

DISTRIBUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO FÓSFORO SEDIMENTAR NO SISTEMA ESTUARINO LAGUNAR DE CANANÉIA-IGUAPE, ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

R.L. Barcellos, ⁽¹⁾; G.B.B. Berbel ⁽²⁾; E. de S. Braga ⁽²⁾ & V. V. Furtado ⁽¹⁾

1- Laboratório de Sedimentologia (DOF), Instituto Oceanográfico (USP). Pça. do Oceanográfico, 191. Cidade universitária, São Paulo (SP). CEP: 05508-900. E-mail: rlb@usp e vfurtado@usp.br

2- Laboratório de Química de Nutrientes (DOF), Instituto Oceanográfico (USP). Pça. do Oceanográfico, 191. Cidade universitária, São Paulo (SP). CEP: 05508-900. E-mail:

glauciaberbel@uol.com.br e edsbraga @usp.br

Recebido em 12/03; aceito para publicação em 05/05

ABSTRACT

The present study evaluates the distribution and composition of phosphorus (total (TP), inorganic (IP) and organic (OP)) in sediments of Cananéia-Iguape lagoonal-estuarine system, São Paulo State, Brazil. Higher phosphorus contents are significantly correlated with finer grain size sediments. A clear differentiation between the north and south part of the system was observed. This is related to the dominance of inorganic phosphorus compared to organic, due to a differential riverine material input to the northern part of the estuary. Higher IP contents are directly related to the proximity of terrigenous sources indicated by the weaker correlations between (IP) and (OP, POC, TN and TS). A significant correlation between TN and OP ($r^2 = 0,83$) is derived from the similarity of elemental N and P biogeochemical cycles processes. The sedimentary phosphorus contents presented similar values compared to other world's estuarine environments, that varies from 1,42 to 30,15 $\mu\text{mol/g}$, 0,84 to 20,58 $\mu\text{mol/g}$ and 0,50 to 15,15 $\mu\text{mol/g}$, for total, inorganic and organic phosphorus, respectively. The C/P ratios demonstrate to be just a reasonable parameter for organic matter sources evaluation.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é a avaliação da distribuição e composição do fósforo sedimentar (total (PT), inorgânico (PI) e orgânico (PO)) e sua relação com o carbono, através da razão C/P, no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. Os maiores teores de fósforo apresentaram significativa correlação com sedimentos ricos em conteúdos de pelitos. Foi observada uma clara diferenciação nos percentuais de PO, em relação ao PT, entre o sul e o norte do sistema, derivada dos aportes diferenciados de material a que cada área está submetida, sendo maior a influência de material de origem terrígena no norte e maior a influência marinha no sul da região. Parece ocorrer uma relação direta entre os maiores teores de PI e a proximidade das fontes terrígenas do sistema indicado pelas menores correlações observadas entre o (PI) e o (fósforo orgânico (PO), carbono orgânico (COP), nitrogênio total (NT) e enxofre total (ST)). A significativa correlação do NT com o PO ($r^2 = 0,83$) pode ser derivada dos processos biogeoquímicos de ciclagem similares destes dois elementos. Os teores de fósforo analisados foram similares a outros ambientes estuarinos do globo, variando de 1,42 a 30,15 $\mu\text{mol/g}$, 0,84 a 20,58 $\mu\text{mol/g}$ e 0,50 a 15,15 $\mu\text{mol/g}$, para o fósforo total, inorgânico e orgânico, respectivamente. A razão C/P demonstrou ser um razoável parâmetro para a avaliação das fontes de matéria orgânica no sistema, sendo, entretanto, necessário a comparação com mais estudos para uma melhor compreensão de seu comportamento.

INTRODUÇÃO

Em regiões costeiras, os estuários estão entre os ambientes mais férteis, sendo

considerados como a principal zona de deposição de material em suspensão e dos elementos biogênicos associados (carbono, nitrogênio, enxofre e fósforo), oriundos da produção

primária ou de fontes continentais (mineral ou antrópica) (Etcheber *et al.*, 1999; Thornton & McManus, 1994). O fósforo é um dos elementos da matéria orgânica, sujeito a ser retido nos sedimentos estuarinos. Este elemento ocorre em ambientes da superfície terrestre, principalmente na forma de orto-fosfato, sendo um nutriente essencial para a síntese orgânica no ambiente marinho (Chester & Riley, 1978). O processo global de ciclagem do fósforo inicia-se, principalmente, através do intemperismo sobre minerais fosfatados de rochas continentais e, também, através de fontes antropogênicas, pela lixiviação dos solos de terras cultivadas e pela emissão de esgotos, na forma de detergentes e dejetos industriais. Os íons de orto-fosfato que são liberados para o meio, solubilizam-se através do processo de lixiviação efetuado pela ação pluvial, atingindo posteriormente cursos fluviais. Os rios constituem-se, então, como meio predominante no mecanismo de transferência do fósforo continental para os oceanos (Chester & Riley, 1978).

A distribuição, composição e origem do fósforo sedimentar, bem como da matéria orgânica, em ambientes estuarinos, ocorre em função das características gerais de cada estuário em particular, determinadas por fatores relacionados à sua própria gênese e morfologia, e condições hidrodinâmicas, físico-químicas, biológicas, climáticas e de aportes de materiais locais.

Em ambientes transicionais costeiros, como a área de estudo, a razão C/N vem sendo utilizada há décadas na determinação da predominância de contribuição continental ou marinha na matéria orgânica presente nos sedimentos. Saito *et al.* (1989) sugerem que os valores da ordem de 20, para a razão C/N, representam matéria orgânica de origem continental e entre 5 e 7 como proveniente de zooplâncton, fitoplâncton e bactérias. Já valores de 8 a 12 são interpretados como significativos de misturas de material planctônico marinho e plantas terrestres.

Da mesma forma que a razão C/N, a razão C/P pode ser utilizada na determinação da origem da matéria orgânica presente nos sedimentos (Ruttenberg & Goñi, 1997). Segundo

estes mesmos autores as razões C/P observadas no fitoplâncton marinho, tecidos foliares e lenhosos de plantas superiores, e bactérias apresentam, respectivamente, os seguintes valores: 106, de 300 a 1300, > 1300 e de 7 a 80.

O objetivo do presente trabalho é a avaliação da distribuição e características do fósforo sedimentar (total, inorgânico e orgânico) e da razão C/P, no sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP).

ÁREA DE ESTUDO

O Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape, localiza-se no litoral sul do estado de São Paulo (Figura 1). A região está situada entre as latitudes de 24°40'S e 25°05'S e as longitudes de 47°25'W e 48°10'W e consiste no principal complexo estuarino-lagunar da costa paulista, que somada ao baixo vale do Rio Ribeira de Iguape, forma a maior planície costeira do estado de São Paulo, denominada Planície Costeira de Cananéia-Iguape, perfazendo uma área de cerca de 2500 Km² (Suguio e Tessler, 1992).

A configuração geográfica da região é representada por quatro ilhas (Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape) separadas entre si por sistemas de canais lagunares e rios (Canal de Ararapira, Baía de Trapandé, Mar de Cubatão, Mar de Cananéia e Mar Pequeno, Valo Grande e Rio Ribeira de Iguape) que se comunicam com o oceano por desembocaduras denominadas, do sul para o norte, Ararapira, Cananéia, Icapara e Ribeira. Miyao *et al.* (1986) indica que os canais lagunares ocupam uma área de 115km² de superfície. A fisiografia do sistema é caracterizada pela presença de uma extensa (100km) e larga (40-50km) planície costeira, recortada por longos (75km) e estreitos canais (0,2-3,0km) aproximadamente paralelos à linha de costa, separados do oceano pela Ilha Comprida e tendo como limites, ao norte (Serra de Iguape) e ao sul (Ilha do Cardoso), pontões do embasamento cristalino.

