

TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA, CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO, FÓSFORO E FEOPIGMENTOS NO SEDIMENTO DE ALGUNS ECOSISTEMAS LACUSTRES DO LITORAL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

ESTEVES, F.A.; SUZUKI, M.S.; CALLISTO, M.F.P. & PERES-NETO, P.R.

Resumo:

Perfis verticais ("cores") de sedimento foram coletados em 18 lagoas localizadas no município de Linhares, região do baixo rio Doce, em 1986. Foi estudado o sedimento das lagoas Juparanã, Nova, Palmas, Palminhas, Durão, Aviso, Meio, Aguiar, Dentro e Sabiá, localizados sobre a Formação Barreiras e as lagoas Cacimba, Parda, Suruaca, Zacharias, Bonita e Machado na planície deltaica quaternária. Os perfis foram analisados quanto aos teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio orgânico, fosfato disponível e feopigmentos, que mostraram uma grande variação, nos valores entre as lagoas estudadas. De forma geral, as lagoas da planície quaternária apresentaram valores mais baixos em relação às lagoas localizadas sobre a Formação Barreiras.

Para simplificar as informações obtidas a partir da análise dos compostos químicos, utilizou-se a técnica de Análise de Componentes Principais. Esta gerou grupos de lagoas distintos quanto aos teores dos diferentes componentes do sedimento, contudo não permitiu a diferenciação destes em sistemas eutrofizados artificialmente e preservados da ação antrópica, indicando que o conhecimento da dinâmica dos sistemas é fundamental na interpretação da natureza dos dados.

Abstract:

"Organic matter content, organic carbon, nitrogen, phosphorus and pheopigments in the sediment of some freshwater lake ecosystems on the coast of the State of Espírito Santo"

Vertical profiles (cores) of sediment were collected in 18 lagoons at the municipality of Linhares, lower Rio Doce region, in 1986. The sediment of the lakes Juparanã, Nova, Palmas, Palminhas, Durão, Aviso, Meio, Aguiar, Dentro e Sabiá, on the Formação Barreiras and the lakes Cacimba, Parda, Suruaca, Zacharias, Bonita e Machado at the quaternary deltaic plain was studied. Organic matter content, organic carbon, organic nitrogen, phosphate available and pheopigments from the profiles were analysed and showed a wide variation amongst the lakes studied. The lakes of the quaternary plain often showed lower figures than those found for the lakes on the Formação Barreiras.

Principal Component Analysis has been used in order to handle the data obtained through the analysis of the chemical components. This technique pointed out for different groups of lakes, grouped according to the content of the different sediment components. However, it did not allow a distinction of these groups in systems artificially eutrophicated and preserved from anthropic interference, which suggests that the knowledge about system dynamics is essential to data interpretation.

Introdução

O sedimento de um ecossistema lacustre pode ser considerado um verdadeiro banco de informações sobre suas características passadas e presentes, pois é o resultado integrado de todos os processos que ocorrem neste e na sua bacia de drenagem (ESTEVES, 1983). Integra, desta forma, informações acerca da geologia, climatologia da região, formas de uso das terras adjacentes e processos internos do ecossistema lacustre, tais como a ciclagem de nutrientes, a sedimentação, produção e decomposição. Assim sendo, perfis de sedimento podem ser importantes instrumentos para diagnosticar impactos antrópicos sobre o metabolismo de ecossistemas lacustres, na medida em que armazenam informações sobre a estrutura das comunidades aquáticas e sobre o funcionamento do ambiente (BARICA, 1987; ESTEVES, 1988).

Além disso, o sedimento pode atuar como fonte interna de nutrientes para a fertilização de ecossistemas lacustres. Em ambientes rasos, os ventos freqüentes promovem turbulência na coluna d'água que, muitas vezes, estende-se até o fundo, revolvendo e ressuspensando o sedimento (RYDING & FORSBERG, 1976).

No Brasil, alguns ecossistemas aquáticos continentais estão submetidos a várias formas de impacto antrópico, destacando-se a eutrofização artificial. Dentre as principais fontes de eutrofização artificial destacam-se os lançamentos de esgotos domésticos e industriais, freqüentemente, sem qualquer forma de tratamento, diretamente nestes ecossistemas. As alterações nas comunidades aquáticas em consequência do processo de eutrofização artificial desenvolvem-se de forma lenta, o que torna necessário lançar-se mão de outros indicadores que levem a diagnósticos mais precisos, não somente das condições ecológicas atuais do ecossistema mas, sobretudo, de condições ecológicas pretéritas.

