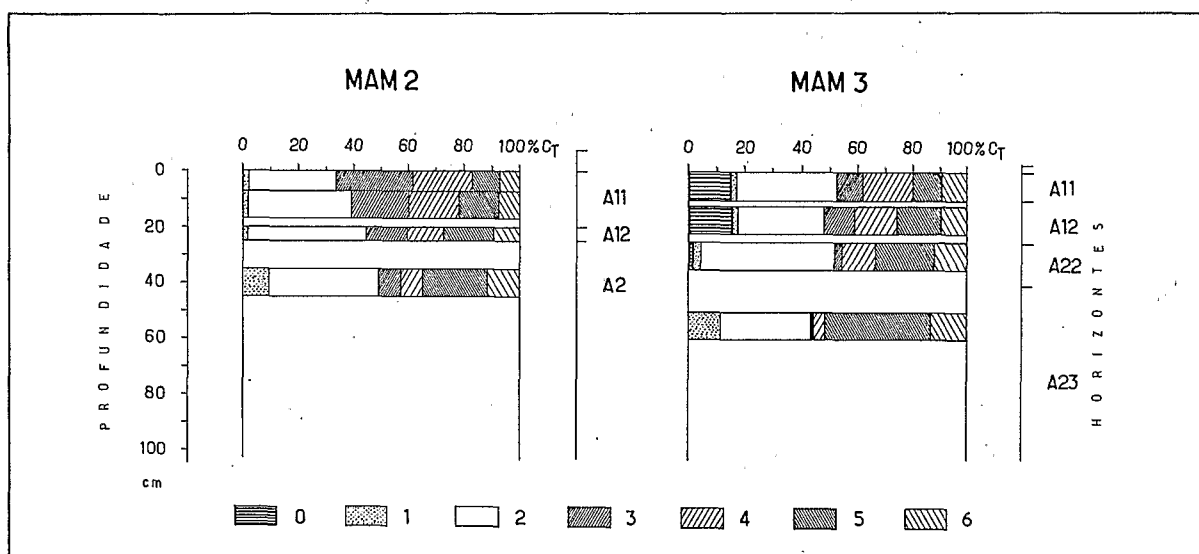


FIGURA 2 - Variação com a profundidade da percentagem relativa das frações do humus nos horizontes A e de dois perfis de Podzois (carbono de cada fração em % de carbono total): matéria leve; 1, ácidos fúlvicos livres; 2, húmina; 3, ácidos húmicos extraídos pela soda; 4, ácidos fúlvicos extraídos pela soda; 5, ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato; 6, ácidos fúlvicos extraídos pelo pirofosfato.

QUADRO 1 - Variação do teor em carbono com a profundidade nos perfis de Podzois MAM2 e MAM3 (em amostras isentas de raízes e fragmentos de folhas).

PERFIL MAM2			PERFIL MAM3		
Horizonte	Profundidade da camada amostrada cm	Carbono %	Horizonte	Profundidade da camada amostrada cm	Carbono %
A ₀	3 - 0	44	A ₁₁	0 - 10	1,2
A ₁₁	0 - 8	43	A ₁₂	10 - 20	1,4
A ₁₁	8 - 18	45	A ₂₂	25 - 35	0,2
A ₁₂	20 - 25	9	A ₂₃	50 - 60	0,4
A ₂	35 - 45	4	A ₂₃	100 - 110	0,2

contêm um pouco mais de 2% de matéria orgânica. Como no perfil MAM2 os teores caem rapidamente no horizonte A₂.

As análises de matéria orgânica pelo método de fracionamento mostram que todos os horizontes do perfil MAM2, inclusive o A₀ (isento de folhas e raízes) tem menos de 2% de seu carbono sob forma de material leve. Isto significa que a totalidade do material está humificado. A composição do humus deste perfil pode ser observada na FIGURA 2. O horizonte A₀ também foi analisado mais não está representado porque é semelhante à parte superior de A₁₁. Consta-se que os ácidos fúlvicos são inexpressivos. Menos de 5% do carbono total do solo pertence a esta fração (mais da metade dos ácidos fúlvicos livres são, neste perfil, solúveis em água). A humina representa apenas 30 - 40% do carbono total, e sempre mais de 50% do carbono está ligado às frações alcalino-solúveis. A composição do extrato alcalino é diferente

nas camadas da superfície e nas camadas profundas. Na superfície predominam as frações extraíveis pela soda e na base, as frações extraíveis pelo pirofosfato.