A morfologia de fundo dos corpos d'água lagunares é de geometria variada, exibindo, entretanto, sempre um canal mais profundo de circulação associado a um flanco

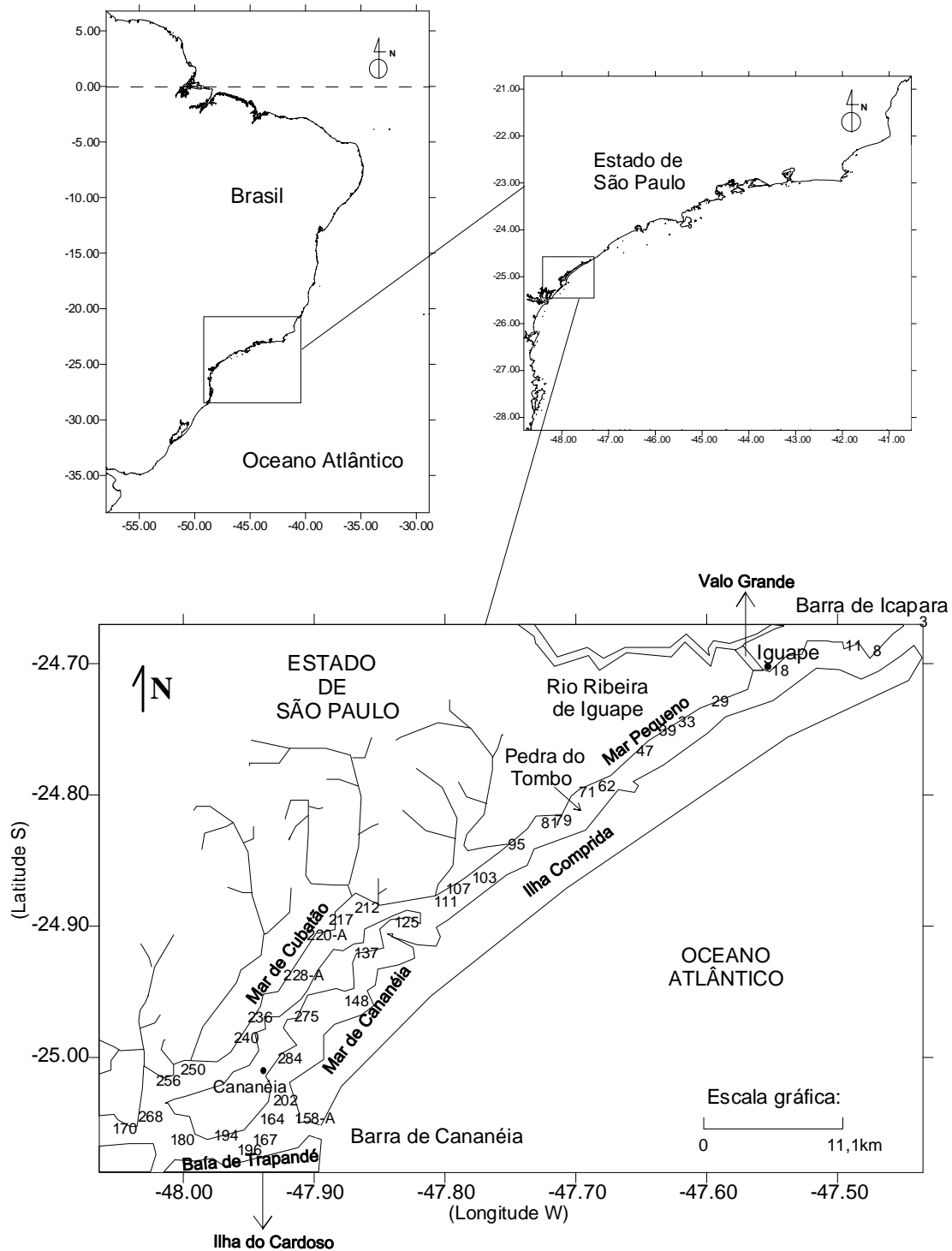


Figura 1 - Localização da área de estudo e das estações de coleta.

mais raso (Tessler, 1982; Tessler & Furtado, 1983). O Mar de Cananéia e sul do Mar Pequeno, apresentam formas mais meandrantes, com diversas feições sedimentares (ilhas, esporões e bancos submersos). Seus canais de circulação apresentam profundidade de 10m e 7m, respectivamente. O norte do Mar Pequeno até a Barra de Icapara (8m) apresenta configuração mais retilínea e é mais raso (5m).

O Mar de Cubatão é o mais estreito, ligeiramente meandrante e com poucas feições sedimentares. O norte possui baixas profundidades (<6m) ao sul seu eixo principal exibe profundidades de cerca de 10m. A Baía de Trapandé, que apresenta largura de até 3 km, possui um canal mais profundo de circulação (12m) ligando a Barra de Cananéia (22m) ao Mar de Cubatão (10m). Baixas profundidades são observadas junto à Ilha

de Cananéia.

O clima da região é subtropical úmido. Silva (1984) observou que o período mais chuvoso se estende de dezembro a abril e o período mais seco de maio a novembro. Em Cananéia, para uma série temporal de 1956 a 1980, foi observada média pluvial anual de 2269mm, sendo março o mês mais chuvoso (316mm) e agosto o mais seco (83mm), fevereiro o mais quente (24,9°C) e julho o mais frio (17,8°C) (Silva, 1984). De acordo com (Sant'Anna Neto, 1990), a temperatura média anual para a planície costeira de Cananéia é de 21,3°C. O posto meteorológico de Iguape (IGGSP/Min.Agricultura), para uma série temporal de 1895 à 1965, indicou que as médias de temperatura e pluviosidade anuais foram de 21,5°C e 1555mm, respectivamente. O mês mais quente foi fevereiro (24,7°C) e o mais frio foi julho (18,0°C). Janeiro foi o mês mais chuvoso (214mm), enquanto que agosto foi o mais seco (74mm) (GEOBRÁS, 1966).

Manguezais bem desenvolvidos estão presentes (200 km²), além de grandes áreas preservadas da Floresta Tropical Pluvial Atlântica de planície e encosta, principalmente no sul da região, no município de Cananéia. A ocupação humana é maior na porção norte do sistema, área em que impactos ambientais já são observados, em especial, junto aos núcleos urbanos de Iguape e Ilha Comprida, bem como no baixo vale do Rio Ribeira de Iguape, onde extensas áreas agrícolas de chá e banana estão diretamente associadas a processos de desmatamento, erosão e assoreamento dos canais flúvio-lagunares.

O Rio Ribeira de Iguape, é o maior curso fluvial de todo o litoral paulista, drenando uma bacia hidrográfica de 23.350km² (Bonetti Filho e Miranda, 1997). Desde meados do século XIX, com a construção do Canal do Valo Grande, cerca de 70% seu fluxo principal foi desviado para o Mar Pequeno, descarregando grande parte de seu material, limitado às frações silte e argila, nas águas lagunares (GEOBRÁS, 1966). A vazão média da descarga de água doce da bacia de drenagem do Rio Ribeira de Iguape, calculada através de séries temporais de temperatura do ar, precipitação e evaporação ao longo de 41 anos

(1956 à 1997) apresentou médias mensais de 1751 m³/s (março) e mínima de 99 m³/s (agosto) e uma média anual de 773,56 m³/s (Bérgamo, 2000). Estimou-se que este rio contribuía com uma descarga de sólidos no sistema, através do Valo Grande, da ordem de 1.000.000m³/ano de sedimentos finos em suspensão, em média, dos quais apenas 200.000m³ atingiriam o Mar de Cananéia e Cubatão, além de 1000 m³/ano de material arenoso oriundo das margens erodidas do canal (GEOBRÁS, 1966). O rio Ribeira é o maior contribuinte de material terrígeno e nutrientes para o sistema estuarino-lagunar, principalmente em sua porção central e norte. Aidar (1980) afirma que este se constitui, para região, em uma importante fonte de compostos inorgânicos de fósforo e nitrogênio, principalmente no período de chuvas, representando um importante papel na eutrofização do sistema durante o verão.

