

Acta Limnol. Brasil.	Vol. 11	943-963	1988
----------------------	---------	---------	------

**CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA DOS  
SEDIMENTOS DA REPRESA DO LOBO (SP) ATRAVÉS DO USO  
DA COMPOSIÇÃO DE CARBONO-13**

MOZETO, A.A.<sup>\*</sup>; NOGUEIRA, F.M.B.<sup>\*</sup> e ESTEVES, F.A.<sup>\*\*</sup>

**RESUMO**

As diferentes fontes potenciais (autóctones e alóctones) de matéria orgânica para os sedimentos da parte sul da represa do Lobo (SP) foram isotopicamente caracterizadas através da determinação da composição de carbono-13 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) dos vários tipos de materiais contendo carbono orgânico do ecossistema (sedimentos de fundo e suspensos, plantas aquáticas e terrestres, plancton total e perifiton). Devido à ocorrência de mais de duas fontes potenciais, não foi possível avaliar a contribuição relativa de cada uma através do uso de um balanço de massa isotópico, apesar das mesmas se mostrarem isotopicamente distintas. Os valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  dos diferentes materiais são: (a) macrófitas aquáticas (Baía do Rio Itaqueri):  $-27,1 \pm 0,6\%$  (n=5) (*Pontederia cordata*);  $-25,6 \pm 0,6\%$  (n=5) (*Nymphoides indica*) e  $-15,3 \pm 0,4\%$  (n=6) (*Nymphaea ampla*)/macrófitas aquáticas (Ponto Intermediário):

---

\* Departamento de Química, UFSCar

\*\* Departamento de Ciências Biológicas, UFSCar

-25,6 ± 0,6‰ (n=5) (*N. indica*) e -15,3 ± 0,4‰ (n=6) (*N. ampla*) e macrófitas aquáticas (Baía do Ribeirão do Lobo): -18,1 ± 4,4‰ (n=7) (*N. ampla*); (b) material em suspensão: -25,2 ± 1,1‰ (rio Itaqueri) e -25,7 ± 1,0‰ (Ribeirão do Lobo); (c) gramíneas de brejo (área inundável) (Ponto Intermediário e Baía do Ribeirão do Lobo): -12,9 ± 0,9‰ (14 espécies C<sub>4</sub>) e -25,7 ± 1,1‰ (7 espécies C<sub>3</sub>); gramíneas de campo (terrestres) (Ponto Intermediário e Baía do Ribeirão do Lobo): -13,2 ± 0,8‰ (14 espécies C<sub>4</sub>) e -28,3‰ (uma espécie C<sub>3</sub>).

Os baixos teores de clorofila e a ausência de perifiton em grandes quantidades durante praticamente todo o ano, indicam que estas duas fontes prováveis não são significativas. Os valores médios encontrados para o plâncton total são: -25,4 ± 1,2‰ (n=6) (Baía do Rio Itaqueri); -24,6 ± 1,6‰ (n=6) (Ponto Intermediário) e -25,7 ± 1,2‰ (n=6) (Baía do Ribeirão do Lobo); para o perifiton o  $\delta^{13}\text{C}$  médio é de -26,2 ± 2,3‰ (n=4) para todos os pontos de coleta.

Os valores da razão C/N para os diferentes materiais também foram calculados para fins de comparação e se mostraram muito variáveis, razão pela qual o seu uso como traçador da origem da matéria orgânica dos sedimentos não foi possível.

O emprego da técnica isotópica na quantificação da contribuição relativa das diferentes fontes de carbono orgânico dos sedimentos da área de estudos requer, além das análises de carbono-13 dos diferentes materiais, a avaliação da produção de biomassa de cada fonte potencial. Além disso é de grande importância a determinação "in situ" da taxa de decomposição da matéria orgânica, o que permitiria avaliar-se o quanto de cada uma é incorporado nos sedimentos. Outra alternativa seria o uso de mais um isótopo ambiental ou outro traçador qualquer.

ABSTRACT - CHARACTERIZATION OF ORGANIC MATTER SOURCES IN THE  
SEDIMENTS OF LOBO RESERVOIR (SÃO PAULO) USING  
CARBON-13 COMPOSITION.

The different potential sources (allochthonous and autochthonous) of organic matter to the sediments in the southern part of Lobo reservoir (São Paulo) were characterized through determination of the carbon-isotopic content ( $\delta^{13}\text{C}$ ) of various carbonaceous materials (suspended and bottom sediments, aquatic and terrestrial plants, total plankton and periphyton). The quantification of the relative contribution of the different sources through a mass balance equation (two end - member mixing model) was not possible due to the fact that more than two sources were available despite that they were isotopically distinct. The average  $\delta^{13}\text{C}$  values of the different materials in the different collection sites are as follows: (a) macrophytes (Baía do Rio Itaqueri):  $-27,1 \pm 0,6\%$  (n=5) (*Pontederia cordata*);  $-25,6 \pm 0,6\%$  (n=5) (*Nymphoides indica*) e  $-15,3 \pm 0,4\%$  (n=6) (*Nymphaea ampla*)/ macrophytes (Ponto Intermediário):  $-25,6 \pm 0,6\%$  (n=5) (*N. indica*) and  $-15,3 \pm 0,4\%$  (n=6) (*N. ampla*) and macrophytes (Baía do Ribeirão do Lobo):  $-18,1 \pm 4,4\%$  (n=7) (*N. ampla*); (b) suspended material:  $-25,2 \pm 1,0\%$  (Rio Itaqueri) and  $-25,7 \pm 1,0\%$  (Ribeirão do Lobo); (c) Gramineae of the swamp area (Ponto Intermediário and Baía do Ribeirão do Lobo):  $-12,9 \pm 0,9\%$  (14 species  $\text{C}_4$ ) and  $-25,7 \pm 1,1\%$  (7 species  $\text{C}_3$ ); Gramineae of savanna area (Ponto Médio e Baía do Ribeirão do Lobo):  $-13,2 \pm 0,8\%$  (14 species  $\text{C}_4$ ) and  $-28,3\%$  (one species  $\text{C}_3$ ).