A composição do humus do perfil MAM3 é bastante semelhante a do MAM2. Uma diferença importante diz respeito à quantidade de matéria orgânica leve do MAM3, onde 15% do carbono total dos horizontes A₁₁ e A₁₂ acham-se nesta fração. A exemplo do que ocorre com o MAM2, mais de 50% do carbono restante pertence às frações alcalino solúveis. No topo do perfil predominam as frações húmicas solúveis na soda e na base do horizonte A, há predominância das frações húmicas solúveis no pirofosfato de sódio.

Os dois podzois diferem pela quantidade de matéria orgânica presente, um é excessivamente rico, o outro pobre, mas o humus é semelhante e caracterizado por elevados teores em frações alcalino solúveis.

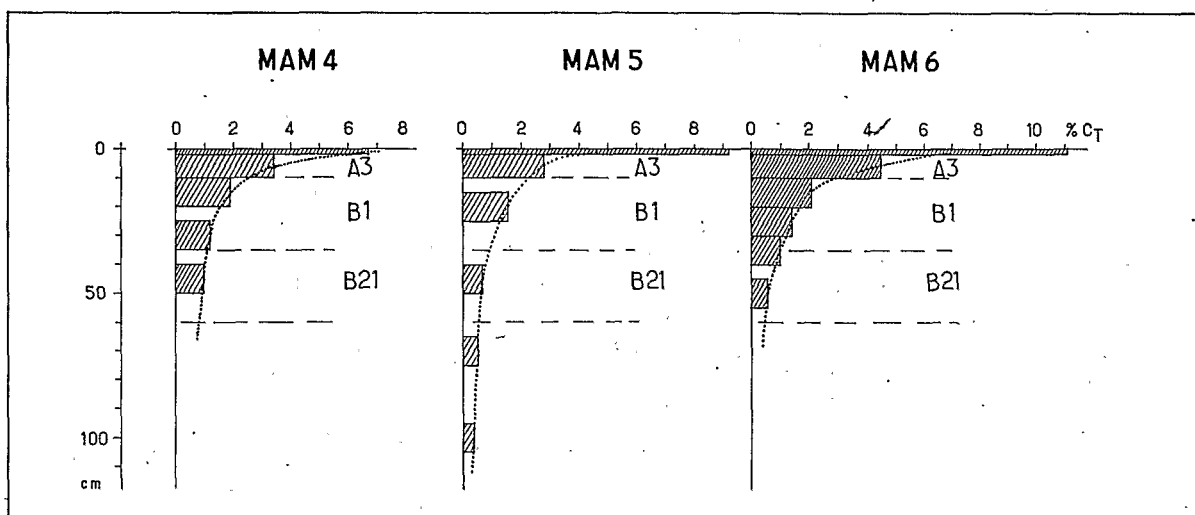


FIGURA 3 - Variação do teor em carbono em profundidade em perfis de Latossolos Amarelos.

