

***ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA MARÉ NA DINÂMICA DO
FÓSFORO NA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ,
RIO DE JANEIRO.***

VEIGA, L.H S*; FERNANDES, H.M..

Resumo

A lagoa costeira de Jacarepaguá, localizada ao sul do município do Rio de Janeiro, vem sofrendo um severo processo de eutrofização artificial, no qual o fósforo desempenha um importante papel, induzido pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais enriquecidos em nutrientes. Neste trabalho procurou-se quantificar o acúmulo do elemento na lagoa, bem como a descrição do seu comportamento em relação à variação de parâmetros físico-químicos, ao longo de três ciclos de maré de 12 horas de duração. O maior acúmulo foi observado em sizígia - 36kg - que corresponde a 4,5 vezes o acúmulo registrado em cada um dos outros dois ciclos (quadratura). Em relação aos processos ambientais, foi constatado que a ressuspensão do sedimento de fundo se constitui no principal responsável pelas concentrações mais elevadas de fósforo particulado na coluna d'água em sizígia, enquanto fenômenos de floração, observados nos outros dois ciclos, responderam pela depleção na concentração do fósforo dissolvido. Para referendar as evidências da acumulação do fósforo na Lagoa de Jacarepaguá, foi feita uma perfilagem do sedimento de fundo. Foi observado que a concentração do fósforo nas camadas superiores (2000 µg/g) foi quatro vezes maior do que aquelas registradas nas camadas mais profundas (500 µg/g). Pode-se depreender destes resultados que um sistema de saneamento efetivo, especialmente relacionado aos efluentes domésticos, tem que ser implantado na região, caso contrário, a dramática situação observada naquela lagoa se constituirá num quadro de características irreversíveis.

***Abstract - TIDAL INFLUENCES ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN
JACAREPAGUÁ COASTAL LAGOON, RIO DE JANEIRO***

The coastal lagoon of Jacarepaguá, located south of the city of Rio de Janeiro, is undergoing severe artificial eutrophication. In this process phosphorus, introduced by releases of domestic and industrial nutrient-enriched effluents, plays an important role. This project attempted to quantify the accumulation of this element in the lagoon, and to describe its behavior in relation to variation in physical and other chemical parameters, during three 12-hour tidal cycles.

*Instituto de Radioproteção e Dosimetria / IRD - CNEN.

The highest accumulation (36kg) was observed during spring tide, this amount being 4,5 times that accumulated during two neap tidal cycles. In relation to environmental processes, resuspension of bottom sediment was principally responsible for the higher concentrations of particulate phosphorus in the water column during spring tide; while algal blooms, observed during the other two cycles, accounted for the depletion in dissolved phosphorus.

In order to support this evidence of phosphorus accumulation in Jacarepaguá Lagoon, a core sample of the sediment was taken. Phosphorus concentration in upper layers of the core (2000 $\mu\text{g/g}$) was four times greater than that measured in lower layers (500 $\mu\text{g/g}$).

It can be inferred from these results that an effective system of waste treatment, especially of domestic effluent, must be provided, otherwise the dramatic eutrophication observed in the lagoon will become irreversible.

Introdução

Muitos estudos vêm sendo realizados sobre a distribuição do fósforo nos sistemas aquáticos continentais onde o interesse ecológico deste elemento vem de seu importante papel no metabolismo biológico e sua relativa escassez na hidrosfera (WETZEL, 1981).

Com o crescente aumento populacional e a falta de saneamento básico em diversas áreas, acarretando no despejo de uma maior carga de esgotos sem nenhum tipo de tratamento prévio nos corpos d'água, o perfil do fósforo em sistemas aquáticos tem passado da escassez para o excesso deste nutriente no meio, acarretando a eutrofização dos corpos d'água e todas as consequências decorrentes deste processo.

A baixada de Jacarepaguá, localizada no município do Rio de Janeiro, tem sofrido intensamente o impacto dos processos de industrialização e urbanização. Diversos trabalhos alertam para a aceleração de eutrofização do seu sistema lagunar, devido à sobrecarga de esgotos domésticos e industriais ricos em matéria orgânica (FEEMA, 1984) onde fenômenos de mortandade de peixes têm sido observados com frequência desde 1967 (CASTELO BRANCO, 1971).

MEDEIROS (1982), estimou a carga de fósforo total lançada ao complexo lagunar de Jacarepaguá, com base em dados levantados durante o ano de 1977, a partir dos lançamentos de esgotos domésticos da população local e das cargas de efluentes industriais, como sendo da ordem de 9kg/dia do elemento por descargas industriais e 210kg/dia relativos a esgotos domésticos. Estes números apontam para a preponderância das cargas de origem domésticas sobre as de origem industrial. Tal constatação aponta para um provável agravamento deste quadro se considerarmos que nos últimos anos a ocupação urbana desta região tem se intensificado sem a contrapartida da ampliação do sistema de saneamento básico.

A avaliação dos aportes de nutrientes pelos rios tributários para um corpo d'água receptor, bem como a determinação do montante exportado para as áreas costeiras adjacentes fornecerão subsídios para a quantificação do material acumulado no sistema, bem como, a relevância do mesmo na produtividade local.

O presente trabalho se propôs a realizar um balanço da massa para o fósforo na Lagoa de Jacarepaguá, considerando-se o aporte advindo dos seus principais rios tributários e o montante exportado para o restante do sistema lagunar, durante semi-ciclos de maré.