The low chlorophyll contents in the water and the nearly complete periphyton absence throughout the year indicate that these two sources of organic matter to local sediments are not significant. The average  $\delta^{13}\text{C}$  values for the total plankton are:  $-25,4 \pm 1,2\%$  (n=6) (Baía do Rio Itaqueri);  $-24,6 \pm 1,6\%$  (n=6) (Ponto Intermediário) and  $-25,7 \pm 1,2\%$  (n=6) (Baía do Ribeirão do Lobo); the average  $\delta^{13}\text{C}$  value for the periphyton is  $-26,2 \pm 2,3\%$  (n=4) for all sampling sites.

C/N ratios of various samples were also determined; since they showed great variability, they were not used as an organic matter tracer.

In order to use  $^{13}\text{C}$  measurements to quantify the contribution of each source of organic carbon to the sediments in this study area it is necessary, in parallel, to evaluate the biomass production in the system as well as to measure "in situ" organic matter decomposition rates. Through this set of experiments it should be possible to evaluate how much organic carbon from each source is indeed incorporated in the sediments. An alternative technique would be the use of an extra isotope or other type of tracer.

## INTRODUÇÃO

A diferença existente entre os teores de carbono-13 de materiais orgânicos tem sido usada para traçar o fluxo do carbono numa grande variedade de ambientes (NISSEMBAUM & KAPLAN, 1972; RAU, 1978; LAZERT, 1983). Neste sentido, a matéria orgânica do sedimento pode ser identificada quanto à sua origem autóctone ou alóctone, e a contribuição relativa das diferentes fontes para este compartimento pode também ser estimada.

Estudos deste tipo são importantes por fornecerem subsídios para um melhor entendimento do ciclo global do carbono em sistemas aquáticos, além de contribuírem para a compreensão da ciclagem de muitos elementos inorgânicos que se associam à matéria orgânica (NRIAGU et al., 1982). STILLER (1977) enfatiza ainda que estudos desta natureza são importantes porque a presença de matéria orgânica autóctone é uma indicação valiosa do estado trófico de muitos lagos.

Vários métodos podem ser utilizados na identificação de fontes de matéria orgânica para sedimentos lacustres, e entre eles a técnica da determinação da razão C/N tem sido a mais empregada (NRIAGU et al., 1982; LAZERT, 1983). Po

rém este último autor aponta uma séria desvantagem do uso deste método: a razão C/N não se mantém constante durante os processos diagenéticos do sedimento, o que dificulta a identificação das fontes mesmo que elas sejam individualmente bem caracterizadas.

Levando-se em consideração a importância da identificação e quantificação das diversas fontes de carbono orgânico para o sedimento de sistemas lacustres, um estudo deste tipo foi realizado na parte sul da Represa do Lobo, um sistema artificial mesooligotrófico (TUNDISI, 1977) localizado entre Brotas e Itirapina (SP). Os objetivos principais consistem na identificação das fontes autóctones e alóctones da matéria orgânica do sedimento através da técnica da determinação da composição isotópica (razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) das várias fontes prováveis, estimando a contribuição relativa de cada uma delas. As razões C/N também são determinadas nos diversos tipos de materiais e no sedimento para efeito de comparação.

## ÁREA DE ESTUDO

A parte sul da Represa do Lobo apresenta um litoral extenso, onde se desenvolve um grande número de macrófitas aquáticas (aproximadamente 60 espécies - ESTEVES, com. pess.). Estas plantas funcionam como uma malha retentora de nutrientes carregados pelos rios e observa-se tendência à de composição no início da estação fria (maio-junho), o que contribui muito para o enriquecimento da água em íons (TUNDISI, 1977).

Foram demarcados cinco pontos de amostragem nesta parte da Represa (Fig. 1): Rio Itaqueri (1), Baía do Rio Itaqueri (2), Ribeirão do Lobo (3), Baía do Ribeirão do Lobo (4) e Ponto Intermediário (5), cada um deles apresentando características particulares.