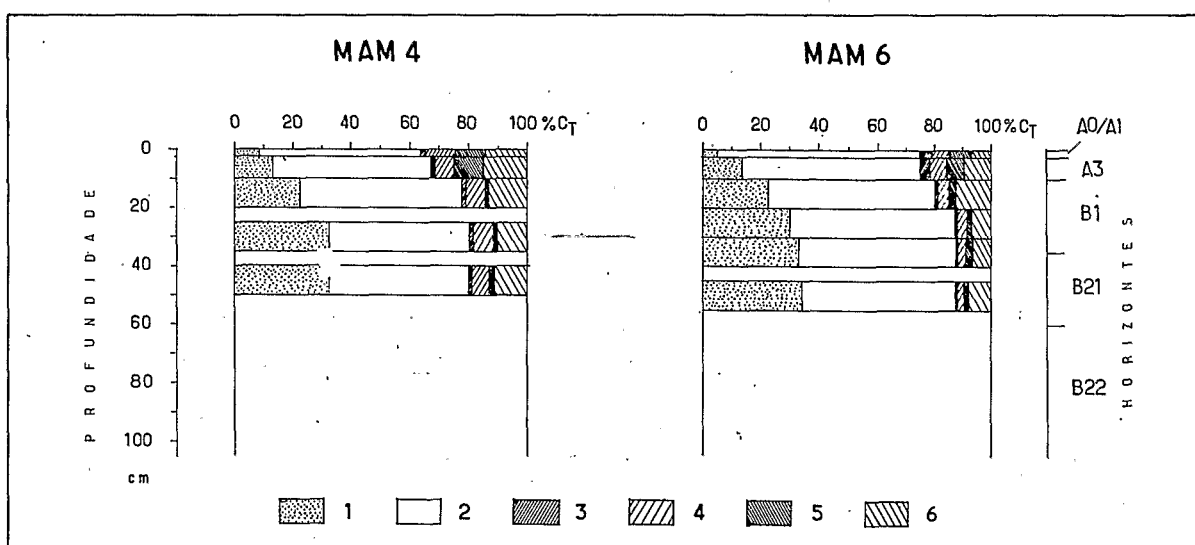


FIGURA 4 - Variação com a profundidade da percentagem relativa das frações do humus em perfis de Latossolo Amarelo (carbono de cada fração em % do carbono total): 1, ácidos fúlvicos livres; 2, humina; 3, ácidos húmicos extraídos pela soda; 4, ácidos fúlvicos extraídos pela soda; 5, ácidos húmicos extraídos pelo pirofosfato; 6, ácidos fúlvicos extraídos pelo pirofosfato.

2. Humus dos Latossolos

Nos três latossolos, nota-se uma mesma distribuição do carbono no perfil (FIGURA 3). O horizonte A₀/A₁ é o mais rico: 10 a 20% de matéria orgânica (6,7 a 11,7% de carbono); no horizonte A₃ os teores baixam muito mas permanecem ainda da ordem de 6 - 8% (3,5 a 4,5% de carbono), no B₁ eles são, em média, de 2,5% e em seguida, no B₂, diminuem gradativamente até 0,5 a 1%.

Os perfis de MAM4 e MAM5 apresentam humus de mesmas características (FIGURA 4). Não há matéria orgânica leve. As frações importantes são a humina e os ácidos fúlvicos livres. Mais de 50% do carbono encontra-se na humina com máximo no horizonte A₀/A₁. Este horizonte é o único pobre em ácidos fúlvicos livres. Nos outros as proporções dessas frações passam gradativamente a mais de 10% do carbono total no A₃, 20% no B₁ e 30% no B₂. As frações alcalino solúveis existem em

proporções significativas apenas nos horizontes A₀/A₁ e A₃ (cerca de 20% do carbono). Em todas as profundidades a parte extraída pelo pirofosfato supera a extraída pela soda.

Nos latossolos, portanto, o humus é principalmente constituído de ácidos fúlvicos livres e de humina, a participação das frações alcalino solúveis é muito pequena e localizada apenas nos horizontes superficiais do solo.

3. Medidas de $\delta^{13}\text{C}$

No perfil MAM2 o $\delta^{13}\text{C}$ é de -29‰ no A₀, de -27,50‰ no A₂ e apresenta valores intermediários no A₁₁ e A₁₂ (FIGURA 5).

No perfil MAM3 observa-se, do mesmo modo, uma variação progressiva de -30‰ no A₁₁ para -28‰ no A₂₃.