A dinâmica do transporte do elemento, tanto na sua fase dissolvida quanto na particulada, influenciada por parâmetros físico-químicos, também foi investigada.

A evolução cronológica dos níveis de concentração do elemento no sistema também foi avaliada através da perfilagem do sedimento de fundo.

Área de estudo

Localizada no sul da zona urbana do município do Rio de Janeiro, a Baixada de Jacarepaguá possui uma área de 140km² e compreende o complexo lagunar de Jacarepaguá, que se constitui de quatro lagoas: Jacarepaguá, Camorim, Tijuca e Marapendi (fig. 1). O sistema lagunar possui uma única comunicação com o mar através do canal da Barra na lagoa da Tijuca.

A Lagoa de Jacarepaguá, uma das quatro lagoas que formam o complexo lagunar de Jacarepaguá, ocupa uma posição terminal em relação à entrada da água do mar, possuindo uma área de aproximadamente 3,3km² e volume médio de 5,4x10⁶m³. Apresenta valores de salinidade mais baixos que as demais lagoas do sistema, apontando para uma preponderância de águas continentais sobre as de origem oceânica. Possui cinco rios tributários principais: Marinho, Camorim, Caçambé, Pavuninha e Arroio Pavuna sendo que este último drena uma sub-bacia com alta taxa de ocupação urbana e industrial. Além destes, o sistema é muito influenciado pelo aporte do Arroio Fundo que desemboca na Lagoa de Camorim, tendo suas águas empurradas para o interior da Lagoa de Jacarepaguá, com a entrada da maré. Este rio contribui com a maior carga de fósforo e DBO de todo sistema lagunar. (tabela I).

Tabela I - Caracterização dos rios tributários da Lagoa de Jacarepaguá quanto à área de drenagem da sub-bacia, vazão média, aporte de fósforo total e DBO.

Rio	Área de drenagem (km ²)	Vazão média (m ³ /s)	Aporte de P-total (kg/dia)	Aporte de DBO (kg/dia)
Marinho	21,0	0,21	12,7	181
Camorim	7,5	0,07	3,6	14
Caçambé/ Pavuninha	9,6	0,10	16,2	186
Arroio Pavuna	21,3	0,37	51,5	1082
total	50,4	0,75	84,0	1463
Arroio Fundo	57,0	1,0	105	3795

Fonte: MEDEIROS, 1982

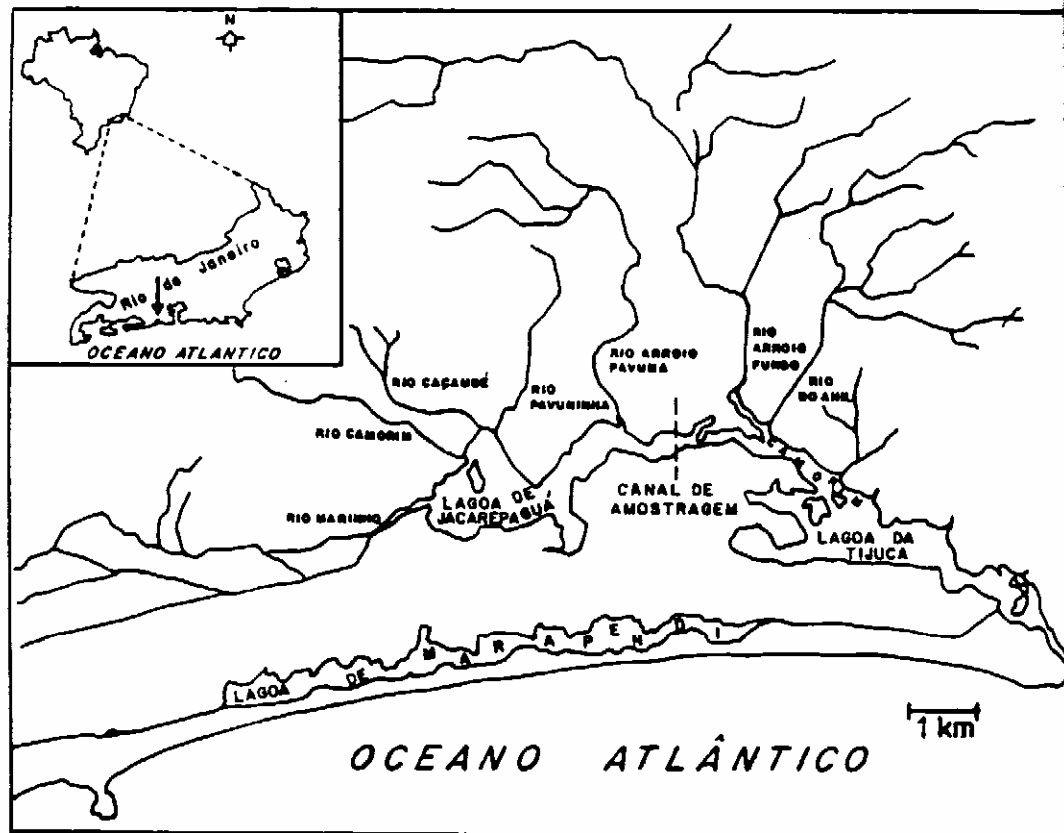


Figura 1 - Mapa da localização do complexo laguna Tijuca - Jacarepaguá, no estado do Rio de Janeiro.

As águas desta lagoa estão sujeitas aos padrões para preservação da fauna e flora, uso estético e recreação de contato secundário (FEEMA, 1979). Este padrão tem sido comprometido uma vez que seus rios tributários vêm sendo utilizados como corpos receptores de resíduos industriais e domésticos, causando problemas na manutenção da biota natural.