Pesquisas com este tipo de enfoque tornam-se necessárias principalmente quando se leva em consideração o fato de que os ecossistemas analisados são de grande importância local e regional, especialmente como áreas de lazer, além de representarem fonte potencial de água para abastecimento e irrigação, e alguns deles estão submetidos ao processo de eutrofização artificial.

Esta pesquisa visou analisar perfis de sedimento quanto aos teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total (N-total), fósforo disponível (P-disponível) e feopigmentos e inferir sobre o processo de eutrofização artificial. Para tal, foram coletados perfis verticais em 18 ecossistemas lacustres do Estado do Espírito Santo. Além disso, visou contribuir para o conhecimento ecológico dos sistemas lacustres do baixo Rio Doce (ES) que é um dos mais importantes do sudeste brasileiro.

Área de Estudo

Na região do baixo rio Doce, município de Linhares (ES), ocorre grande número de lagoas naturais, muitas delas formadas a partir de processos de transgressão e regressão marinhas sucessivas (SUGUIO *et al.*, 1982). Dezoito entre elas foram escolhidas para este estudo (Fig. 1).

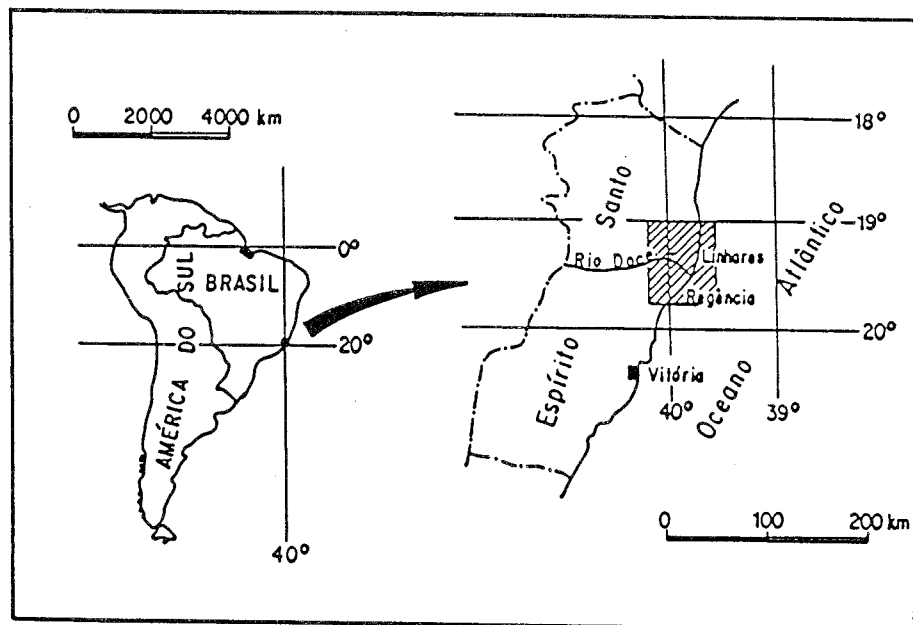


Figura 1: Localização geográfica e mapa da área de estudo (retirado de BOZELLI *et al.*, 1992).

Estas lagoas estão localizadas entre as coordenadas $19^{\circ}05'S$ e $19^{\circ}40'S$ e $39^{\circ}05'W$ e $40^{\circ}20'W$, geologicamente embasadas em rochas pré-cambrianas recobertas por sedimentos terciários da Formação Barreiras e em planícies deltáicas quaternárias (SUGUIO *et al.*, 1982). A classificação de Köppen caracteriza o clima da região como Aw, quente e úmido, apresentando de um a dois meses secos por ano (NIMER, 1977).