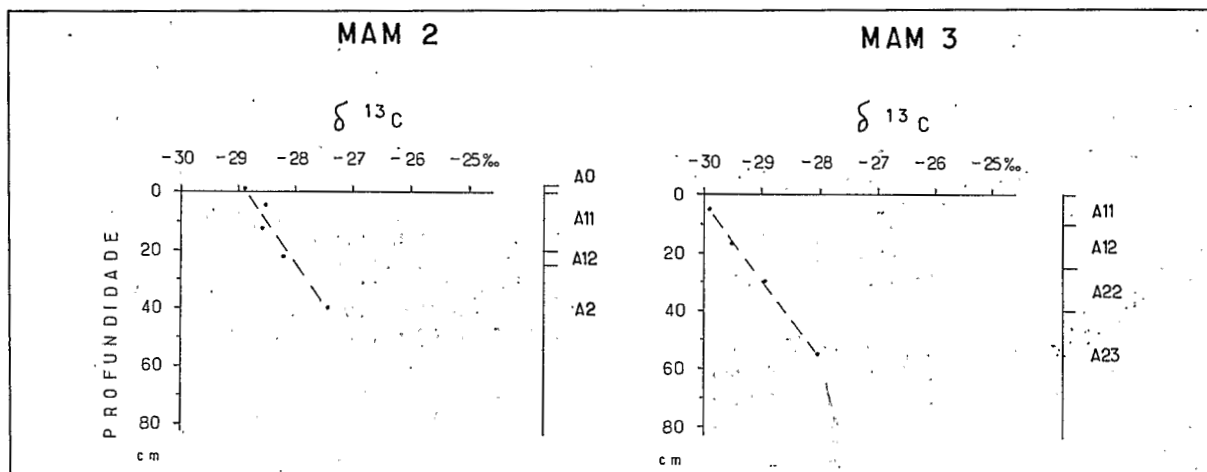


FIGURA 5 - Variação em profundidade de $\delta^{13}\text{C}$ em Podzois.

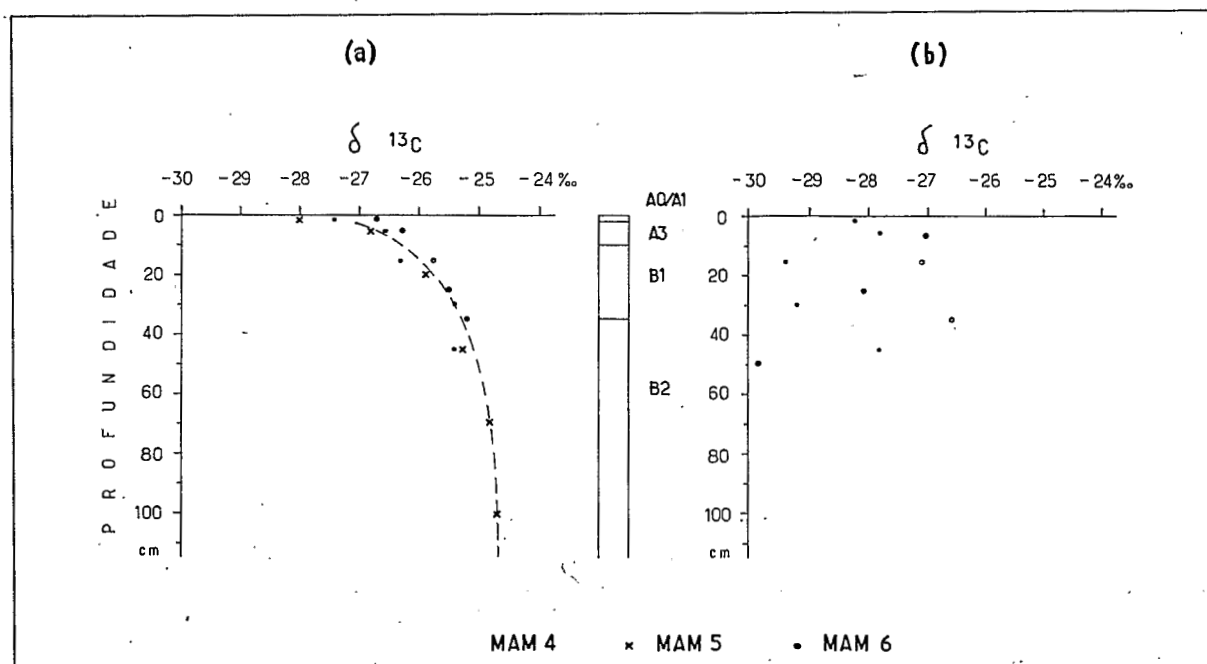


FIGURA 6 - Variações em profundidade de $\delta^{13}\text{C}$ em Latossolos Amarelos: (a) no humus; (b) nos fragmentos vegetais do solo.

Nos latossolos, apesar da dispersão dos resultados no horizonte A₀/A₁ pode-se considerar que os valores de $\delta^{13}\text{C}$ não diferem muito de um perfil para outro. Há um bom agrupamento dos resultados em uma curva média (FIGURA 6a) que indica as variações de $\delta^{13}\text{C}$ em função da profundidade. Nos horizontes A₀/A₁ o $\delta^{13}\text{C}$ oscila entre -28 e -27‰, na base de B₁ e no B₂ o $\delta^{13}\text{C}$ se estabiliza em torno de -25‰.