Material e métodos

A quantificação dos aportes de fósforo, a partir dos rios tributários, foi feita utilizando-se dados de vazão e de concentração do elemento disponíveis na literatura (MEDEIROS, 1982 e FEEMA, 1984).

Para a avaliação do montante exportado nos semi-ciclos de maré foi estabelecida uma estação fixa de amostragem, localizada entre o Arroio Pavuna e o Arroio fundo (fig. 1). A quantidade do elemento transportada em cada semi-ciclo de maré foi calculada a partir da equação 1.

A área da secção transversal foi determinada previamente, possuindo cerca de 100m², relativos a uma profundidade média e uma largura de 2 e 50m, respectivamente. A coleta de água assim como as medidas de velocidade foram realizadas no meio da secção transversal, a uma profundidade de aproximadamente 1 metro, segundo metodologia descrita por KJERFVE & WOLAVER (1986).

As campanhas de amostragens foram realizadas durante três semi-ciclos de maré. Cada campanha teve a duração média de 12 horas, com amostragens realizadas em intervalos de 30 minutos, sendo realizadas medidas de oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade, pH e coleta de água para determinação de fósforo total dissolvido e particulado. Nestes intervalos também foram realizadas medidas de velocidade e altura do nível d'água para posterior cálculo de vazão.

As campanhas foram realizadas em setembro/89 (num semi-ciclo de sizigia), março e junho/90 (em semi-ciclos de quadratura). A maré de sizigia se caracteriza por ser uma maré de alta amplitude nas luas nova e cheia enquanto a maré de quadratura nas luas crescente e minguante, apresentando baixa amplitude.

Para determinação do oxigênio dissolvido foi utilizado o método de Winkler modificado pela azida sódica (CETESB, 1978). Um medidor portátil de pH, modelo 91-05/ORION e um condutivímetro C-702 da ANALION foram utilizados para medidas de campo. A velocidade do fluxo de água foi determinada com um correntômetro da marca General Oceanics Inc.

A determinação do fósforo total dissolvido foi realizada na amostra filtrada em membrana de acetato de 0,45µm de diâmetro de poro. O fósforo total particulado foi quantificado no material retido, após digestão química com HNO₃/H₂SO₄, utilizando em ambos os casos o método do ácido ascórbico como descrito em APHA, 1980.

A concentração de sólidos em suspensão foi determinada por pesagem, após a filtração de um volume conhecido de amostra em filtros previamente tarados, sendo o material retido, seco em estufa a 100°C até peso constante. Para o cálculo das concentrações do fósforo particulado na coluna d'água foram utilizados os valores da concentração de sólidos em suspensão multiplicados pela concentração no particulado para cada intervalo de amostragem.

A perfilagem vertical do sedimento na lagoa foi feita no ponto de desembocadura do Arroio Pavuna. Utilizou-se um tubo de acrílico de 2m de comprimento por 6cm de diâmetro, enterrando-o no sedimento até uma profundidade de 50cm da coluna sedimentar. Fatias de 3cm foram separadas ainda no campo, armazenadas em frascos de polietileno e transportadas para o laboratório, onde foram estocadas sob refrigeração a 4°C até o seu processamento. A fração granulométrica do sedimento menor que 63µm, correspondente ao material silte-argiloso, foi separada por peneiração úmida com água do próprio local de coleta, seca em estufa a 100°C e

homogeneizada. Nesta fração, após digestão ácida com uma mistura de HNO_3 - HClO_4 -HF foi realizada a determinação do conteúdo de fósforo total segundo metodologia descrita em APHA 1976.

$$M = \sum_{i=1}^{n-1} A \times T \times (v_i + V_{i+1}) \times (C_i + C_{i+1}) \times 0,25 \times 10^{-6}, \text{ cq. l}$$

Onde,

M = Massa total do elemento transportada em cada semi-ciclo em Kg.

A = Área da secção transversal, igual a 100m^2

T = intervalo entre cada amostragem, igual a 1800s

v = velocidade instantânea em cada amostragem em m/s

C = concentração em mg/m^3

Resultados e discussão

A caracterização dos semi-ciclos de maré, quanto ao fluxo de água pode ser vista na fig. 2. Adotou-se como fluxo negativo, a saída de água do sistema e positivo a entrada. No semi-ciclo de sizígia observa-se nitidamente a inversão da direção do fluxo, tendo sido possível a caracterização de todo o período de entrada da maré. Este comportamento não é observado nos semi-ciclos de quadratura onde, na maior parte do tempo, o fluxo de água é negativo, ou seja,