Um grande "stand" de macrófitas aquáticas se de-

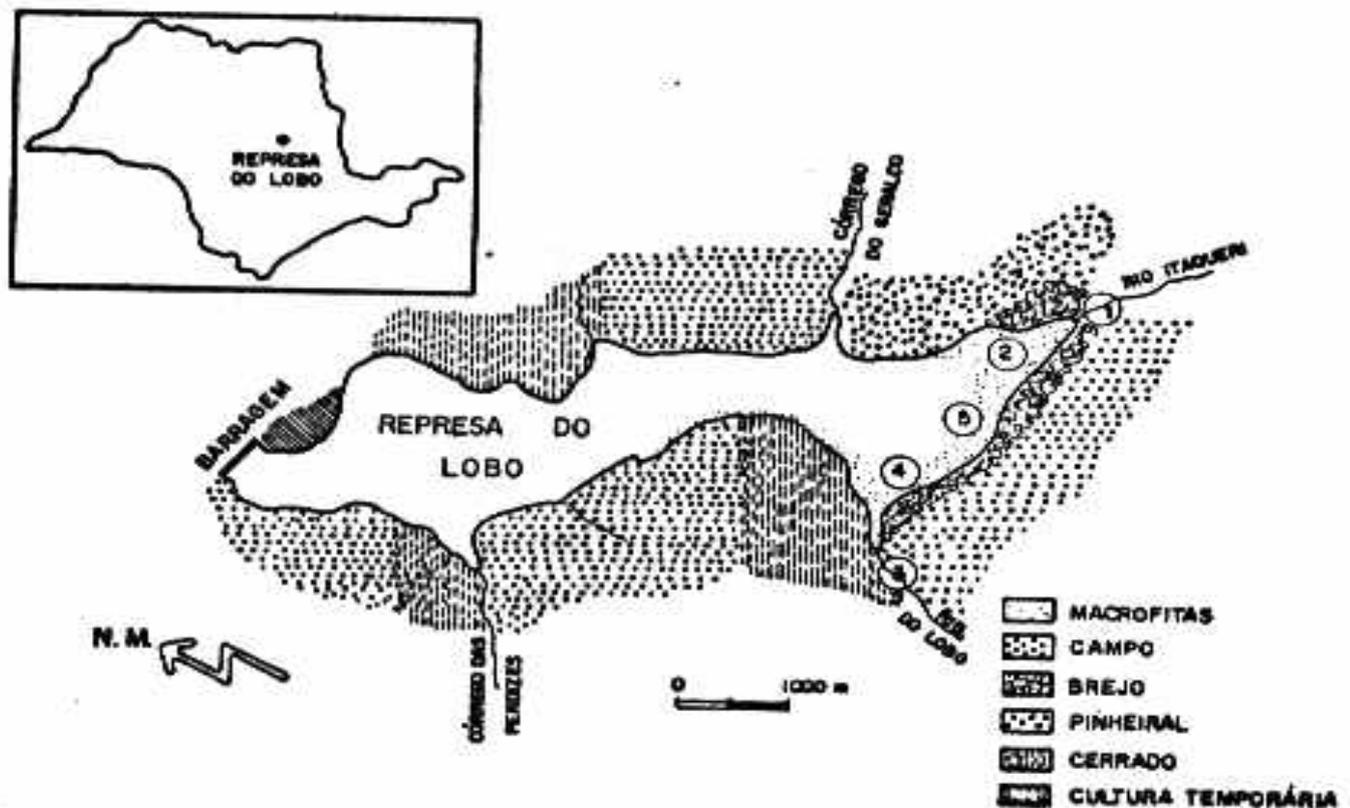


Figura 1 - Esquema da Represa do Lobo mostrando a vegetação circundante, os principais rios e os pontos de amostragem. (modificado de BARBIERI, 1984)

senvolve na Baía do Rio Itaqueri, formado principalmente por *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, *Pontederia cordata* L. e *Nymphaea ampla* L., enquanto que gramíneas são pouco abundantes. Ao longo das margens do rio a vegetação terrestre é bem desenvolvida e ao lado da represa existe uma grande área de cultivo de pinheiros.

Em direção à baía do Ribeirão do Lobo, as gramíneas começam a se destacar. No Ponto Intermediário elas se distribuem em extensas faixas, do brejo em direção à terra firme. A declividade do local facilita o aporte de fragmentos vegetais das gramíneas de campo, permitindo que a água de escoamento superficial traga para a Represa matéria orgânica produzida fora dela. Existe ainda nesta área, uma grande quan-

tidade de *N. indíca* e *N. ampla*. Ao longo das margens do Ribeirão do Lobo a vegetação terrestre é representada por uma mata ciliar característica da região, e em sua baía dominam gramíneas de brejo além da espécie aquática *N. ampla*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas dez amostragens mensais, de abril de 1985 a março de 1986 para coleta de plantas, plâncton total, perifiton, água e sedimento (primeiros cinco centímetros, que representam o material mais recentemente depositado).

Plâncton, perifiton, macrófitas aquáticas, sedimento e material em suspensão foram analisados quanto ao teor de carbono orgânico e nitrogênio orgânico total, e quanto à composição isotópica de carbono-13.

Macrófitas aquáticas e perifiton foram coletados manualmente. Para a coleta do sedimento foi utilizado o coletor citado por AMBÜHL & BÜHRER (1975) e modificado por ESTEVES (em preparação) e para a coleta do material em suspensão foram instalados coletores fixos, de malha menor que 1 mm em locais situados acima da desembocadura dos rios. Para a obtenção do plâncton foram filtrados cerca de 3.000 litros de água em rede de 20  $\mu$ , com o auxílio de uma bomba de sucção.

As amostras foram secas em estufa, moídas e homogeneizadas (foi utilizada a fração menor que 60 mesh) antes das análises. Para remoção de carbonatos o sedimento foi anteriormente lavado com solução de HCl 0,05N.

A concentração de nitrogênio total por peso seco de material foi obtida pelo método de KJELDAHL, e a de carbono total (também por peso seco de material), pelo método da oxidação com dicromato em meio sulfúrico (EMBRAPA, 1979).