O $\delta^{13}\text{C}$ dos fragmentos vegetais retirados das amostras (raízes e fragmentos de folhas no horizonte A₀/A₁, raízes nos demais horizontes) têm valores muito variáveis (FIGURA 6b). Mas todos estão incluídos no intervalo -26,5, -30‰ e são sempre mais negativos que os valores encontrados no humus, na mesma profundidade. Isto indica que o material vegetal está sempre mais pobre em ^{13}C que o humus. A dispersão dos valores $\delta^{13}\text{C}$ obtidos nos fragmentos vegetais é devida ao fato que, a amostragem sendo muito localizada, as variações, relacionadas com os diversos graus de alteração do material analisado e, provavelmente, a diferença específica nas plantas, se expressem fortemente.

CONCLUSÃO

Admitindo-se que, globalmente os resíduos vegetais da floresta densa tropical, e da Campinarana tenham carbono de composição isotópica idêntica, o que ainda não foi comprovado, a comparação das matérias orgânicas dos 5 solos analisados leva às seguintes conclusões:

- A matéria orgânica pobre em ^{13}C ($\delta^{13}\text{C} = -30$ ‰) sendo a dos horizontes A₁ do perfil MAM3 que contem proporções não negligenciáveis de matéria leve, fragmentos vegetais isolados do solo apresentando-se também sempre pobre em ^{13}C quando comparados ao humus, isto significa que $\delta^{13}\text{C}$ baixo pode ser relacionado com a presença de material vegetal pouco decomposto.

- Em material totalmente humificado e rico em alcalino-solúveis como o dos horizontes A dos podzóis; $\delta^{13}\text{C}$ é de -28 a -27‰. Quando aumentam portanto as proporções de alcalino-solúveis $\delta^{13}\text{C}$ passa de -30‰ a -28 -27‰.

- Enfim valores $\delta^{13}\text{C} = -25$ ‰ correspondem a humus pobre em frações alcalino-solúveis rico em ácidos fúlvicos livres como o dos latossolos.

Em resumo:

Material vegetal em via de humificação ..
... $\delta^{13}\text{C} = -30$ a -29‰.

Humus rico em alcalino-solúveis, sem ácidos fúlvicos livres $\delta^{13}\text{C} = -29$ a -27‰.

Humus rico em ácidos fúlvicos livres ...
... $\delta^{13}\text{C} = -26$ a -25‰.

que confirma resultados anteriormente obtidos (3,6).

Os resultados mostram também que as características isotópicas do carbono acompanham de perto as variações de composição do humus nos perfis:

Nos podzóis há um enriquecimento em ^{13}C à medida que as frações extraíveis do pirofosfato substituem as frações extraíveis pelo soda. Isto significa que as primeiras são mais pobres em ^{13}C que as segundas, ou que os dois tipos de frações variam de composição isotópica com a profundidade. Esses resultados são, portanto, contrários, ao que foi achado em latossolos húmiferos, onde ácidos fúlvicos e alcalino-solúveis tinham uma composição sensivelmente constante no horizonte A (4.).

Nos latossolos da região de Manaus, as frações alcalino-solúveis contribuem a diminuir globalmente o $\delta^{13}\text{C}$ quando estão presente. Isto ocorre apenas nos horizontes superficiais. No resto do perfil quase sem frações alcalino-solúveis $\delta^{13}\text{C}$ aumenta com a elevação dos teores em ácidos fúlvicos livres.

Há portanto uma discriminação isotópica do carbono no solo. É provável que nos primeiros estágios da transformação do material vegetal fresco haja um enriquecimento em ^{13}C devido a perdas preferenciais em ^{12}C . No decorrer da humificação um enriquecimento deste tipo se processa à medida que o humus jovem das camadas superficiais é substituído por humus mais evoluído. O que é sugerido pelo sentido das modificações observadas na composição da fração alcalino-solúveis (8). Ao mesmo tempo, os ácidos fúlvicos livres produzidos concentram o ^{13}C . Nos podzóis esses ácidos são levados a grande profundidade, mas nos latossolos eles migram pouco. Desse modo o latossolo é gradativamente enriquecido em ^{13}C .