A porção sul do sistema, por sua vez, é associada a uma pequena bacia hidrográfica (1.340 km²), fornecendo um aporte limitado de água doce, sedimentos finos e nutrientes, exceto em eventos de alta pluviosidade. Bérgamo (2000) calculou aportes fluviais de 99,8 m³/s (março) e 5,8 m³/s (agosto), com média anual de 47,24 m³/s, um valor médio cerca de 16 vezes menor que aporte o do rio Ribeira de Iguape.

Braga (1995) afirma que nenhum nutriente foi considerado como limitante para produção primária, a região é considerada como um sistema eutrófico.

A propagação da onda de maré é o principal processo que dirige a circulação hidrodinâmica no sistema e promove as misturas entre as águas oceânicas e estuarinas. O aporte de água doce e a ação de ventos, embora de importância secundária, também contribuem para este processo (Bonetti Filho *et al.*, 1996). Miranda *et al.* (1995) classificou o sistema, de acordo com o Diagrama Estratificação-Circulação, indicando tratar-se de um sistema estuarino parcialmente misturado e fracamente estratificado (Tipo 2a).

O arcabouço ígneo-metamórfico da região de Cananéia-Iguape é de idade Pré-Cambriana, constituído principalmente por

rochas metamórficas vinculadas ao Grupo Açungui. Compõe-se basicamente de rochas metamórficas (filitos, micaxistos e gnaisses), ocorrendo também outros tipos de rochas, tais como: quartzitos, anfibolitos, diabásios e calcioxistos, ao longo do Rio Ribeira de Iguape, intrudidos por granitos, adamelitos e granodioritos. Cortando todo este complexo, afloram rochas alcalinas intrusivas Mesozóicas (IPT, 1981; Souza *et al.*, 1996). A planície costeira de Cananéia-Iguape é coberta, em geral, por sedimentos arenosos marinhos holocênicos e pleistocênicos extremamente homogêneos e muito bem-selecionados (Petri & Suguio, 1973).

METODOLOGIA

Foram coletadas no verão de 2002, através de um pegador de mandíbulas tipo Petersen modificado, 44 amostras de sedimentos superficiais. As amostras foram congeladas a bordo e, posteriormente, liofilizadas por 48 horas. Dados de temperatura e salinidade foram medidos através de um CTD, as posições das estações através de um GPS e as profundidades por meio de uma ecossonda marca "JRC" (50Khz).

A granulometria dos sedimentos foi obtida através de um analisador de partículas a laser Malvern, modelo Mastersizer-2000. Os

conteúdos de carbonato biodetrítico foram obtidos por diferença de peso após ataque com solução ácida de 1M HCl (Ingram, 1971). Para a obtenção dos conteúdos de carbono orgânico (COP), nitrogênio total (NT) e enxofre total (ST), foi utilizado um analisador automático LECOÒCNS-2000. Os teores de fósforo total (PT), inorgânico (PI) e orgânico (PO) foram determinados pelo método de ignição descrito em Aspila *et al.* (1976). As concentrações de fósforo foram medidas pelo método colorimétrico de Grasshoff *et al.* (1983).

As tabelas e as análises de correlação foram efetuadas através do programa *Excel for Windows*, versão 7.0, e os mapas de distribuição através do programa *Surfer for Windows*, versão 8.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Massas D'água e Composição dos Sedimentos

Os valores de salinidade de fundo (Tabela 1 e Figura 2) apresentaram um forte gradiente horizontal a partir do Valo Grande em direção às desembocaduras do sistema, variando de 0,05 a 34,92. Os maiores valores observados concentram-se na região da Barra de Cananéia (eurihalina), decrescendo em direção ao norte e

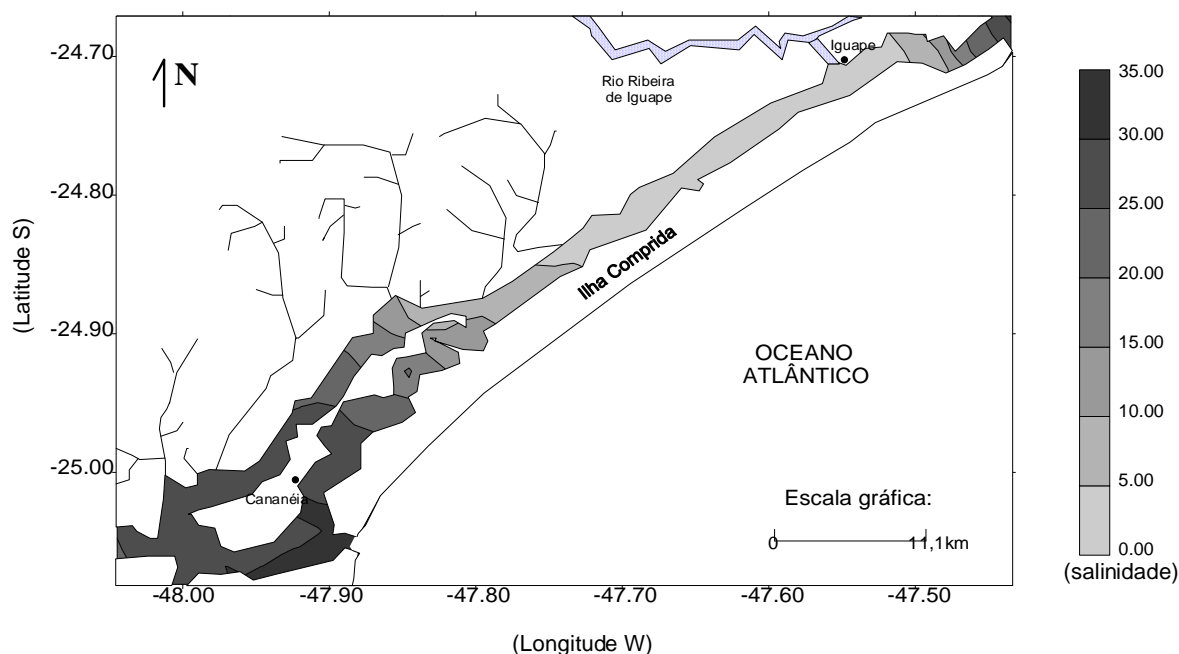


Figura 2 - Salinidade de fundo nos pontos amostrais do Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

Tabela 1 - Localização, profundidade, salinidade, granulometria e parâmetros da matéria orgânica das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