Para as análises isotópicas, as amostras foram isoladas do ar em ampolas de vidro com óxido de cobre (CuO) em

linha de vácuo apropriada, para remoção do  $\text{CO}_2$  atmosférico. A combustão destas ampolas ( $600^\circ\text{C}$  por 12 horas) é realizada para oxidar totalmente a matéria orgânica que passa a  $\text{CO}_2$  e água. Este  $\text{CO}_2$  gasoso é então purificado criogenicamente, sendo posteriormente injetado em espectrômetro de massa (MICROMASS 602E) para a análise da concentração de carbono-13. Os resultados foram dados em partes por mil, com relação ao padrão PDB (*Belemnitella americana* ‰, PDB).

Foram coletados ainda alguns perfis de sedimento para a verificação de prováveis variações nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  com a profundidade.

Amostras de água dos três pontos na represa foram coletadas para análise de clorofila por espectrofotometria segundo o método descrito por GOLTERMAN et al. (1978).

## RESULTADOS

As principais espécies de macrófitas aquáticas formadoras do "stand" que se estende de modo contínuo na parte sul da Represa (*N. indica*, *N. ampla* e *P. cordata*) e as gramíneas de brejo que aí se desenvolveram (aproximadamente 21 espécies) (SOUZA et al. (no prelo)) foram consideradas fontes autóctones significativas para o sedimento, enquanto que o material orgânico particulado em suspensão carregado pelos rios e os fragmentos de gramíneas de campo (aproximadamente 15 espécies) foram considerados fontes alóctones.

A Tab. 1 mostra os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e a razão C/N para cada uma destas fontes.

Os resultados apresentados na Tab. 1 indicam valores significativamente distintos de  $\delta^{13}\text{C}$  para as diferentes fontes em cada sub-região de amostragem, o que permite, em uma primeira análise, a utilização desta técnica na identificação e quantificação de cada uma no sedimento. Os valores da razão C/N, por outro lado, apresentaram uma variabilidade muito alta. Isto pode ser observado por exemplo, no



caso do material em suspensão carregado pelo Rio Itaqueri que apresentou uma variação de quase 80%.

O plâncton total e o perifíton não se mostraram significativos em termos quantitativos. Isto foi evidenciado pelas baixas concentrações de clorofila na água (valores entre 0,038 e 0,340  $\mu\text{g}/\text{l}$ ) e pela ausência de quantidade suficiente de perifíton para as análises durante a maior parte do ano. A Tab. 2 mostra os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e da razão C/N para estes dois tipos de comunidades, embora estes resultados não tenham sido considerados na análise da contribuição relativa. Apesar de não terem sido realizadas análises de carbono e nitrogênio para o plâncton, no perifíton os valores variaram muito levando a um desvio padrão muito alto para a razão C/N.

Tabela 2 - Razão C/N (g/g) e valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰, PDB) para o perifíton e  $\delta^{13}\text{C}$  (‰, PDB) para o plâncton total (médias do período de estudo. n = número de amostras analisadas)

	Plâncton Total		Perifíton	
	$\delta^{13}\text{C}$		C/N	$\delta^{13}\text{C}$
Baía do Rio Itaqueri	-25,4 ± 1,2 (n= 6)			
Ponto Intermediário	-24,6 ± 1,6 (n= 6)	8,5 ± 4,8 (n= 3)	-26,2 ± 2,3 (n= 4)	
Baía do Ribeirão do Lobo	-25,7 ± 1,2 (n= 6)			

A Tab. 3 traz os valores médios da razão C/N e do  $\delta^{13}\text{C}$  encontrados para os sedimentos dos diversos pontos de amostragem e a Fig. 2 mostra como estes últimos variaram ao longo do tempo.

Tabela 3 - Médias da razão C/N (g/g) e de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰, PDB) da camada superficial do sedimento dos diversos pontos de amostragem, coletadas durante o período de estudos. n = número de amostras analisadas

	C/N	$\delta^{13}\text{C}$
Rio Itaqueri	15,1 ± 3,3 (n= 2)	-24,1 ± 0,6 (n= 6)
Baía do Rio Itaqueri	45,6 ± 46,5 (n= 8)	-24,0 ± 0,7 (n= 8)
Ponto Médio	17,4 ± 9,9 (n= 9)	-16,4 ± 0,7 (n= 8)
Baía do Ribeirão do Lobo	17,8 ± 17,4 (n= 10)	-17,5 ± 1,9 (n= 8)
Ribeirão do Lobo	91,3 ± 71,5 (n= 2)	-24,5 ± 0,4 (n= 5)