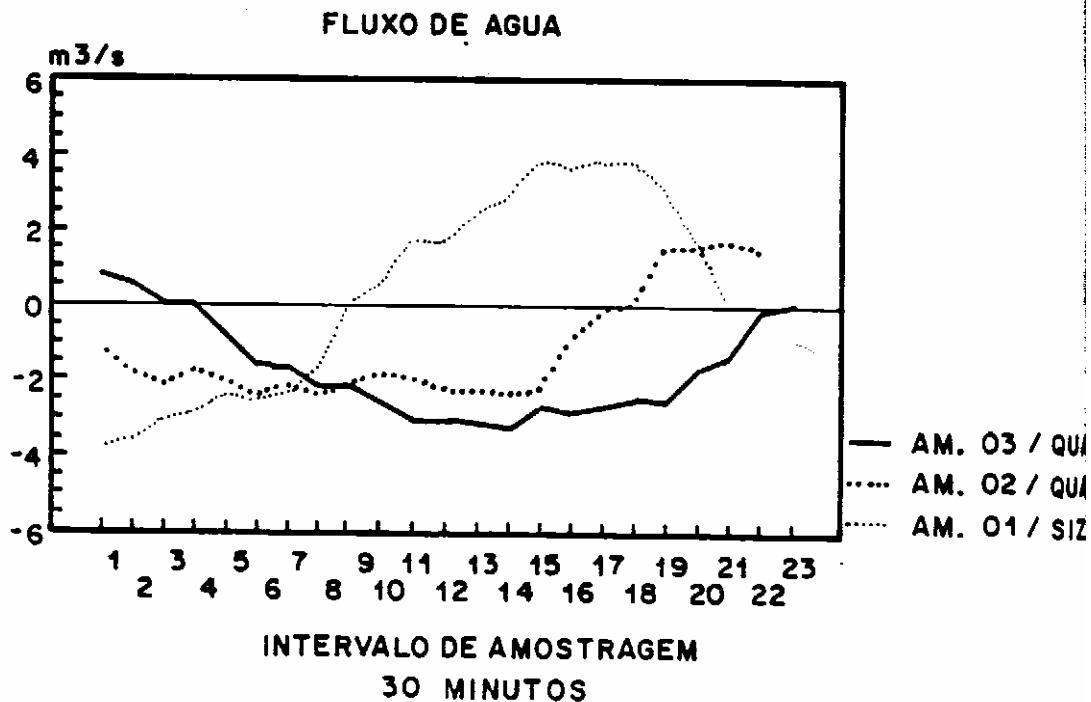


Figura 2 - Fluxo da água nas amostragem de sizígia e quadraturas.

deixando o sistema. Este padrão em quadratura é explicado pela baixa amplitude de maré, que não é capaz de empurrar a massa d'água das Lagoas da Tijuca e de Camorim até a Lagoa de Jacarepaguá.

Na amostragem de sizígia observa-se um aumento na condutividade elétrica com a entrada da maré, e um decréscimo simultâneo nos valores de pH (fig. 3a). Isto pode ser explicado pela entrada das águas do Arroio Fundo, em direção à Lagoa de Jacarepaguá, com valores de pH variando dentro da faixa de 2,7 a 7,3 (FEEMA, 1984), ou seja, inferiores aquele reportado para a água do mar que é da ordem de 8,2 (KRAUSKOPF, 1979).

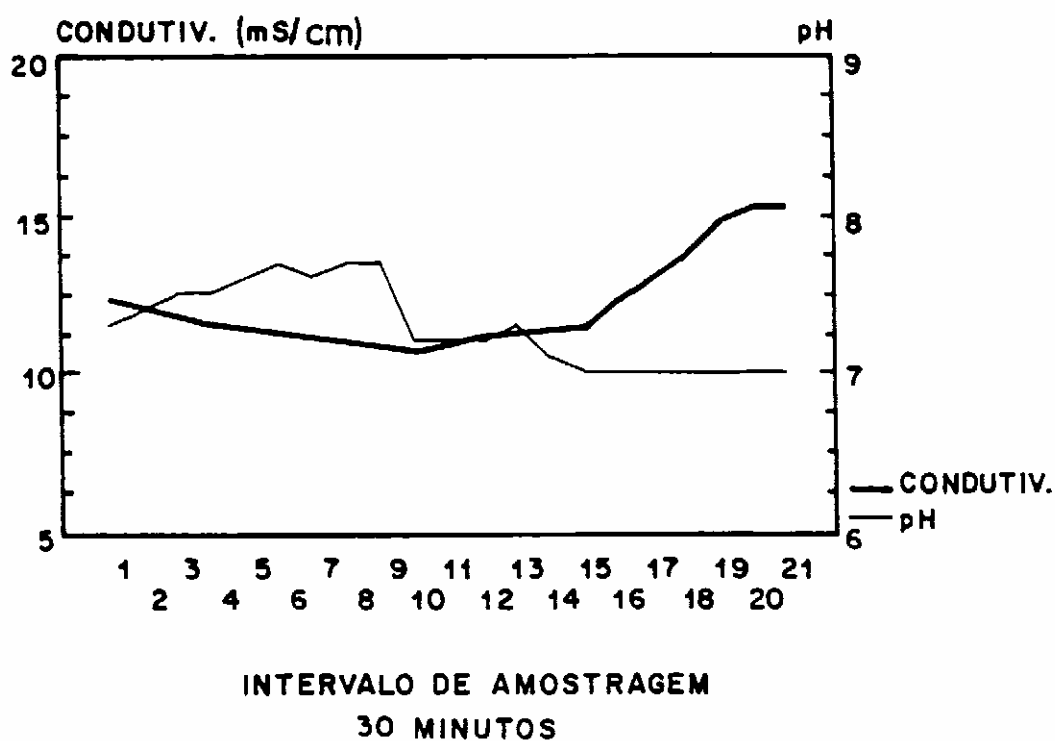


Figura 3a - Variação da condutividade e pH na amostragem de sizígia.