Estação	Lat. S	Long. W	Prof. m	Salinidade	Lama %	COP %	ST %	NT %	Rz. C/N	Rz. C/S	PT	PI	PO	PO X PT %	Rz. C/P
1A	24°40,246	47°26,081	9,0	31,2	78,14	1,61	0,25	0,08	19,1	6,6	10,63	5,21	5,42	51	184
3	24°40,539	47°26,159	4,0	x	20,63	0,47	0,05	0,04	11,0	10,5	4,50	2,58	1,92	42,7	121
8	24°41,893	47°28,286	5,0	17,6	3,90	0,77	0,07	0,07	11,2	10,3	4,34	3,68	0,66	15,3	765
11	24°41,651	47°29,356	2,3	x	47,06	2,13	0,34	0,15	14,1	6,3	10,62	9,19	1,43	13,5	548
12	24°41,465	47°31,189	6,2	3,3	63,27	2,14	0,18	0,14	14,9	12,0	18,76	14,61	4,16	22	218
18	24°42,795	47°32,721	10,0	0,1	18,20	0,63	0,10	0,05	12,3	6,4	5,65	3,30	2,35	42	144
29	24°44,181	47°35,474	1,2	x	75,92	3,73	0,31	0,30	12,5	12,0	29,03	18,50	10,53	36,3	142
33	24°45,153	47°37,001	2,0	x	16,51	0,82	0,07	0,07	11,3	12,3	10,43	8,08	2,35	22,5	156
39	24°45,535	47°37,877	1,5	x	84,58	2,93	0,21	0,24	12,2	13,8	30,04	18,09	11,95	40	94
47	24°46,450	47°38,907	3,7	1,2	80,65	2,97	0,20	0,27	11,0	15,0	27,15	20,58	6,58	24,2	174
62	24°48,073	47°40,652	4,4	2,0	80,07	2,58	0,21	0,24	10,9	12,0	30,15	17,55	12,60	42	91
71	24°48,342	47°41,549	4,0	x	59,50	3,67	0,63	0,33	11,3	5,8	28,13	17,74	10,39	37	178
79	24°49,633	47°42,650	4,0	x	29,68	2,55	0,45	0,22	11,7	5,6	20,16	15,79	4,37	22	234
81	24°49,751	47°43,264	4,0	x	21,78	1,13	0,18	0,10	11,7	6,3	9,29	7,36	1,93	20,8	268
95	24°50,730	47°44,786	0,5	5,4	34,88	2,80	0,47	0,15	18,7	5,9	11,90	8,60	3,30	27,7	452
103	24°52,272	47°46,235	3,0	x	22,56	3,66	1,22	0,26	14,0	3,0	6,69	2,44	4,24	63	429
107	24°52,766	47°47,438	2,0	x	10,50	0,44	0,08	0,02	19,3	5,2	2,17	1,59	0,58	26,7	387
111	24°53,352	47°47,993	1,0	x	8,20	0,37	0,06	0,03	14,0	6,3	3,05	2,27	0,78	26	231
125	24°54,298	47°49,793	4,0	12,6	9,52	0,22	0,06	0,01	17,8	3,6	1,42	0,84	0,58	41	253
137	24°55,741	47°51,646	2,0	x	8,93	1,36	0,55	0,07	19,2	2,4	2,14	1,22	0,92	43,0	844
148	24°57,926	47°52,091	12,0	24,4	44,38	1,56	0,48	0,14	11,2	3,3	14,78	9,11	5,67	38,4	131
158-A	25°03,301	47°54,009	19,0	31,3	0,73	0,49	0,20	0,03	15,5	2,5	3,38	2,88	0,50	14,8	565
164	25°03,336	47°55,938	3,0	x	9,20	0,67	0,12	0,05	13,3	5,4	4,07	2,13	1,94	48	234
167	25°04,255	47°56,269	10,0	30,7	6,23	1,04	0,24	0,10	10,4	4,4	6,01	4,25	1,76	29,3	315
170	25°03,784	47°02,687	6,2	23,1	33,73	8,16	1,62	0,57	14,3	5,0	20,62	8,85	11,77	57	233
180	25°04,276	48°00,057	10,1	28,0	24,97	0,99	0,30	0,09	10,7	3,4	6,74	5,13	1,62	24,0	305
194	25°04,095	47°58,051	3,0	x	31,28	2,56	0,59	0,24	10,6	4,3	21,95	11,35	10,60	48,3	127
196	25°04,751	47°56,982	0,5	x	32,69	3,98	0,97	0,35	11,4	4,1	26,04	10,88	15,15	58	145
202	25°02,477	47°55,328	3,0	x	4,26	0,83	0,14	0,06	12,8	6,0	5,63	3,83	1,80	32	320
212	24°53,659	47°51,596	3,0	x	3,76	0,60	0,33	0,04	13,6	1,8	1,63	0,93	0,71	43	335
217	24°54,188	47°52,793	7,0	x	36,32	1,86	1,42	0,12	15,9	1,3	3,62	2,25	1,38	38	637
220	24°54,961	47°53,751	9,8	21,3	14,40	0,54	0,18	0,05	11,2	3,1	8,42	4,13	4,29	51	320
221	25°00,690	47°58,358	4,0	x	42,79	3,22	1,22	0,28	11,7	2,6	15,68	7,96	7,72	49	141
228	24°56,769	47°54,909	2,0	x	11,44	0,97	0,19	0,07	14,9	5,1	3,13	1,90	1,23	39,3	368
236	24°58,666	47°56,498	3,0	x	16,66	1,29	0,52	0,11	11,8	2,5	7,06	4,96	2,09	29,7	355
240	24°59,608	47°57,125	10,1	27,3	12,05	0,80	0,26	0,08	10,4	3,1	5,87	3,64	2,23	38	182
250	25°01,060	47°59,559	0,5	x	8,83	1,73	0,65	0,15	11,8	2,6	4,42	2,71	1,70	38,6	504
255	25°01,096	48°01,471	1,0	x	2,23	1,71	0,19	0,14	11,8	9,0	6,84	4,10	2,74	40	352
256	25°01,544	48°00,694	4,0	x	25,40	2,60	0,93	0,19	13,4	2,8	10,44	4,99	5,45	52,2	248
268	25°03,213	48°01,508	13,0	29,3	66,87	2,68	1,03	0,25	10,6	2,6	18,94	9,72	9,21	49	108
275	24°58,610	47°54,370	2,0	x	16,06	1,90	0,53	0,14	13,6	3,5	5,06	2,52	2,55	50,3	271
281	25°00,011	47°53,996	8,0	x	40,31	1,87	0,51	0,18	10,6	3,7	15,12	9,33	5,79	38	138
284	25°00,557	47°55,131	7,7	28,8	32,82	1,55	0,97	0,12	13,0	1,6	11,03	6,49	4,55	41	116
288	25°01,150	47°55,579	1,0	x	12,56	1,69	0,35	0,10	16,1	4,8	15,21	10,73	4,48	29	159

dos canais do Mar Pequeno, Mar de Cubatão e Mar de Cananéia apresentaram, por sua vez, baixos conteúdos de lamas, derivadas da forte dinâmica de correntes junto ao fundo a que estas áreas estão submetidas ($>1,0\text{m/s}$) (Miyao *et al.*, 1986). Esta forte hidrodinâmica decorre da proximidade com as desembocaduras do sistema ou por restrições nas seções transversais dos canais lagunares (Kutner, 1962; Tessler, 1982).

A maioria dos sedimentos de fundo dos canais lagunares é arenosa (75% das amostras) (Tessler, 1982; Barcellos & Furtado, 2003). Em todo o estuário, a distribuição de carbono orgânico e nitrogênio total é concordante com a distribuição de lama, com maiores teores estando associados, em geral, à áreas de baixa hidrodinâmica. Os teores de enxofre total apresentam uma distribuição aleatória, com altos valores localizados próximos de núcleos com baixos teores (Barcellos & Furtado, 2003).