As lagoas Meio, Durão, Aviso, Juparanã, Nova, Palminhas, Palmas, Sabiá, Aguiar e Dentro estão cavadas nas camadas terciárias da Formação Barreiras e apresentam margens com grande energia de relevo, formato dendrítico e profundidades médias de 6 m. Dentre estas, as lagoas do Meio e do Aviso estão localizadas no perímetro urbano da cidade de Linhares. As lagoas Suruaca, Bonita, Zacarias, Machado, Piaba, Piabanha, Parda e Cacimbas, localizadas sobre a

planície quaternária caracterizam-se por apresentarem margens planas e rasas e profundidades médias (1,5 m) pequenas. Nas margens destes ecossistemas podem ser encontradas florestas primárias e secundárias, culturas agrícolas, atividade pastoril e habitações, evidenciando alterações das características naturais de sua bacia de drenagem.

Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram retirados perfis de sedimento na região central das lagoas, no ano de 1986. Utilizou-se um coletor de sedimento modificado do modelo proposto por AMBÜHL & BÜHRER (1975), que permite a coleta de perfis em tubos de acrílico com 8cm de diâmetro, sem a mistura das diferentes frações. Cada perfil (entre 30 e 50cm) foi dividido em frações de 5cm, acondicionados em frascos plásticos e congelados à -20°C até o momento do processamento. A secagem do material foi feita à 60°C durante 72 horas, macerado em graal e peneirado em malha de 0,50mm.

As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria orgânica, carbono orgânico, nitrogênio total (N-total), fosfato disponível (P-disponível) e feopigmentos. Os teores de matéria orgânica, foram obtidos através da incineração em forno mufla à 550°C. A determinação dos teores de carbono orgânico e P-disponível foram feitas segundo JACKSON (1958) e AGENIAN & CHAU (1976), respectivamente. O N-total foi determinado segundo o método de KJEDAHN. Para a análise dos teores de feopigmentos, utilizou-se metodologia descrita em ESTEVES & CAMARGO (1981).

Com o objetivo de classificar as lagoas estudadas quanto à concentração dos diferentes compostos analisados no sedimento, visando o estabelecimento de grupos de lagoas em diferentes graus de eutrofização, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACOMP) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). Esta análise assume que um conjunto de variáveis com combinações lineares, pode ser expresso por um menor número de fatores comuns (componentes). A correlação entre as variáveis estudadas foi calculada através do índice de Pearson e efetuando-se uma análise de agrupamento através de ligações simples (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Resultados

A análise individual das amostras de sedimento das 18 lagoas mostrou padrões dos mais variados com relação à distribuição vertical dos teores dos compostos estudados. Contudo, a maior parte das lagoas apresentou o tipo de

padrão homogêneo na distribuição destes compostos (Juparanã, Dentre, Durão, Aguiar, Palmas, Palminhas, Sabiá, Parda, Piaba, Suruaca e Machado (Tab. 1). Com relação à variação nos valores obtidos, o teor de matéria orgânica dos perfis estudados oscilou entre 0,29 e 53,75% de peso seco (PS), carbono orgânico de 0,03 a 22,44%PS, nitrogênio total apresentou variação de 1808 a 17033 ppm, fosfato disponível de 2 a 597 ppm e feopigmentos variou de 0 a 283 $\mu\text{g/gPS}$ (Tab. 1). De forma geral, as lagoas localizadas sobre a planície costeira apresentaram os menores valores para os componentes estudados.

O resultado da análise de componentes principais é apresentado na tabela 2, bem como a correlação de cada variável (matéria orgânica, carbono orgânico, N-total, P-disponível e feopigmentos) com o respectivo componente.

Tabela 1: Valores máximos e mínimos dos teores de matéria orgânica (%P.S.), carbono orgânico (%P.S.), nitrogênio orgânico (ppm), fósforo disponível (ppm) e feopigmentos ($\mu\text{m/gPS}$), das amostras de sedimento nas diversas estações estudadas.