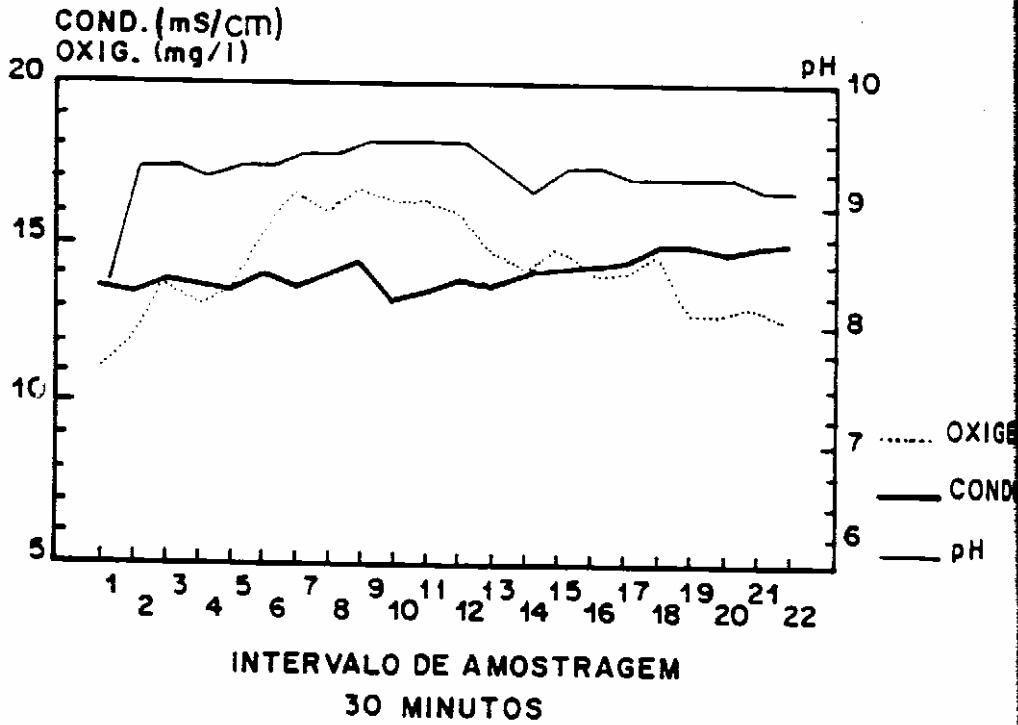


Figura 3b - Variação da condutividade, pH e concentração de oxigênio dissolvido na amostragem de quadratura (mar./90).

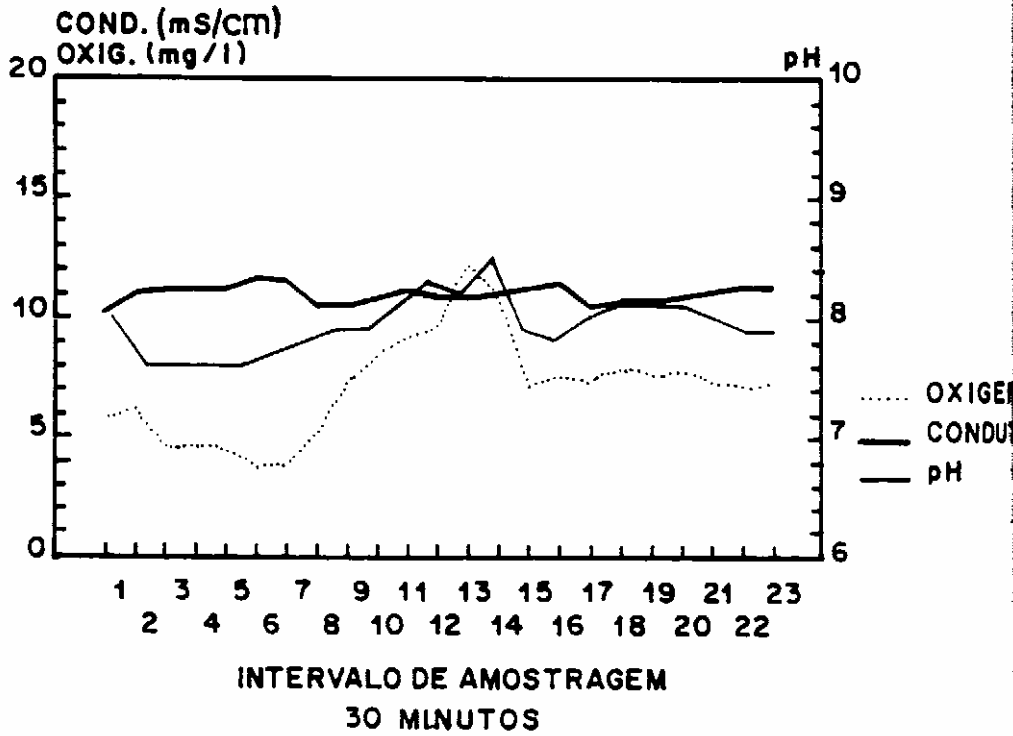


Figura 3c - Variação da condutividade, pH e concentração de oxigênio dissolvido na amostragem de quadratura (jun./90).