Distribuição e Composição do Fósforo Sedimentar

Os teores de fósforo total (PT) (Figura 4) obtidos apresentam distribuição diretamente relacionada à granulometria dos sedimentos. As estações que apresentam os maiores valores de PT estão associadas aos sedimentos compostos por maiores teores de pelitos, apresentando uma correlação muito significativa ($r^2 = 0,87$). Os maiores teores localizam-se, preferencialmente, nas regiões submetidas a uma menor hidrodinâmica de correntes, como entre o Valo Grande e a Pedra do Tombo, no Mar Pequeno, e em certos pontos do Mar de Cananéia e da Baía de Trapandé. Teores mais baixos estão associados, no geral, a sedimentos essencialmente arenosos, localizados na confluência do Mar Pequeno com o Mar de Cubatão e o Mar de Cananéia, em grande parte do Mar de Cubatão, assim como entre o Valo Grande e a Barra de Icapara e nas adjacências da Barra de Cananéia. Huanxin *et al.* (1994) afirma que areias de composição quartzosa, que é o caso deste universo de amostras, são pobres em fósforo. No geral, o padrão de distribuição deste parâmetro é concordante com o padrão espacial do carbono orgânico e do nitrogênio total (correlação: $r^2 = 0,68$ e $r^2 = 0,73$, respectivamente) e com a localização das

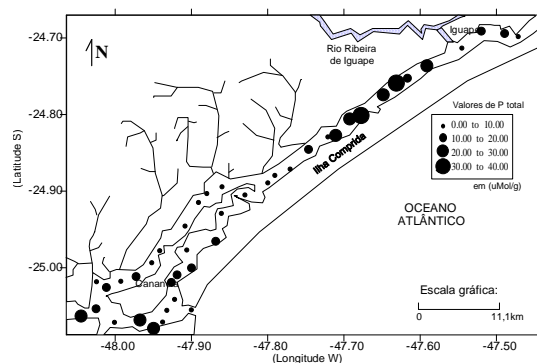


Figura 4 - Teores de fósforo total das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

principais áreas fontes de matéria orgânica para o sistema. Estas correlações significativas podem indicar que as fontes dos 3 elementos para os sedimentos, estão presentes em proporções próximas e apresentam pequena variabilidade. A distribuição do enxofre mostrou-se independente, possivelmente associada a processos pós-depositivos devidos à ação de bactérias anaeróbicas, acarretando no enriquecimento diferencial de enxofre em relação aos demais elementos, conforme proposto por Borrego *et al.* (1998).

Os teores de fósforo inorgânico (PI) (Figura 5) apresentam distribuição muito semelhante a do PT, estando os maiores valores diretamente correlacionados aos maiores valores de PT ($r^2 = 0,95$) e de pelitos ($r^2 = 0,86$). A significativa correlação com as lamas e correlações menos significativas com os teores de C, N e S ($r^2 = 0,52$, $r^2 = 0,59$ e $r^2 = 0,01$, respectivamente) podem indicar que as fontes terrígenas de fósforo, trazida pelos rios e pelo escoamento primário superficial, parecem ser determinantes no controle do PI nos sedimentos estudados.

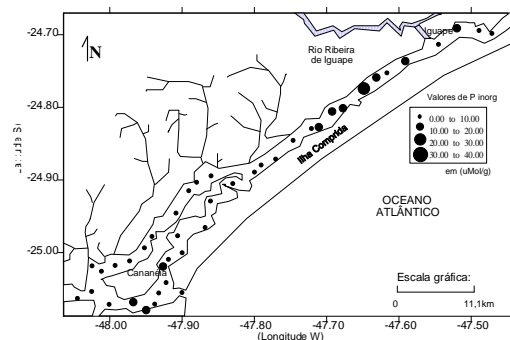


Figura 5 - Teores de fósforo inorgânico das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

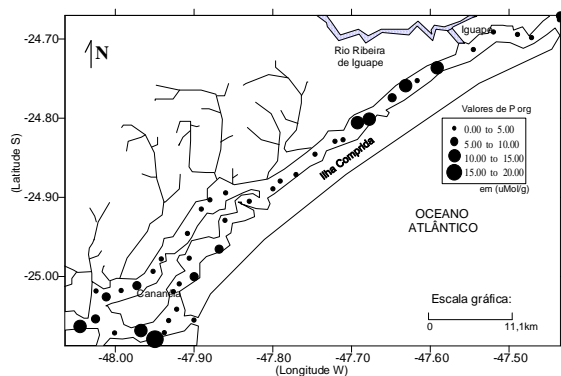


Figura 6 - Teores de fósforo orgânico das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

O fósforo orgânico (PO) (Figura 6) apresentou distribuição semelhante aos demais parâmetros (PT e PI) havendo, no entanto, uma menor correlação com as lamas ($r^2 = 0,74$). A predominância, em média, de PI (63%) em relação ao PO (37%) e esta menor correlação do PO com as lamas podem, também, indicar a influência do fósforo detrítico continental no balanço deste elemento no sistema. O PO apresentou significativa correlação com o nitrogênio ($r^2 = 0,83$), maior em relação ao carbono e enxofre ($r^2 = 0,75$ e $r^2 = 0,41$, respectivamente). Este fato sugere que esses dois nutrientes (P e N) podem derivar de fontes semelhantes, sendo utilizados pelos produtores primários e, posteriormente, depositados nos sedimentos, na forma orgânica, em proporções próximas.

O percentual de PO em relação ao PT, foi menor entre a Barra de Icapara e o limite sul do Mar Pequeno (Figura 7). São valores que indicam a forte influência do Rio Ribeira de Iguape como fonte de PI para o norte do sistema. Este rio drena vastas áreas de agricultura de banana e chá (SEGAG, 1968 *apud* Almeida, 1995), que acarretariam em um aporte de fosfatos para o sistema, pela lixiviação dos solos com fertilizantes. Recebe também material oriundo das atividades de mineração de fosfato, efetuadas pela CIA de Mineração Serrana e que era exportado, até a década de 60, pelo antigo porto de Subaúma no Mar Pequeno (GEOBRÁS, 1966). No início dos anos 90, com o recrudescimento da fiscalização ambiental, esses resíduos passaram a ser acumulados marginalmente às drenagens, na forma de imensas pilhas, que subsistem até hoje (Sígolo, et al. 2003).

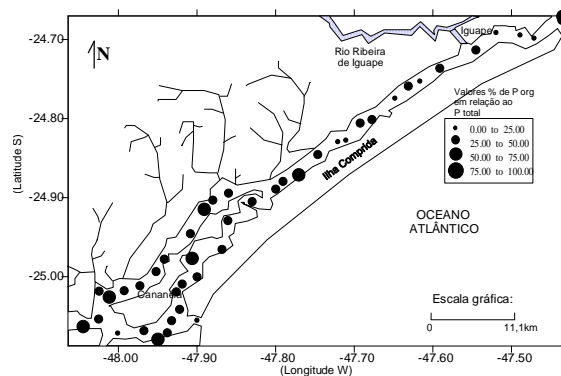


Figura 7 - Percentual de fósforo orgânico em relação ao total das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape.

Em toda esta área a influência terrígena é notada pela predominância de PI em relação ao PO, em geral, com valores acima de 65%, muito semelhantes aos observados para sedimentos costeiros do Rio de Janeiro (60%) (Carreira & Wagener, 1998). Ruttenberg & Goñi (1997) observaram que aumentos relativos de PI estariam associados a fontes terrígenas de fósforo. O sul do sistema apresenta um balanço equitativo de PO e PI, em média cerca de 50%. Este balanço pode ser indicativo do decréscimo da influência fluvial para esta área, paralelo a um maior aporte de PO para os sedimentos, derivado da produção primária local e da contribuição de fitodetrítos de origem continental das extensas áreas de mangue e Mata Atlântica preservadas.