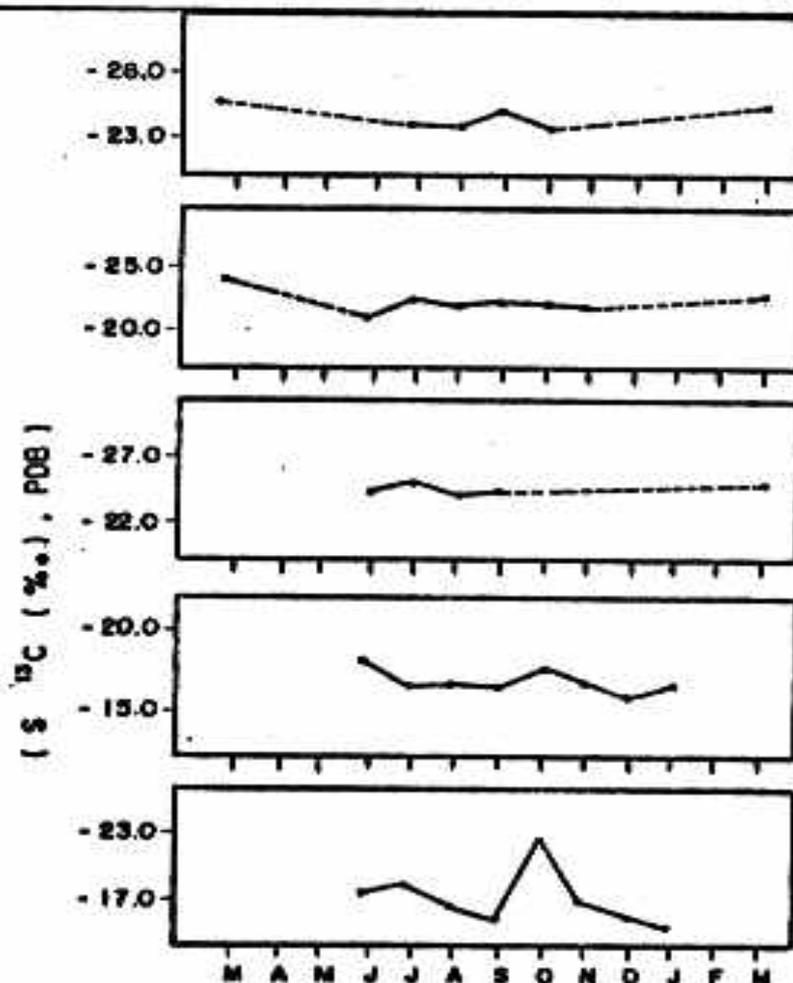


Figura 2 - Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (‰, PDB) da camada superficial do sedimento dos pontos de amostragem: Rio Itaqueri, Baía do Itaqueri, Ribeirão do Lobo, Ponto Intermediário e Baía do Ribeirão do Lobo, respectivamente.

Novamente nota-se uma forte constância nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  quando comparados aos da razão C/N indicando mais uma vez a inviabilidade do uso destes últimos num estudo de contribuição relativa de fontes orgânicas para o sedimento.

Dos perfis de sedimento analisados até a profundidade de 20 cm, apenas um apresentou variação sistemática com a profundidade. Neste perfil os valores obtidos mostram um leve enriquecimento em carbono-13 com o aumento da profundidade (Tab. 4).

Tabala 4 - Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nas quatro frações de um testemunho de sedimento obtido no Ponto Intermediário em abril de 1984.

Intervalo de Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰, PDB)
0 - 5	-17,92
5 - 10	-17,15
10 - 15	-16,28
15 - 20	-15,93

## DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Tab. 1, a área de estudos é caracterizada por uma, relativamente significativa, multiplicidade de fontes prováveis de carbono orgânico para os seus sedimentos, principalmente no que diz respeito às fontes autóctones. O único "stand" de macrófitas aquáticas que apresenta dominância de uma espécie é o da Baía do Ribeirão do Lobo (*N. ampla*), com um valor médio de  $\delta^{13}\text{C} = -15,3\text{‰}$  (n=6). Os outros pontos de amostragem apresentam três espécies (Baía do Rio Itaqueri): *P. cordata* com  $\delta^{13}\text{C} = -27,1 \pm 0,6\text{‰}$  (n=5), *N. indiaa* com  $\delta^{13}\text{C} = -25,6 \pm 0,6\text{‰}$  (n=5)

e *N. ampla* com  $\delta^{13}\text{C} = -15,3 \pm 0,4\text{‰}$  ( $n=6$ ) e duas espécies (Ponto Intermediário): *N. indica* com  $\delta^{13}\text{C} = -25,0 \pm 0,6\text{‰}$  e *N. ampla* com  $\delta^{13}\text{C} = -15,3 \pm 0,4\text{‰}$ . O primeiro "stand" é dominado pela *N. indica* enquanto que o segundo há um equilíbrio entre as duas espécies citadas. A Baía do Ribeirão do Lobo e o Ponto Intermediário são por outro lado caracterizados pela presença de gramíneas, tanto de brejo quanto de campo circundante, que são muito abundantes (significativa ocorrência). Para estes dois pontos (ver Tab. 1), todas as espécies de gramíneas que lá ocorrem foram identificadas e têm a seguinte distribuição: 14 (quatorze) espécies  $\text{C}_4$  com um  $\delta^{13}\text{C}$  médio de  $-12,9 \pm 0,9\text{‰}$  e 7 (sete) espécies  $\text{C}_3$  com um  $\delta^{13}\text{C}$  médio de  $-25,7 \pm 1,1\text{‰}$ . No campo circundante foram identificadas 14 (quatorze) espécies  $\text{C}_4$  ( $\delta^{13}\text{C} = -13,2 \pm 0,8\text{‰}$ ) e apenas uma  $\text{C}_3$  ( $\delta^{13}\text{C} = -28,3\text{‰}$ ) (SOUZA et al., no prelo).

As baías do rio Itaqueri e do Ribeirão do Lobo têm como fonte alóctone provável, o material em suspensão transportado por estes cursos d'água que representa as suas bacias de drenagens de uma forma integrada, daí possuírem um  $\delta^{13}\text{C}$  médio, homogêneo e similar, de  $-25,2 \pm 1,1$  e  $-25,7 \pm 1,0\text{‰}$  respectivamente.