Lagoas	Matéria Orgânica (%P.S.)		Carbono Orgânico (%P.S.)		Nitrogênio Orgânico (ppm)		Fósforo Disponível (ppm)		Feopigmentos ($\mu\text{g/gPS}$)	
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Formação Barreiras do Terciário										
Juparanã	17,96	15,08	3,05	5,81	3908	5016	228	427	11,69	20,57
Nova	6,20	15,10	0,77	2,85	2683	4000	56	185	0,00	19,63
Palminhas	25,75	28,40	8,57	10,56	6416	8325	67	108	153,34	283,30
Palmas	15,83	16,10	0,03	0,73	1808	1925	74	76	0,93	1,87
Dentre	26,94	28,95	9,45	13,15	5250	7175	217	300	20,57	31,79
Sabiá	32,44	53,75	12,13	22,44	2508	7933	24	94	13,56	35,53
Durão	22,89	25,53	6,86	10,84	5600	9683	307	597	27,58	49,09
Aviso	25,93	46,26	8,20	21,04	4550	9391	124	356	85,55	217,85
Meio	19,75	49,60	15,15	20,17	4550	17033	41	314	67,79	140,25
Aguiar	13,19	17,86	3,93	15,16	1925	4958	44	101	7,67	13,09
Planícies Costeiras do Quaternário										
Suruaca	14,92	18,71	1,82	4,31	3033	3962	13	36	2,80	7,48
Bonita	21,44	40,05	8,90	16,02	6314	10059	58	122	12,15	23,37
Zacarias	12,01	25,89	4,51	10,66	315	4958	70	218	9,35	12,15
Machado	24,58	27,68	7,23	12,09	4783	5892	2	7	35,53	47,68
Piaba	19,05	23,65	3,90	6,46	4842	6242	11	44	32,26	39,74
Piabanha	15,53	21,37	1,18	5,86	2508	3617	2	98	0,00	4,67
Parda	0,29	1,52	0,15	2,05	2158	3967	3	4	2,80	4,67
Cacimbas	1,82	4,00	0,60	1,24	2158	2904	2	2	8,41	14,96

O primeiro componente (CP-1), representando 55% da variância total dos dados é fortemente correlacionado com as concentrações de carbono orgânico, N-total e feopigmentos. O segundo componente (CP-2, 22% da variância) representa basicamente a concentração de P-disponível. As diferenças apresentadas entre os componentes, está ligada à baixa correlação entre P-disponível e os demais parâmetros (Fig. 2).

Tabela 2: Coeficiente das variáveis estudadas nos dois primeiros componentes principais. (*) significativa ao nível de $P < 0.001$; (ns) não significativo.

Variáveis	PC-1	r	PC-2	r
Matéria orgânica	0,56	0.93 *	-0,04	-0.04 ns
Carbono orgânico	0,55	0.91 *	-0,05	-0.05 ns
Feopigmentos	0,36	0.60 *	-0,16	-0.20 ns
N-total	0,50	0.83 *	0,07	0.07 ns
P-total	0,07	0.12 ns	0,98	0.98 *