O Rio Olaria corta o centro urbano de Cananéia e recebe parte dos efluentes domésticos sem tratamento oriundo da cidade. Os valores de PO perfizeram apenas 29% do PT, sendo esperado o contrário. A predominância do PI pode ser relacionada a uma fonte muito próxima, o Morro de São João, corpo ultrabásico alcalino, que, segundo GEOBRÁS (1966), é o principal tipo de rocha fonte dos fosfatos existentes no Vale do Ribeira. o tratamento estatístico dos dados

Em suma, o tratamento estatístico dos dados com base nas análises de correlação entre os parâmetros estudados (COP, NT, ST, % lama, PT, PI e PO) (Tabela 2), indicou grandes afinidades entre o PT, PI e PO e as lamas, com os maiores teores de fósforo associados espacialmente aos maiores conteúdos de pelitos. A alta correlação do PT com o PI deriva da

predominância do PI sobre o PO na maioria das amostras. As menores correlações observadas entre o (PI) e o (PO, COP, NT e ST), podem indicar ser determinante a proximidade das fontes terrígenas para a ocorrência de maiores conteúdos de PI, do que para os demais parâmetros. A alta correlação do NT com o PO pode ser derivada dos processos biogeoquímicos de ciclagem similares destes dois elementos (Braga, 1995). A baixa correlação do enxofre com os demais parâmetros deve estar relacionada a processos pós-deposicionais de enriquecimento deste elemento em sedimentos com características redutoras.

Tabela 2 - Índices de correlação (r^2) entre os teores de fósforo, lama, C, N e S no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape

	PT	PI	PO
PT	X	X	X
PI	0,95	X	X
PO	0,91	0,73	X
% Lama	0,87	0,86	0,74
COP	0,68	0,52	0,75
NT	0,73	0,59	0,83
ST	0,19	0,01	0,41

Fósforo Sedimentar e outros Elementos Biogênicos

Os valores da razão C/P variaram de 91 a 844 (média de 285) (Figura 8), estando dentro da escala encontrada na literatura. Os valores de C/P, diferente da razão C/N, não parecem estar associados a um simples modelo indicativo de dois membros finais (fitodetrítos continentais X fitoplâncton), mas, na verdade, parecem ter também outras componentes que influenciam nos

valores, como os processos bioquímicos envolvendo bactérias ou processos geoquímicos, conforme observado por Ruttenberg & Goñi (1997) e Ruiz-Fernández *et al.* (2002).

Foram observados valores de razão C/P abaixo ou próximos de 106, indicativos de influência marinha ou enriquecimento em biomassa bacteriana, principalmente para o principal sítio deposicional do sistema, localizado entre o Valo Grande e a Pedra do Tombo. Baixos valores são também encontrados em pontos do Mar de Cananéia, Baía de Trapandé e do Mar de Cubatão. Diversos autores observaram razões C/P abaixo de 106 em variados tipos de ambientes costeiros e marinhos (Mach *et al.*, 1987; Ruttenberg & Goñi, 1997; Ruiz-Fernández *et al.*, 2002). Gächter & Mayer (1993) apontam que, em ambientes lacustres eutróficos, é comum serem observados valores de razão C/P abaixo de 106. De acordo com Ruttenberg & Goñi (1997) e Ruiz-Fernández *et al.* (2002) as causas para estes baixos valores seriam: (1) reflexo da dominância da biomassa bacteriana, (2) a matéria orgânica sedimentar ser rica em compostos refratários de fósforo orgânico, na coluna d'água sobrejacente e nos sedimentos, (3) a regeneração preferencial do C e enriquecimento relativo de fósforo, devido à transformação do C em suspensão em formas gasosas de decomposição e (4) o processo de adsorção do fósforo pelas argilas, ou mesmo óxidos de ferro, que poderia protegê-lo da mineralização.

As amostras que apresentaram baixas razões C/P são compostas, em geral, por sedimentos ricos em pelitos e matéria orgânica.

Para as amostras localizadas entre o Valo Grande e a Pedra do Tombo, os valores devem refletir, primordialmente, a influência da biomassa bacteriana derivada, possivelmente, do potencial de retenção e transformação do fósforo neste compartimento mais interno do sistema. As favoráveis condições físico-químico-biológicas de verão, podem acelerar estas transformações. Braga (1995) aponta que no verão ocorre um aumento da quantidade de nutrientes na forma inorgânica dissolvida, trazidos pelo aporte fluvial, principalmente o Rio Ribeira de Iguape, e pelo escoamento primário

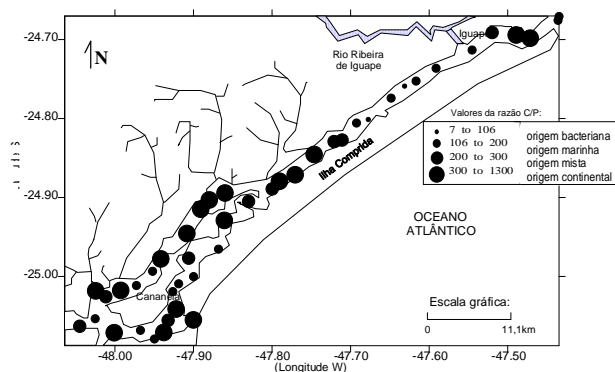


Figura 8 - Valores da razão C/P das estações de coleta no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape

superficial, somado a um incremento de cerca de 10 vezes, em relação ao inverno, da biomassa fitoplanctônica. Essas condições são acompanhadas por um aumento correspondente da biomassa bacteriana, o que pode refletir-se nos valores de C/P obtidos.

Para as amostras do sul do sistema, que apresentaram baixas razões de C/P, os valores podem estar associados, também, à maior influência marinha que a região está sujeita. As razões C/S para todo este conjunto de amostras apresentaram, em geral, valores indicativos de ambientes redutores (Barcellos & Furtado, 2003), sendo que estas condições redutoras podem influenciar na possível preservação

diferencial do PO nos sedimentos, além de promover um enriquecimento de biomassa bacteriana, acarretando nos valores observados.

Os maiores valores da razão C/P, indicativos de material de origem terrígena estão associados, em geral, aos sedimentos arenosos e pobres em matéria orgânica. Esses valores são indicativos da influência de matéria orgânica de origem continental, enriquecida em tecidos lenhosos de plantas superiores. Este comportamento pode, entretanto, estar associado a um processo de remineralização preferencial do fósforo em relação ao carbono, em ambientes oxidantes, associados a alta dinâmica de correntes, que é o caso das amostras que

Tabela 3 - Teores de fósforo sedimentar de alguns ambientes estuarinos tropicais e subtropicais do globo

Local	PT	PI	PO	Razão C/P	X
Sistema Cananéia-Iguape	11,5	7,1	4,0	285	Média
	30,2	20,6	15,2	844	>
	1,4	0,8	0,5	91	<
Sistema Santos-São Vicente	29,0	x	x	x	Média
(Siqueira, 2003)	80,6	x	x	x	>
	0,3	x	x	x	<
Sistema Bertioga	x	x	x	x	Média
(Mahiques et al., 1997)	38,1	x	8,4	x	>
	7,0	x	0,1	x	<
Plataforma continental Amazônica	20,6	11,5	9,1	59	Média
(Ruttenberg & Goñi, 1997)	23,0	14,9	11,0	161	>
	14,9	9,8	3,3	38	<
Baía de Guanabara	40,1	x	x	x	Média
Carreira & Wagener, 1998	73,8	x	x	x	>
	11,9	x	x	x	<
Estuário do Yangtze (China)	x	x	x	x	Média
(Xu et al., 2001)	31,4	x	x	x	>
	18,0	x	x	x	<
Sistema Ganges-Brahmaputra-Megna	x	x	x	x	Média
(Índia-Bangladesh)	58,1	x	x	x	>
(Datta et al., 1999)	16,1	x	x	x	<
Estuário do Rio Tolo (Hong Kong)	14,5	x	x	x	Média
(Thompson & Yeung, 1994 apud	x	x	x	x	>
Carreira & Wagener, 1998)	x	x	x	x	<
Estuário do Culiacan (México)	x	x	x	x	Média
(Ruiz-Fernández et al., 2002)	97,0	x	x	79	>
	13,0	x	x	14	<
Estuário do Golfo do México	x	x	x	x	Média
(Huanxin et al., 1994)	45,9	x	x	x	>
	1,8	x	x	x	<

apresentaram esses altos valores. Os valores da razão C/N apresentam a mesma tendência em amostras com baixos teores orgânicos, conforme observado por diversos autores (Bader, 1955; Tyson, 1995). De acordo com Carpenter & Capone (1983), isto ocorre porque durante os estágios iniciais da decomposição da matéria orgânica, há a remoção preferencial do nitrogênio, em relação ao carbono, o que tem sido relacionado ao comportamento iônico distinto destes dois elementos nos compostos orgânicos.