Outras fontes prováveis de carbono orgânico para os sedimentos tais como o plâncton total e o perifíton, apesar de terem características isotópicas distintas entre si e entre os diferentes pontos de coleta (ver Tab. 2), têm contribuições não significativas considerando-se, as baixas concentrações de clorofila existentes na água e ausência de perifíton, respectivamente.

O valor médio da concentração de carbono-13 obtido neste estudo concorda com os dados obtidos por LAZERT e SLADOS (1982) para macrófitas submersas de clima temperado. Segundo estes autores, as plantas aquáticas seguem caracteristicamente o ciclo  $\text{C}_3$  de fixação de carbono para a fotossíntese, apresentando valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  um pouco superiores ao das plantas terrestres que se utilizam desta via.

Entre as gramíneas, o ciclo  $\text{C}_4$  é o mais freqüente.

Nesta via fotossintética a discriminação isotópica é menor, ficando o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  destas plantas ao redor de  $-13,0\text{‰}$ . No entanto, estudos fisiológicos mais recentes (MEDINA et al., 1976; KLINK, 1986; SOUZA et al., no prelo) têm mostrado que muitas espécies que se distribuem em ambientes sombreados ou muito úmidos apresentam ciclo  $\text{C}_3$ , com valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  ao redor de  $-26,0\text{‰}$ . Como no caso da Represa do Lobo existe uma predominância de tipos  $\text{C}_4$  no campo circundante, o  $\delta^{13}\text{C}$  médio dos fragmentos vegetais que chegam às águas do Ponto Intermediário e da Baía do Ribeirão do Lobo reflete esta situação. No brejo, as espécies  $\text{C}_3$  são mais comuns que no campo, mas as do tipo  $\text{C}_4$  também ocorrem em alta frequência (SOUZA et al., no prelo).

Assumindo-se que a maioria das plantas superiores segue o ciclo  $\text{C}_3$ , era de se esperar que o material orgânico particulado carregado pelos rios tivesse um valor de  $\delta^{13}\text{C}$  bem próximo da média  $-26,0\text{‰}$  (este valor foi diretamente assumido como o das fontes autóctones por LAZERT, 1983). Tanto no Rio Itaqueri quanto no Ribeirão do Lobo, os valores encontrados para este material foram bem próximos do valor médio:  $-25,2$  e  $-25,7\text{‰}$  respectivamente (ver Tab. 1).

A impossibilidade de se aplicar um balanço de massa isotópica para quantificar as diferentes contribuições das fontes de carbono para o sedimento se deve ao fato de que mais de duas fontes concorrem para tal na área de estudos. A composição isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  do sedimento (isto é, de seu carbono orgânico total) é, no presente caso, o resultado da integração de várias fontes autóctones (representadas pelos diferentes tipos de macrófitas e gramíneas de brejo) e muito provavelmente por duas fontes alóctones (material terrestre carregado pelos rios e fragmentos de gramíneas trazidos pelo escoamento superficial). Para o caso da Baía do Rio Itaqueri três espécies de macrófitas aquáticas, que apesar de serem isotopicamente distintas, inviabilizam a quantificação da contribuição de cada uma, uma vez que se dispõe apenas de dados de um tipo de isótopo, o carbono-13. O Pon-

to Intermediário se apresenta um pouco mais complexo pois possui "stands" com dois tipos de macrófitas aquáticas e as gramíneas  $C_3$  e  $C_4$  tanto na área de brejo e como no campo adjacente. Mais uma vez, como pode ser verificado na Tab. 1, as fontes prováveis são todas isotopicamente distintas. Situação semelhante se repete no ponto de coleta denominado Baía do Ribeirão do Lobo.

Como esclarecido por MARTINELLI et al. (este volume), "onde existem mais de duas fontes de carbono, não se pode precisar a proporção relativa de cada uma das fontes no produto somente com o uso do  $\delta^{13}C$ . Será preciso o uso de um segundo isótopo ou algum outro traçador para que se possa distinguir uma fonte da outra e identificá-las no produto" (i.e., o sedimento).

Apesar das dificuldades analisadas acima, algumas considerações importantes podem ser delineadas para o presente estudo, visando explicar os valores de  $\delta^{13}C$  obtidos para os sedimentos analisados que constam da Tab. 3. Os sedimentos superficiais (camada de até 5 cm) da Baía do Rio Itaqueri ( $\delta^{13}C = -24,1 \pm 0,6\%$ ) tanto refletem a fonte alóctone (material suspenso do rio Itaqueri com  $\delta^{13}C = -25,2 \pm 1,1\%$ ) como a principal fonte autóctone (a macrófita aquática *N. indica* com  $\delta^{13}C = -25,6 \pm 0,6\%$ ). São no entanto, em média, mais positivos que ambas, o que pode ser o reflexo da contribuição de uma fonte que tenha uma composição de carbono-13 maior, que no presente caso, seria o "stand" da macrófita *N. ampla*, que na área é tida como uma espécie de baixa ocorrência. Há uma similaridade isotópica muito grande entre os sedimentos de fundo do rio Itaqueri ( $\delta^{13}C = -24,1 \pm 0,6\%$ ) e os da represa ( $\delta^{13}C = -24,0 \pm 0,7\%$ ) (ver Tab. 3). No primeiro caso provavelmente há a participação de gramíneas  $C_4$  (grande ocorrência nas margens do rio Itaqueri) como "fonte autóctone" em vez do "stand" de macrófitas aquáticas que existe nesta parte do rio (que sofre algum efeito de represamento) e que é constituído pela espécie *P. cordata* com um  $\delta^{13}C$  médio de apenas  $-27,1 \pm 0,6\%$  (ver Tab. 1).