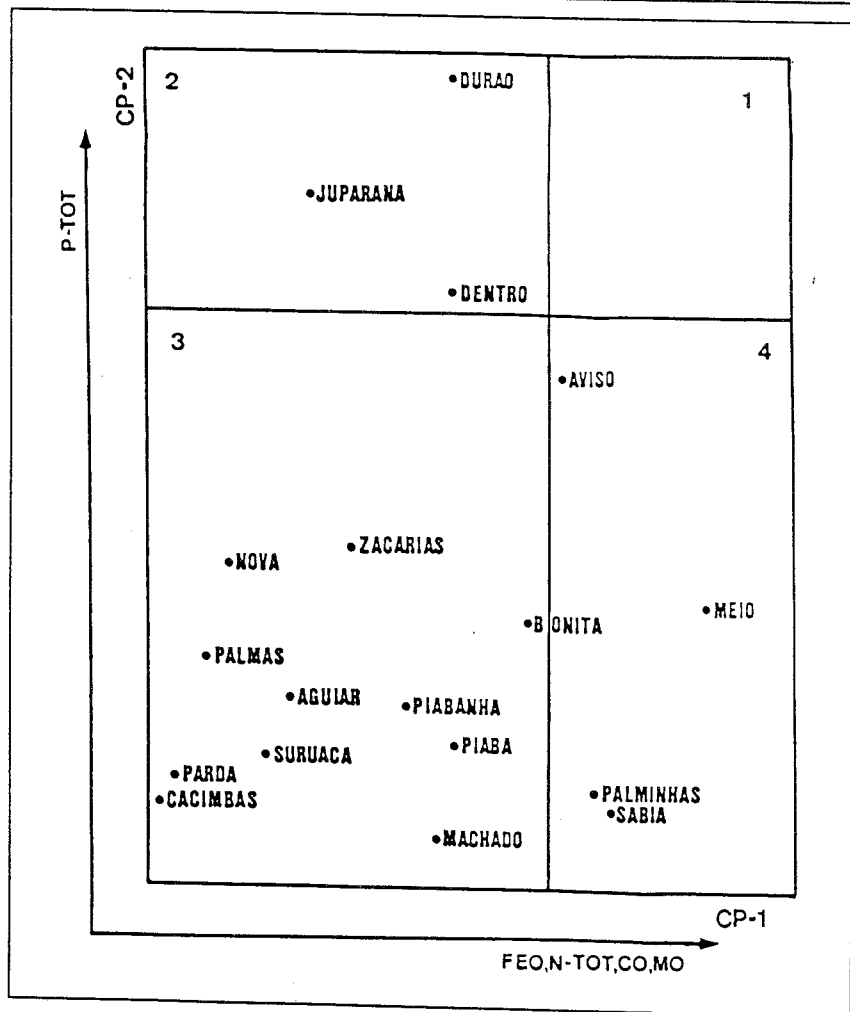


Figura 2: Análise de agrupamento das variáveis estudadas (ligação simples) através do índice de correlação de Pearson.

Discussão

As lagoas aqui estudadas sofrem impacto antrópico em maior ou menor grau, sob as formas de exploração mineral e agropastoril de suas bacias de drenagem e/ou lançamento de esgotos domésticos diretamente em suas águas. Estes impactos acarretam mudanças, muitas vezes drásticas, nas concentrações de nutrientes na coluna d'água, caracterizando o processo de eutrofização artificial, e que resulta em mudanças nos processos físicos, químicos e biológicos, que se refletem no sedimento, como pode ser observado nas lagoas do Aviso e Meio.

Entre as lagoas do grupo 1 (Meio, Palminhas e Sabiá), o sedimento da lagoa do Meio, apresentou os teores médios mais elevados de matéria orgânica, nutrientes e feopigmentos, refletindo o forte nível de ação antrópica a que estão submetidas as lagoas próximas ou no perímetro urbano do município de Linhares, pois recebem diretamente os dejetos produzidos por sua população. O evidente processo de eutrofização artificial provocado pelo lançamento de esgotos domésticos causou aumento na biomassa fitoplanctônica do sistema, fato este que se fez refletir nos elevados teores de feopigmentos encontrados no sedimento (BOZELLI *et al.*, 1992).

Os elevados teores de carbono orgânico e feopigmentos observados no sedimento da lagoa das Palminhas provavelmente se devem às macroalgas Characeae, que povoam as margens desta lagoa, e ao processo de sedimentação dos produtos em decomposição destas que se acumulam nos pontos mais profundos da lagoa, local onde foi coletada a amostra de sedimento. A comunidade fitoplanctônica contribui pouco para o aumento no teor de nutrientes e feopigmentos no sedimento visto a baixa concentração destes compostos medidos na coluna d'água (BOZELLI *et al.*, 1992). Além disso, foi observado que grande parte de sua bacia de drenagem é preservada, mantendo a mata primária, evidenciando que esta lagoa sofre pouca influência antrópica. Assim, é possível que nesta lagoa o processo de eutrofização natural esteja sobrepujando o processo de eutrofização artificial.

Os maiores teores de matéria orgânica e carbono orgânico observados no sedimento da lagoa Sabiá, podem ser atribuídos à drenagem de águas escuras, aparentemente ricas em compostos húmicos, de áreas de restinga adjacentes. As baixas concentrações de nitrogênio orgânico, fosfato disponível e feopigmentos no sedimento indicam que esta lagoa também não sofre influência antrópica.

A exploração agropastoril, ligada principalmente à criação de gado e cultivo de cana-de-açúcar, das áreas de drenagem das lagoas Juparanã, Durão e Dentro (lagoas do grupo 2), provavelmente se refletiu no aumento no aporte de compostos nitrogenados e fosfatados na coluna d'água, elevando os teores destes no sedimento, se comparados às demais lagoas da Formação Barreiras. A maior entrada de nutrientes, aliada ao fato de que estas lagoas são suficientemente rasas (média = 4.0m), favorece a circulação total da coluna d'água e revolvimento

da camada superficial do sedimento. Este fato pode promover maior reciclagem e reaproveitamento dos nutrientes, aumentando a taxa de produção primária e conseqüentemente a sedimentação de feopigmentos.