Na liteiras e nas camadas da superfície do solo haveria portanto uma acumulação de ^{13}C por causa de perdas preferenciais de ^{12}C sob forma de CO_2 , mas também uma mobilização preferencial do ^{13}C pelas frações húmicas mais móveis. Estas eliminam o ^{13}C do solo em substratos arenosos, caso dos podzóis, ou o acumulam no sub-solo em substratos argilosos, caso dos latossolos.

SUMMARY

Variation of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) and of humus composition was studied in two Podzol profiles and three Latosols of the Manaus region. For humus characterization, the relative proportions of the humic fractions were determined using a selective dissolution method. The humus of the two Podzols, one very organic and the other poor in carbon, was of the same nature, with over 50% carbon in the alkaline-soluble fractions of horizons A. Sodium hydroxide extractable fractions are predominant in the upper part and clearly decrease in A, when pyrophosphate extractable fractions become more expressive. $\delta^{13}\text{C}$ in Podzols is low: -28 - 30‰ at top of A, -27‰ in A₂. Latosol humus is greatly different from Podzol humus; it is poor in alkaline-soluble fractions and rich in free fulvic acids and humine. The $\delta^{13}\text{C}$ is on average -28‰ in the first/upper centimetres of soil, poor in free fulvic acids and showing a small concentration of alkaline-solubles. With depth it becomes gradually less negative, reaching values close to -25‰.

Both in Podzols and Latosols, a ^{13}C enrichment is observed when alkaline-solubles decrease and free fulvic acids concentrate, which is related to alterations in the composition of the alkaline-soluble fractions and disappearance of plant material not totally humified in horizons A. A higher concentration of ^{13}C is noted in sub-superficial horizons of Latosols. This does not occur with Podzols due to lixiviation of free fulvic acids at depth. There is therefore an isotopic discrimination of carbon in soils, which is a consequence of the selective distribution of ^{13}C in the different humic substances and of the humus dynamics.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BENDER, M.M. - Mass spectrometric studies of carbon 13, variations in corn and other grasses. Radiocarbon, n^o2: 468-472, 1968.
- (2) MODENESI, M.C.; MATSUI, E. e VOLKOFF, B. - Relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ nos horizontes húmiferos superficiais e nos horizontes escuros profundos dos solos de campo e mata da região de Campos do Jordão, São Paulo, Brasil. Anais do Colóquio sobre Matéria Orgânica do Solo, 18-22 de outubro de 1982, Piracicaba, SP. Brasil.
- (3) FLEXOR, J.M. - Dinâmica do carbono em ecossistema florestal do sul do Estado da Bahia: um estudo isotópico. In: 1^o Reunião Latinoamericana de Geofísica, Salvador, BA., (Brasil), 16-20 de setembro de 1974, 9p. mimeo.
- (4) NISSENBAUM, A. and SCHALLINGER, K.M. - The distribution of the stable carbone isotope ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) in fractions of soil organic matter. Geoderma 11: 137-145, 1974.
- (5) FLEXOR, J.M. e VOLKOFF, B. - Distribution de isotope stable ^{13}C dans la matière organique d'un sol ferrallitique de l'Etat de Bahia (Brésil). C.R. Ac. Sc. Paris, t. 284, Série D: 1655-1657, 1977.
- (6) VOLKOFF, B.; FLEXOR, J.M.; SANTA ISABEL, L. e SANTA ISABEL, M. - Natureza do humus nos latossolos distróficos da Bahia. Rev. Bras. Ci. do Solo, 2: 59-63, 1978.
- (7) VOLKOFF, B. e CERRI, C.C. - Humus em solos da floresta Amazônica da região do rio Madeira. Rev. Bras. Ci. do Solo, 5: 15-21, 1981.
- (8) DABIN, B. - Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. Cahiers ORSTOM, série Pedologie, vol. 18 (3-4): 197-215, 1980.
- (9) BRASIL - Projeto Radam: folha NA 19, Pico da Neblina. Departamento Nacional de Produção Mineral, vol. 11 Rio de Janeiro, 1976.
- (10) BRASIL - Guia de Excursão do XVII - Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, 8-13 de julho de 1979. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Serviços Nacional de Levantamento e Conservação de Solos e Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Rio de Janeiro, 1979, 72p.
- (11) DABIN, B. - Etude d'une methode d'extraction des matières humiques du sol. Science du sol, n^o 1: 47-63, 1971.