Os outros dois pontos de amostragem, o Ponto Intermediário e a Baía do Ribeirão do Lobo, têm sedimentos mais positivos e próximos entre si, em termos de valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$ . Os valores de  $-16,4 \pm 0,7\%$  (Ponto Intermediário) e  $-17,5 \pm 1,9\%$  (Baía do Ribeirão do Lobo) são significativamente maiores que o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  encontrado tanto para os sedimentos suspensos do rio ( $-25,4 \pm 1,0\%$ , ver Tab. 1) como para os seus sedimentos de fundo ( $-24,5 \pm 0,4\%$ , ver Tab. 3) coletados em um ponto que dista cerca de 600 m à montante de sua foz na represa do Lobo. Aqui também pode-se recorrer à contribuição de gramíneas  $\text{C}_4$  para justificar os valores em média mais positivos dos sedimentos suspensos (que mais refletem a bacia hidrográfica do rio e não uma situação mais local do ponto de coleta). Os valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  dos sedimentos de fundo dos dois pontos mencionados refletem, sem dúvida, o significativo papel das gramíneas  $\text{C}_4$  tanto do brejo como do campo circundante na formação dos mesmos (o que distingue da Baía do Rio Itaqueri). O  $\delta^{13}\text{C}$  médio mais positivo do Ponto Intermediário reflete a fonte alóctone representada pelas gramíneas  $\text{C}_4$  do campo circundante que têm seus fragmentos trazidos para a represa via escoamento superficial durante as chuvas; em média o  $\delta^{13}\text{C}$  dos sedimentos da Baía do Ribeirão do Lobo é mais negativo refletindo provavelmente a contribuição o carbono orgânico da bacia de drenagem que predominantemente é constituído por fragmentos de plantas  $\text{C}_3$  (plantas superiores).

O emprego da composição de  $\delta^{13}\text{C}$  na quantificação relativa das diferentes fontes que formam os sedimentos da área de estudos (região litorânea da parte sul da represa do Lobo) somente seria possível se tais medidas fossem acopladas a experimentos de avaliação da produção de biomassa e de determinação "in situ" da taxa de decomposição dos diferentes materiais orgânicos encontrados na área. Neste caso, saber-se-ia o quanto cada fonte produz, e desta produção, quanto é realmente incorporado ao sedimento. Ai então seria possível fazer cálculos de balanço de massa isotópico ape-

nas empregando as fontes mais significativas. Isto torna desnecessário lançar mão de um segundo isótopo ou de outro traçador qualquer.

Embora a razão C/N venha sendo muito empregada na identificação de fontes de matéria orgânica em ecossistemas lacustres, neste estudo o emprego desta razão seria inviável, dado que os seus valores variaram muito no sedimento dos pontos amostrados. Os valores obtidos para este compartimento na maior parte das vezes, não se relacionaram com os das fontes prováveis, sendo que, mesmo a caracterização de cada fonte não foi satisfatória. Assim, na Baía do Itaqueri por exemplo, a razão C/N do sedimento variou entre 136 e 8, enquanto que a fonte alóctone apresentou valores entre 18 e 79 e a fonte autóctone apresentou um valor aproximado de 26. Na Baía do Ribeirão do Lobo e no Ponto Intermediário esta situação se repetiu, o que realmente limitou o uso desta técnica para que se pudesse chegar a conclusões mais confiáveis. Esta grande variação da razão C/N, conforme já foi enfatizado, provavelmente é resultado dos processos de decomposição da matéria orgânica.

Como este e outros estudos demonstraram, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  se mostram mais constantes e aparentemente não sofrem alterações devido aos processos de decomposição da matéria orgânica. Apenas um dos testemunhos analisados (Ponto Intermediário - Tab. 4) mostrou um leve enriquecimento em função da profundidade (cerca de 2‰). Entretanto, em função do ambiente estudado e provavelmente da idade do sedimento, bem como da história de sua formação, enriquecimentos mais significativos podem ocorrer. Isto foi verificado por MOZETO & NOGUEIRA (dados não publicados) no solo (em um único perfil) de uma formação florestal de cerrado próximo à represa do Lobo, onde a matéria orgânica total apresentou um enriquecimento de  $\delta^{13}\text{C}$  da ordem de 9‰ em 50 cm de profundidade. Uma das hipóteses levantadas por vários pesquisadores (dentre eles P. Fritz - Universidade de Waterloo, Canadá - Comunicação Pessoal) diz respeito à sucessão de diferentes

reservatórios de carbono, i.e., um pré-existente, de plantas  $C_4$ , e um mais recente, de plantas  $C_3$ . A mistura progressiva destes reservatórios estaria acarretando este perfil de  $\delta^{13}C$  (tanto do sedimento da represa como no solo da floresta de cerrado citada acima). No entanto, poder-se-ia postular que, estes perfis seriam o resultado de alterações pós-deposicionais (i.e., processos de decomposição da matéria orgânica que levaria ao enriquecimento em  $\delta^{13}C$  do carbono remanescente).