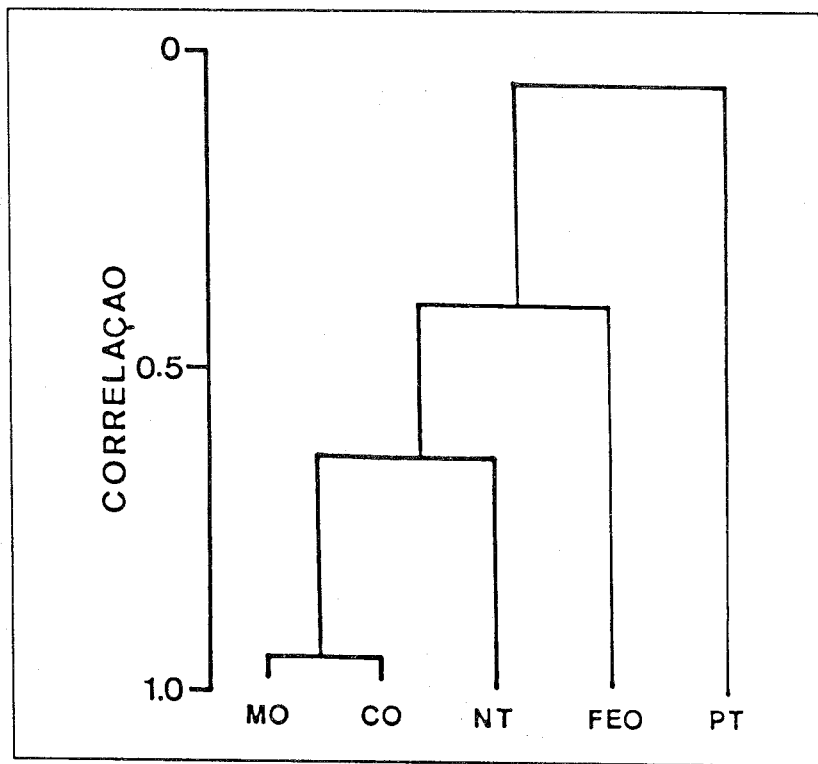


Figura 3: Distribuição das lagoas estudadas nos dois primeiros componentes principais. Quatro grupos foram identificados: (1) com teores elevados de N-total, carbono orgânico, matéria orgânica e feopigmentos; (2) altas concentrações de P-disponível; (3) valores intermediários de todas as variáveis e (4) baixas concentrações de todas as variáveis.

Dentre as lagoas localizadas na planície costeira, a lagoa Bonita foi a única lagoa estudada em área verdadeiramente pantanosa, isto é, de acúmulo de materiais, possibilitando o intenso crescimento de macrófitas aquáticas, fato que explica os maiores teores médios de matéria orgânica e nutrientes no sedimento. Esta, juntamente com a lagoa do Aviso, formam o terceiro grupo de lagoas. A lagoa do Aviso, assim como a lagoa do Meio, localiza-se no perímetro urbano do município de Linhares, recebendo também efluentes "in natura". Os perfis verticais dos compostos analisados apresentaram incremento nas suas concentrações nas

camadas superficiais, evidenciando a crescente entrada de matéria orgânica e compostos fosfatados e nitrogenados no sistema. Isto resultou em aumento na biomassa da comunidade fitoplanctônica, medida em termos de concentração de clorofila-a (BOZELLI *et al.*, 1992) e consequente elevação na concentração de feopigmentos no sedimento.

As lagoas localizadas na planície deltaica, excetuando a lagoa Bonita, formam o quarto grupo, apresentando, em relação às lagoas localizadas na Formação Barreiras, teores médios menos elevados dos compostos estudados, provavelmente devido à origem sedimentar arenosa.