A média da concentração de sólidos em suspensão neste semi-ciclo foi da ordem de $33 \pm 7 \text{ mg/l}$. Os valores médios de P-dissolvido e P-particulado neste semi-ciclo foram da ordem de $0,71 \pm 0,09 \text{ mg/l}$ e $17,3 \pm 9,6 \text{ mg/g}$ respectivamente (Tab. II). O aumento da concentração de fósforo dissolvido na coluna d'água, corresponde ao período de entrada da maré, pode ser explicado pela entrada das águas do Arroio Pavuna, provocada pela grande amplitude da maré de sizígia (fig. 4a), tendo em vista que este rio é o de maior vazão para o sistema drenado uma sub-bacia intensamente habitada. Importante notar também que, mesmo com o aumento nas concentrações do fósforo dissolvido, o coeficiente de variação observado para este parâmetro foi somente da ordem de 13%, já para o fósforo particulado o coeficiente de variação foi da ordem de 56% (Tabela II). Importante notar que o máximo nas concentrações de fósforo particulado é observado no período correspondente à inversão da direção do fluxo (fig. 4b). Pode-se supor a partir daí, que a ressuspensão do sedimento de fundo, ocasionada pela inversão no fluxo da corrente em sizígia, possa ter sido responsável por esta variação que todavia não exerce influência apreciável nas concentrações do elemento dissolvido. O efeito da ressuspensão do sedimento de fundo no aumento da concentração de metais na forma particulada foi reportado por REZENDE, 1988 em estudo de transporte de metais e matéria orgânica num canal de mangue na Baía de Sepetiba.

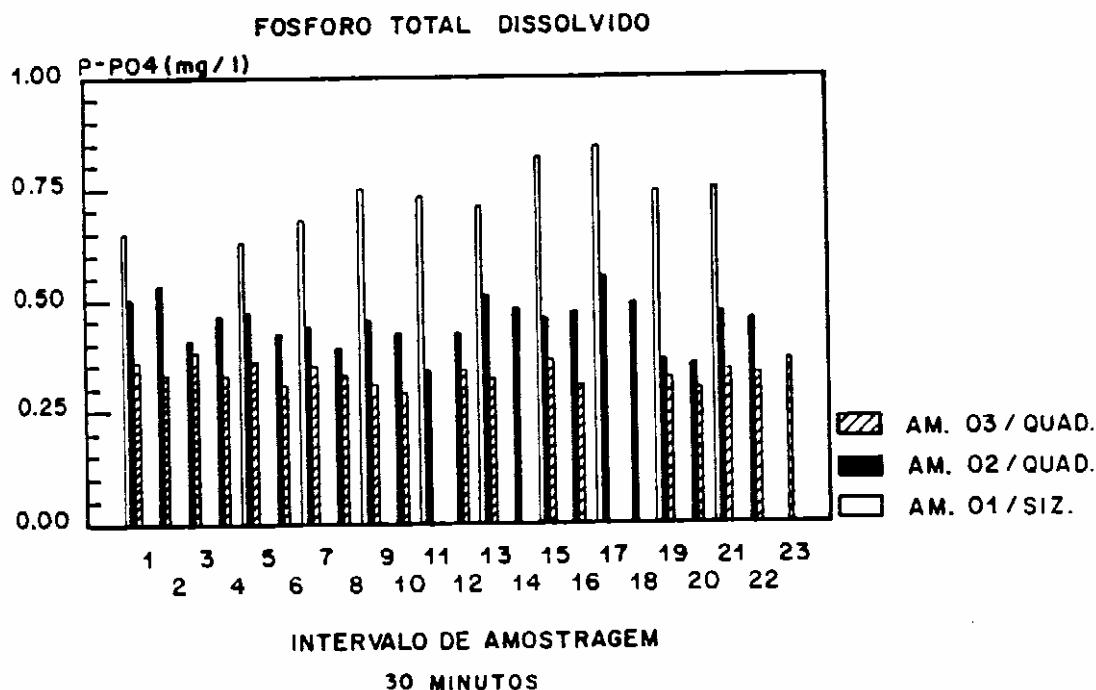


Figura 4a - Variações das concentrações de fósforo total dissolvido nas amostragens de sizígia e quadratura.

FOSFORO TOTAL PARTICULADO
(mg/g)

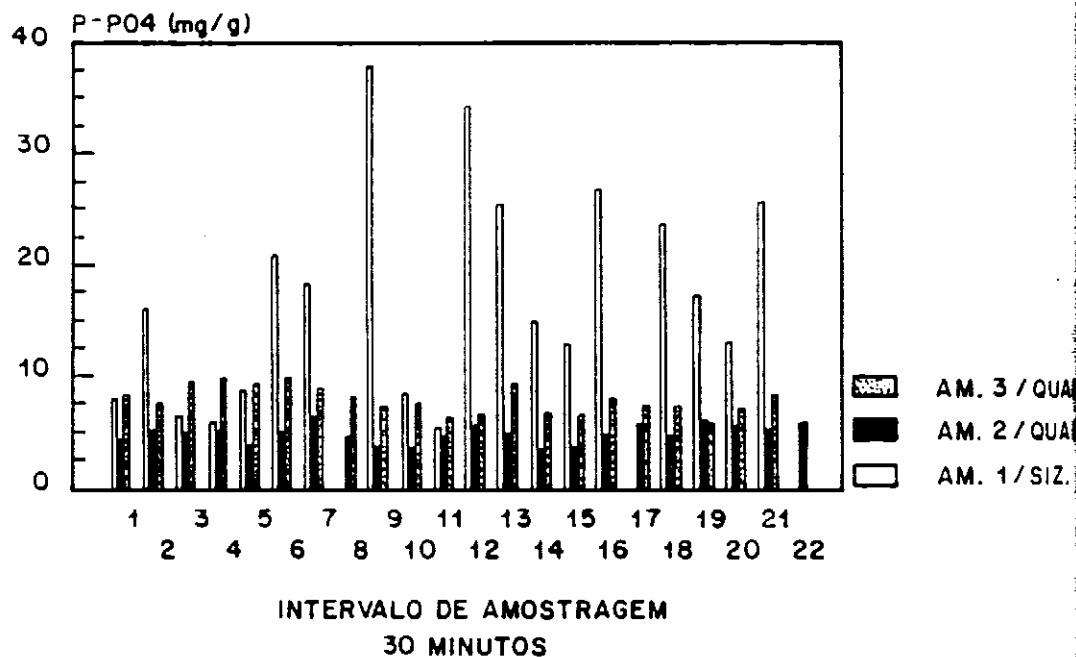


Figura 4b - Variação das concentrações de fósforo total particulado nas amostragens de sizigia e quadratura.