A questão acima, preliminarmente apresentada, é de grande controvérsia pois tais hipóteses ainda não foram verificadas e também porque STILLER (1977) reporta dados de perfis de sedimento de lagos com tendência contrária àquela aqui verificada. No entanto, para o presente estudo esta variação não se constitui num problema, pois trabalhou-se sempre com a fração do sedimento recentemente repositada (a mais superficial possível, livre de contaminações de camadas mais profundas) e portanto, muito provavelmente, livre de qualquer alteração pós-deposicional. A datação dos sedimentos através do uso do carbono-14 poderá trazer luz necessária para a solução da presente questão.

Concluindo, pode-se afirmar que o uso da composição de carbono-13 dos diferentes materiais orgânicos encontrados na parte sul da represa do Lobo (SP) possibilitou caracterizar as principais fontes potenciais (autóctones e alóctones) de carbono orgânico para os sedimentos do citado ecossistema. Tais fontes são: macrófitas aquáticas (três espécies dominantes em diferentes "stands" de cada ponto de amostragem), gramíneas de brejo (21 espécies) e de campo (15 espécies) e material em suspensão transportados pelos cursos d'água, formadores da parte estudada da represa.

Devido à ocorrência de mais de duas fontes potenciais não foi possível avaliar a contribuição relativa de cada uma na composição dos sedimentos devido ao uso de apenas um isótopo como traçador. Os valores da razão C/N também não se prestaram a este fim, pois apresentavam alta va-

riação. Tal avaliação poderia ser efetuada para a área de estudo se fossem medidas a produção de biomassa (espacial e temporalmente) bem como a taxa de decomposição "in situ" da matéria orgânica dos diferentes materiais. Sugere-se também o uso concomitante de outro isótopo ou outro traçador qualquer.

A contribuição do plâncton total e do perifiton como fontes autóctones provavelmente não é significativa, pois as concentrações de clorofila no local são baixas e o perifiton esteve praticamente ausente durante o período de estudos (um ano).

O estudo mostrou também que as gramíneas da área têm papel significativo na formação do carbono orgânico dos sedimentos da região litorânea estudada.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBÜHL, H. & BÜHRER, H. Zur technik der Entnahme ungestörter grossproben von seesedimenten: ein verbessertes Bohrlot Schwerz. *Z. Hydrobiol.*, 37: 175-86, 1975.
- BARBIERI, R. *Estudo da composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas e suas implicações no metabolismo da Represa do Lobo (Broa), SP.* São Carlos, SP, UFSCar, 1984. 255p. (Dissertação)
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo.* Parte 2, método 2.2. Rio de Janeiro-RJ, SNLCS, 1979.
- GOLTERMAN, M.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for chemical analysis of freshwater.* Oxford, Blackwell, 1978. (Handbook, 8)
- KLINK, C.A. *Estudo comparativo entre gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> de sítios sombreados e abertos. Aspectos Ecológicos.* Campinas, SP. UNICAMP, 1986. 120p. (Dissertação)

- LAZERT, B.D. Stable carbon isotop ratios: implications for the source of sediment carbon and for phytoplankton carbon assimilation in Lake Mempheremagog, Quebec. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1658-66, 1983.
- LAZERT, B.D. & SLADOS, E. Stable carbon isotop ratio of submerged freshwater macrophytes. *Limnol. Oceanogr.*, 27 (3): 413-8, 1982.
- MEDINA, E.; BIFANO, T.; DELGADO, M. Diferenciación fotosintética en plantas superiores. *Interciencia*, 1 (2): 96-104, 1976.
- NISSEMBAUM, A. & KAPLAN, I.R. Chemical and isotope evidence for the in situ origin of marine humic substances. *Limnol. Oceanogr.*, 17 (4): 570-82, 1972.
- SOUZA, M.H.A.O.; NOGUEIRA, F.M.B.; MOZETO, A.A.; VICTÓRIA, R.L. Identificação de gramíneas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> e sua distribuição segundo o gradiente hídrico na região perimetral da Represa do Lobo. (*R. Bras. Bot.* - no prelo)
- NRIAGU, J.R.; WONG, H.K.T.; COKER, R.D. Deposition and chemistry of pollutant metals in lakes around the smelters at Sudbury, Ontario. *Environ. Sci. Technol.*, 16: 551-60, 1982.
- RAU, G. Carbon-13 depletion in a subalpine lake: carbon flow implications. *Science*, 201: 901-2, 1978.
- STILLER, M. Origin of sedimentation components in lake Kinneret traced by their isotropic composition. In: GOLTERMAN, H.L., ed. *Interactions between sediments and fresh water*. The Hague, Netherlands, W. Junk, 1977. p. 57-64.
- TUNDISI, J.G. Produção primária, "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossis-

*tema lacustre artificial (Represa do Lobo, São Carlos).*  
Ribeirão Preto, SP. Dep. Biologia, 1977. 409p. (Te  
se de Livre-Docência).

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao pesquisador Luis Antonio Martinelli e Dr. Reynaldo L. Victória pela revisão em conteúdo do trabalho. À FAPESP (processo nº 86/0536-9) e ao CNPq (processo nº 40.2209/85-ZO) pelos auxílios concedidos a A.A.M. e bolsa de iniciação científica concedida à coautora. Agradecem também aos técnicos da Divisão de Ciências Ambientais do CENA-USP, Piracicaba (SP), pelas realizações das análises isotópicas.

#### ENDEREÇO DOS AUTORES

MOZETO, A.A. e NOGUEIRA, F.M.B.  
Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Química  
13560 São Carlos - SP

ESTEVES, F.A.  
Universidade Federal de São Carlos  
Departamento de Ciências Biológicas  
Laboratório de Limnologia  
13560 São Carlos - SP