A utilização da análise de componentes principais permitiu gerar um modelo capaz de simplificar a informação contida nos resultados das variáveis estudadas, diferenciando o conjunto de ecossistemas. Contudo, a geração de grupos distintos quanto à composição química do sedimento não possibilitou a diferenciação destes em ecossistemas eutrofizados artificialmente e preservados, uma vez que agrupou lagoas verdadeiramente eutrofizadas artificialmente, como as lagoas do Meio e Aviso, com lagoas pouco ou não impactadas pela ação do homem, como as lagoas Palminhas e Bonita. Este fato evidencia que estes sistemas mantêm uma dinâmica diferenciada entre eles, mas que pode resultar em teores semelhantes dos compostos no sedimento

Bibliografia

- AGEMIAN, H., CHAU, A.S.Y. 1976. Evolution of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. Anal. Chem. 101:761-767.
- AMBÜL, H., BÜHRER, H. 1975. Zur technik der Entnahme ungestörter gossproben von seessedimenten: ein verbessertes Bohrlot. Scweiz. Z. Hydrol. 37:175-186.
- BARICA, J. 1987. Water quality problems associated with high productivity of Prairie lakes: a review. Wat. Qual. Bull. 12(3)
- BOZELLI, R.L., ESTEVES, F.A., ROLAND, F., SUZUKI, M.S. 1992. Padrões de funcionamento das lagoas do baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila-a (Espírito Santo - Brasil). Acta Limnol. Brasil. 4:13-31.
- CHRISTOPHERSEN, N., SEIP, H.M. 1983. Mechanisms and prognosis of freshwater acidification: a modelling approach. In: Ecological effects of acid deposition. National Swedish environment protection board report PM 1636. p.129-144.

- ESTEVES, F.A. 1988. Fundamentos de Limnologia. Interciência/Finep, 575p.
- _____. CAMARGO, A.F.M. 1981. Caracterização de sedimentos de 17 reservatórios do Estado de São Paulo com base nos teores de feopigmentos, carbono orgânico e nitrogênio orgânico. Ciência e Cult. 34(5):669-674.
- JACKSON, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc. 345p.
- JANUS, L.L., VOLLENWEIDER, R.A. 1981. The OECD Cooperative Programme on Eutrophication. Canadian Contribution, NWRI, Canada Centre for Inland Waters, Scientific Series 131, Burlington, Ontario. p.415.
- JONES, R.A., LEE, G.F. 1986. Eutrophication modelling for water quality management: an update of the Wollenweider - OECD model. Wat. Qual. Bull. 11(2):67-74.
- LANDNER, L. 1976. Eutrophication of lakes: causes, effects and means for control. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen. 257p.
- NIMER, E. 1977. Clima. In: Geografia do Brasil - Região Sudeste. IBGE. Vol.3. p. 51-89.
- SCHINDLER, D.W. 1987. Detecting ecosystem response to anthropogenic stress. Can. J. Fish Aquat. Sci., 44:6-25.
- SCHNOOR, J.L., STUMM, W. 1985. Acidification of aquatic and terrestrial systems. In: STUMM, W. (ed.). Chemical processes in lakes. New York, NY. John Wiley and Sons. p.311-377.
- SUGUIO, K., MARTIN, L., SODRIGUES, J.M.L. 1982. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. Simpósio do Quaternário no Brasil, 4. Atas... p. 93-116.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Paris Rep. Organization for Economic Cooperation and Development. 192p. (DAS/CSI/68.27).

Agradecimentos

Os autores são gratos aos colegas do laboratório de Limnologia do Departamento de Ecologia da UFRJ, pelo auxílio nas atividades de campo e laboratório, especialmente à Biól. Celina Ferreira, ao MSc. Reinaldo Bozelli pelas críticas e sugestões ao manuscrito e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Endereços:

ESTEVES, F.A., CALLISTO, M.F.P.

Lab.de Limnol., Depto. Ecologia, Inst. Biologia - Univers. Fed. do Rio de Janeiro
CCS, Bloco A, Ilha do Fundão - CEP 21.940-540, CP. 68.020, Rio de Janeiro, RJ.

SUZUKI, M.S.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais
Universidade Federal de São Carlos - São Carlos, SP.

PERES-NETO, P.R.

Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Depto. Ecologia- Instit. Biologia - UFRJ
CCS, Bloco A - Ilha do Fundão - CEP 21.940-540, CP. 68.020, Rio de Janeiro, RJ.