Tabela II- Concentrações médias de fósforo dissolvido (mg/l) e particulado (mg/g) e seus coeficientes de variação (CV), nos três semi-ciclos de maré.

Amostragem 01- Sizigia				
Fósforo	N	média	intervalo	CV(%)
dissolvido	10	0,71	0,54 - 0,84	13
particulado	20	17,3	5,4-37,8	56
Amostragem 02 - quadratura				
Fósforo	N	média	intervalo	CV(%)
dissolvido	22	0,45	0,34-0,55	11
particulado	22	4,50	3,4-6,2	17
Amostragem 03 - quadratura				
Fósforo	N	média	intervalo	CV(%)
dissolvido	19	0,33	0,29-0,38	6
particulado	21	7,8	5,7-9,9	16

A segunda amostragem, realizada num semi-ciclo de quadratura (março/1990) apresenta valores de condutividade praticamente constantes e valores de pH variando na faixa de 8.3 a 9.5 (fig. 3b). Os valores de pH podem ser explicados pela alta taxa fotossintética ocasionada pela intensa floração de *Mycrocystis* sp. observada nesta amostragem, que também pode ter sido responsável pelos altos valores de oxigênio dissolvido que variaram dentro da faixa de 11 a 16.6 mg/l caracterizando a hipersaturação na coluna d'água, fato este frequentemente registrado nos fenômenos de floração (MATTOS et al, 1986).

A média da concentração de sólidos em suspensão foi da ordem de 62 ± 17 mg/l, sendo estes valores superiores aos registrados na primeira amostragem. Pode-se atribuir este fato à maior quantidade de material fitoplanctônico, decorrente da floração. Apesar de não ter sido possível a realização da quantificação da biomassa, pôde-se distinguir, ainda que visivelmente, pela coloração do séston, a predominância de organismos fitoplanctônicos nesta amostragem em relação à amostragem de sizígia.

Os valores médios de fósforo dissolvido e particulado para este semi-ciclo foram da ordem de 0.45 ± 0.05 mg/l e 4.5 ± 0.8 mg/g respectivamente. Em ambos os casos os valores foram inferiores ao observado na primeira amostragem (tabela II). A depleção nas concentrações do fósforo dissolvido pode ser atribuída a um aumento na assimilação do elemento pela exigência nutritiva dos organismos fitoplanctônicos (FRED LEE, 1973), já que nesta amostragem o sistema esteve sujeito a um intenso processo de floração, ou ainda à uma possível precipitação do elemento com o cálcio na forma de fosfato de cálcio, dado os altos valores de pH (ESTEVES, 1988).

Em respeito às menores concentrações do fósforo particulado em relação à amostragem de sizígia, o seguinte aspecto merece ser ressaltado: inicialmente a composição do material em suspensão em sizígia sofre forte contribuição do sedimento ressuspenso do fundo, enriquecido em fósforo. Já na amostragem de quadratura o particulado, como já foi visto, é dominado por material fitoplanctônico com níveis intrínsecos mais baixos do elemento.

A terceira amostragem, realizada num semi-ciclo de quadratura (junho/1990), também esteve sujeita a um processo de floração, porém de menor intensidade. A concentração de sólidos em suspensão foi da ordem de 34 ± 10 mg/l.

Os valores de pH e oxigênio mostraram uma tendência de variação semelhante ao da segunda amostragem, porém apresentando valores inferiores (fig. 3c). Os valores médios de fósforo dissolvido e fósforo particulado foram respectivamente da ordem de 0.33 ± 0.02 mg/l e 7.8 ± 1.2 mg/g (tabela II). Estes valores são igualmente inferiores aos da amostragem de sizígia, o que nos permite sugerir que os mecanismos discutidos para o comportamento do fósforo na segunda amostragem também são válidos para esta.

Em ambas as amostragens de quadratura, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram registradas no período de 11:00 às 16:00 (figs. 3b e 3c), correspondente ao período de maior intensidade luminosa no sistema e conseqüentemente favorecendo o aumento na taxa fotossintética.

A estimativa preliminar do balanço de massa para cada semi-ciclo aponta para um acúmulo de 36kg de fósforo na Lagoa de Jacarepaguá na amostragem de sizígia, 8kg na segunda amostragem e 9kg na terceira (tab. III). O padrão de funcionamento do transporte do elemento nos três semi-ciclos mostra aspectos distintos e relevantes. Em sizígia, onde se poderia esperar uma renovação mais efetiva das águas da lagoa, observa-se a forte influência do material

transportado pelo Arroio Fundo que tem suas águas empurradas para o interior da Lagoa de Jacarepaguá com a entrada da maré. É registrado justamente neste semi-ciclo o maior acúmulo do elemento dentre os três semi-ciclos estudados. Nos semi-ciclos de quadratura, apesar do fluxo ser continuamente negativo, ou seja deixando o sistema, observa-se ainda o acúmulo do elemento no seu interior, porém em níveis inferiores ao que é registrado em sizigia.