Fósforo Sedimentar em Sistemas Estuarinos Tropicais

Foram encontrados teores de fósforo total, inorgânico e orgânico que variaram de 1,42 a 30,15 $\mu\text{mol/g}$ (média de 11,54 $\mu\text{mol/g}$), de 0,84 a 20,58 $\mu\text{mol/g}$ (7,14 $\mu\text{mol/g}$) e de 0,50 a 15,15 $\mu\text{mol/g}$ (4,01 $\mu\text{mol/g}$), respectivamente. Os conteúdos analisados são compatíveis com os valores encontrados na literatura para outros ambientes estuarinos tropicais e subtropicais do globo, tais como: Canal de Bertioga (SP) (7,0 a 38,1 $\mu\text{mol/g}$) (Mahiques *et al.*, 1997), Estuário de Santos-São Vicente (0,3 a 80,6 $\mu\text{mol/g}$) (Siqueira, 2003), Baía de Guanabara (RJ) (40 $\mu\text{mol/g}$) (Carreira & Wagener, 1998), estuário de Tolo (Hong Kong) (14,5 $\mu\text{mol/g}$) (Thompson & Yeung, 1994 *apud* Carreira & Wagener, 1998), estuário de Culiacan (México) (13 a 97 $\mu\text{mol/g}$) (Ruiz-Fernández *et al.*, 2002), estuários do Texas à Florida (EUA) (1,8 a 45,9 $\mu\text{mol/g}$) (Huanxin *et al.*, 1994), estuário do Rio Yangtze (China) (18,0 a 31,4 $\mu\text{mol/g}$) (Xu *et al.*, 2001). Delta do Ganges-Brahmaputra-Meghna (Índia-Bangladesh) (16,1 a 58,1 $\mu\text{mol/g}$) (Datta *et al.*, 1999).

O ambiente estudado é eutrófico (Braga, 1995), o que pode acarretar nos valores mais altos de fósforo orgânico observados para certos pontos do sistema, quando comparados a outros ambientes costeiros do globo. Os valores de PO médios observados (7,14) são similares aos da plataforma continental adjacente à desembocadura do Amazonas (9,10) (Ruttenberg & Goñi, 1997). Observa-se que os valores mais altos no estuário (est. 196: 15,15) são, inclusive, mais altos que os maiores valores da região costeira amazônica (11,0), indicando que o aporte

de material orgânico para o sistema é considerável.

Comparando-se os valores obtidos para Cananéia-Iguape com os observados para o estuário de Bertioga (SP) (Mahiques *et al.*, 1997) e estuário de Santos-São Vicente (Siqueira, 2003), observa-se que os teores encontrados são, em geral, menores, em especial para amostras do estuário santista. Neste foram encontrados teores de PT altos (até 80,6 e $\mu\text{mol/g}$), cerca de 2,5 vezes maiores que o maior teor de PT observado em Cananéia-Iguape, em amostras localizadas no alto estuário, próximas ao pólo petroquímico de Cubatão. São valores que podem indicar os impactos ambientais a que esta área está submetida, visto que na planície costeira imediatamente adjacente estão instaladas 5 indústrias de fertilizantes agrícolas (Siqueira, 2003).

As diferenças entre os teores observados de cada região devem-se às particularidades existentes em cada sistema costeiro citado, relativos à geomorfologia, regime hidrológico-climático e impactos ambientais.

O Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape tem uma particularidade em relação aos outros ambientes em questão, que é o fato de ser uma região submetida a impactos ambientais ainda incipientes, sendo o sul da área de estudo uma das regiões estuarinas mais preservadas do Brasil. É possível, entretanto, comparar a distribuição e a composição do fósforo sedimentar observadas, com a de outros sistemas estuarinos da costa paulista, em especial o de Santos-São Vicente e o de Bertioga que possuem muitas semelhanças genéticas e geomorfológico-hidrológico-climáticas com o sistema Cananéia-Iguape, mas diferem bastante em relação à influência antrópica. Os dados apresentados podem servir como base de comparação em estudos futuros, por ser um ambiente pouco alterado, nos quais o comportamento do fósforo sedimentar responde apenas às variáveis ambientais.

CONCLUSÕES

Os maiores teores de fósforo (PT, PI e PO) apresentaram significativa correlação com sedimentos ricos em conteúdos de pelitos.

O tratamento estatístico dos dados com base nas análises de correlação entre os parâmetros estudados (COP, NT, ST, % lama, PT, PI e PO), indicou que as menores correlações observadas entre o (PI) e o (PO, COP, NT e ST), podem indicar ser determinante a proximidade das fontes terrígenas para a ocorrência de maiores conteúdos de PI, do que para os demais parâmetros. A alta correlação do NT com o PO pode ser derivada dos processos biogeoquímicos de ciclagem similares destes dois elementos (Braga, 1995).

Foi observada uma clara diferenciação nos percentuais de PO, em relação ao PT, entre o sul e o norte do sistema derivadas, possivelmente, do maior aporte de fósforo detrítico continental, trazido pelo Rio Ribeira de Iguape, para o norte da região estuarina. O sul do sistema apresentou um balanço equitativo de PO e PI, devido a menor influência fluvial, somada à introdução de matéria orgânica derivada da produção primária e de restos

vegetais das extensas áreas de matas preservadas dessa porção do sistema.

Os teores de fósforo obtidos para área de estudo são compatíveis aos teores observados em outros ambientes estuarinos tropicais e subtropicais do globo.

A razão C/P demonstrou ser um razoável parâmetro para a avaliação das fontes de matéria orgânica no sistema, sendo, entretanto, necessário a comparação com mais estudos para uma melhor compreensão de seu comportamento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP que forneceu apoio financeiro através dos projetos n°: 95/0970-0, 99/10678-5, 01/01283-9 e 02/13232-2; ao Prof. Dr. Michel Michaelovitch de Mahiques do Instituto Oceanográfico da USP pela disponibilização dos equipamentos LECOÒCNS-2000 e MALVERN Mastersizer 2000; e a Edílson de Oliveira Faria, Marcelo Rodrigues, Vítor Chiozzinni, Gilberto Ivo Sarti e Lourival Pereira de Souza, também do IOUSP, pela ajuda nas análises laboratoriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, E. 1980. Alguns Aspectos da Autoecologia de *Skeletonema Costatum* (Greville Cleve) de Cananéia (25°S 48W), com Especial Referência ao Fator Salinidade. Dissertação de Doutorado, IOUSP, 2vols.
- ALMEIDA, G.A. 1995. Resíduos de pesticidas organoclorados no Complexo estuarino-lagunar Iguape-Cananéia e Rio Ribeira de Iguape. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IOUSP, 91p.
- ASPILA, K.I.; AGEMIAN, H. & CHAU, A.S.Y 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphates in sediments. *Analyst* **101**: 187-197.
- BARCELLOS, RL. & FURTADO, V.V. 2003. Sedimentary organic matter in Cananéia-Iguape lagoonal-estuarine system, São Paulo State, southeastern Brazil. *In*: Anais do 3º Congresso Latino-Americano de Sedimentologia, abstracts, sessão 6, p.78-80, Museu Goeldi e UFPA, Belém (PA).
- BADER, R. G. 1955. Carbon and Nitrogen Relations in Surface and Subsurface Sediments. *Geochimical & Cosmochimical Acta* **7**: 205-211.
- BÉRGAMO, A. L. 2000. Características da hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra de Cananéia, sul do Mar de Cananéia e Baía de Trapandé. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IOUSP. 210p.
- BONETTI FILHO, J. 1995. Transporte de sedimentos por suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia (SP). Dissertação de Mestrado. São Paulo, IOUSP. 2vols. 260p.

- BONETTI FILHO, J.; CONTI L. A & FURTADO V. V. 1996. Suspended Sediment Concentration Variability and its Relation to Tidal Currents in Microtidal System. *An. Acad. Bras de Ciên.* **68**: 485-494.
- BONETTI FILHO, J & MIRANDA L.B. de. 1997. Estimativa da Descarga de Água Doce no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape. *Rev. Bras. de Oceanografia* **45**: 1-12.
- BORREGO, J.; M. LOPEZ; J. G. PENDON & J. A. MORALES J. 1998. C/S Ratios in Estuarine Sediments of the Odiel River-mouth, SW Spain. *Journal of Coastal Research* **14**: 1276-1283.
- BRAGA, E de S. 1995. Nutrientes Dissolvidos e Produção Primária do Fitoplâncton em 2 Sistemas Costeiros do Estado de São Paulo. Diss. Doutorado, IOUSP, 2v.
- CARPENTER, E.J. & D.J.CAPONE. 1983. Nitrogen in the Marine Environment Stony Brook, Marine Sciences Research Center. 900p.
- CARREIRA, R.S. & WAGENER, A.L.R. 1998. Speciation of sewage derived P in coastal sediments from Rio de Janeiro, Brazil. *Mar. Pollut. Bull.* **36**: 818-827.
- CHESTER, R. & RILEY, J.P. 1978. *Chemical Oceanography*. A.Press, London, 508p
- DATTA, D.K.; GUPTA, L.P. & SUBRAMANIAN, V. 1999. Distribution of C, N and P in the sediments of the Ganges-Brahmaputra-Meghna river system in the Bengal basin. *Organic Geochemistry* **30**: 75-82.
- ETCHEBER, H.; RELEXANS, J.C.; BELIARD, M.; WEBER, O.; BUSCAIL, R. & HEUSSNER, S. 1999. Distribution and quality of sedimentary organic matter on the Aquitanian margin (Bay of Biscay). *Deep-Sea Research II* **46**: 2249-2288.
- GÄCHTER, R. & MEYER, J.S. 1993. The role of microorganisms in mobilization and fixation of phosphorus in sediments. *Hydrobiologia* **253**: 103-121.
- GEOBRÁS. 1966. Complexo Vale Grande- Mar Pequeno - Rio Ribeira de Iguape. Relatório para o serviço do Vale do Ribeira-DAEE, São Paulo, 2vols.
- GRASSHOFF, K.; EHRARDT, M. & KREMLING, K. 1983. *Methods of sewer analysis*. Verlag Chemie, 419p.
- HUANXIN, W.; PRESLEY, B.J & ARMSTRONG, D. 1994. Distribution of sedimentary phosphorus in Gulf of Mexico Estuaries. *Marine Environ. Research* **37**:375-392.
- INGRAM, R. L. 1971. Sieve analysis. *In*: CARVER, R. E. (ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York, Wiley-Interscience. p.49-67.
- IPT. 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.
- KATO, K. 1966a. Chemical Investigations on the Hydrographical System of Cananéia Lagoon. *Bolm. Inst. Oceanogr. USP*, **15**: 1-13.
- KUTNER A. S., 1962. Granulometria dos Sedimentos de Fundo da Região de Cananéia (SP)- *Bol. Soc. Bras. Geol.* **11**: 41-54.
- MACH, D.L.; RAMIREZ, A & HOLLAND, H.D. 1987. Organic phosphorus and carbon in marine sediments. *Amer. J. Sci.* **278**: p.429-441.
- MAHIQUES, M. M.; M. G. TESSLER; A. HOSHIKA; Y. MISHIMA; K. SUGUIO & K. KAWANA. 1997. Infra-annual Variations in the Characteristics of the Organic Matter from Bertioga Channel, Southeastern Brazil. 6th Congress of the Brazilian Association on Quaternary Research. Abstracts, Curitiba, ABEQUA, pp. 94-98.
- MIRANDA, L.B.; MESQUITA, A. R. de & FRANÇA, C.A. de S. 1995. Estudo da Circulação e dos Processos de Mistura no Extremo Sul do Mar de Cananéia: Condições de Dezembro de 1991. *Bolm. Inst. Oceanogr.USP* **43**:153-164.
- MIYAO, S. Y., NISHIHARA L. & C. SARTI C. 1986. Características físicas e químicas do sistema estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape. *Bolm. Inst. Oceanogr. USP* **34**: 23-36.
- PETRI, S. & K. SUGUIO. 1973. Stratigraphy of the Iguape-Cananéia Lagoon Region Sedimentary Deposits. São Paulo State - Brazil. Part II: Heavy Mineral Studies, Microorganisms Inventories and Stratigraphical Interpretations. *Bolm. Inst. Geociênc. USP*,
- RUIZ-FERNÁNDEZ, A.C.; HILAIRE-MARCEL,C.; GHALEB, B. & SOTO-JIMÉNEZ, M. 2002. Recent sedimentary history of anthropogenic impacts on the Culiacan River Estuary, NW

- Mexico: geochemical evidence from organic matter and nutrients. *Environm. Pollut.* **118**: 365-377.
- RUTTENBERG, K. C. & M. A GOÑI. 1997. Phosphorus Distribution, C:N:P Ratios, and $d^{13}C$ in Arctic, Temperate and Tropical Coastal Sediments: Tools for Characterizing Bulk Sedimentary Organic Matter. *Mar. Geol.* **139**:123-145.
- SILVA, J. F. 1984. Dados Climatológicos de Cananéia e Ubatuba (Estado de São Paulo). *Boletim Climatológico* **5**: 1-18.
- SIQUEIRA, G. W. 2003. Estudo dos teores de metais pesados e outros elementos em sedimentos superficiais do sistema estuarino de Santos (Baixada Santista- São Paulo) e da plataforma continental do Amazonas (Margem Continental Norte). Tese de Doutorado, IOUSP, 327p.
- SOUZA, L.A.P.; M. G. TESSLER & V. L. GALLI. 1996. O gráben de Cananéia. *Ver. Brasil. Geociênc.* **26**:139-150.
- SUGUIO, K. & TESSLER. M. G. 1992. Depósitos quaternários da planície costeira de Cananéia-Iguape (SP). *Publ. Esp. IOUSP* **9**:1-33.
- TESSLER, M.G. 1982. Sedimentação Atual na Região Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IG- USP. 2 vols., 170p.
- TESSLER, M.G. & V. V. FURTADO. 1983. Dinâmica de Sedimentação das Feições de Assoreamento da Região Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo. *Bolm. Inst. Oceanogr. USP*, **32**: 117-124.
- THORNTON, S.F & McMANUS, J. 1994. Application of organic carbon and nitrogen stable isotopes and C/N ratios as source indicators of organic matter provenance in estuarine systems: evidence from the Tay Estuary, Scotland. *Estuarine Coast. Shelf Sci.* **38**: 219-233.
- TYSON, R. V. 1995. *Sedimentary Organic Matter*. London, Chapman & Hall. 589p.
- XU, S.; GAO X.; Liu, M. & CHEN, Z. 2001. China's Yangtze estuary. II. Phosphorus and polycyclic aromatic hydrocarbons in tidal flat sediments. *Geomorphology* **41**: 207-217.