Tabela III - Balanço de massa de fósforo total, considerando o aporte pelos rios e a carga transportada pela maré para cada semi-ciclo estudado.

BALANÇO DE MASSA	AMOSTR.01 SIZIGIA	AMOSTR.02 QUADRATURA	AMOSTR.03 QUADRATURA
APORTE PELOS RIOS (kg)	42	42	42
TRANSPORTE PELA MARÉ(kg)	36	-35	-34
ACÚMULO NA LAGOA (kg)	78	7	8

Os resultados obtidos no testemunho do sedimento denotam um incremento nas concentrações do fósforo ao longo do tempo (fig. 5). As concentrações nas camadas superiores, mais recentes, chegam a ser até 4 vezes maiores do que nas camadas mais profundas, retratando o quadro de violento impacto ao qual o sistema está submetido.

Tomando como base a taxa de sedimentação no local da amostragem, como sendo da ordem de 1cm/ano (Fernandes, 1991), teremos que o perfil do sedimento obtido cobre um período de aproximadamente 50 anos o que dá uma boa descrição das condições da Lagoa de Jacarepaguá antes do período de ocupação urbana e industrial da Baixada de Jacarepaguá. As concentrações de fósforo nas camadas mais profundas, da ordem de 500µg/g, são compatíveis com aquelas reportadas para o folhelho médio que são da ordem de 750µg/g (KRAUSKOPF, 1979).

Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho permitem caracterizar a Lagoa de Jacarepaguá como um sistema eutrófico, sendo que contribuem para este quadro, de maneira mais relevante, os despejos domésticos lançados diretamente nos rios tributários à lagoa.

O balanço de massa, ainda que em caráter preliminar, realizado durante os três semi-ciclos de maré, sugere que a lagoa funcione como um meio eminentemente acumulador para o elemento o que é reforçado pelos dados obtidos no perfil do sedimento que apontam para um enriquecimento crescente nas concentrações do elemento no meio.

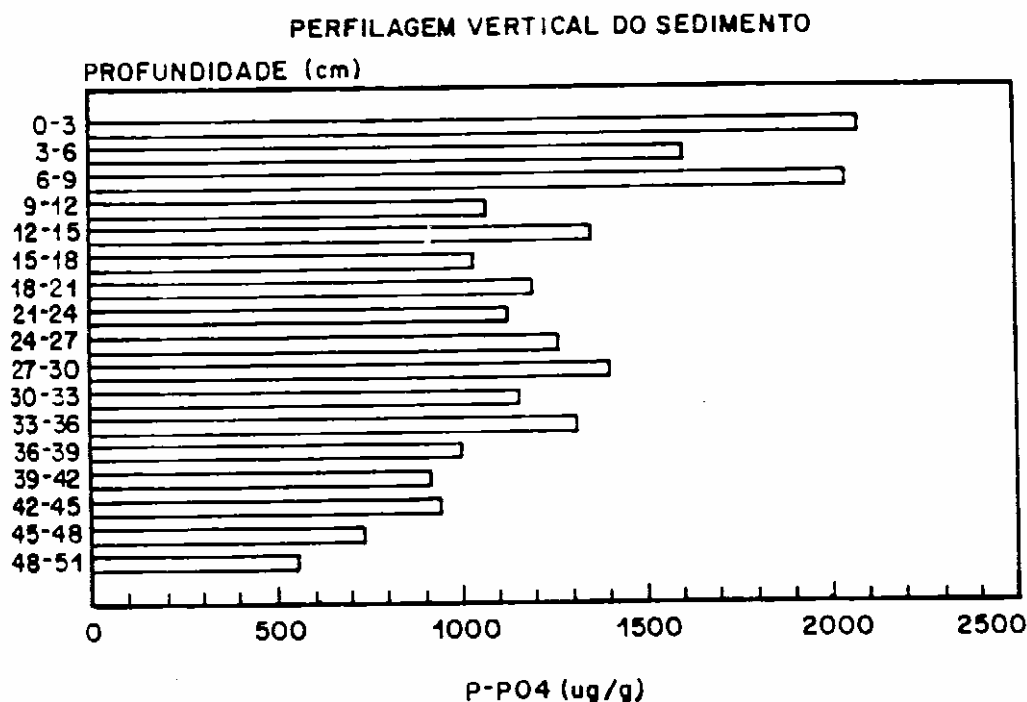


Figura 5 - Concentrações de fósforo num perfil vertical de sedimento na Lagoa de Jacarepaguá em área sob influência do Arroio Pavuna

O processo de renovação das águas esperado na maré de sizígia, mostrou não ser eficiente, uma vez que a entrada do Arroio Fundo com a maré traz consigo uma maior carga de fósforo para o sistema.

O mecanismo de ressuspensão do sedimento de fundo mostrou ser importante no aumento das concentrações de fósforo particulado em sizígia. Já em quadratura a ocorrência da floração, ocasionando no aumento da taxa fotossintética e no aumento da produção primária, mostrou ter sido responsável pela depleção nas concentrações do fósforo dissolvido e pelos altos valores de oxigênio dissolvido.

A continuação dos estudos se faz necessária para a definição de resultados mais precisos e uma melhor avaliação dos processos responsáveis pelo transporte do fósforo no sistema. Contudo, os resultados aqui obtidos permitem caracterizar um quadro dramático cuja reversão depende de providências efetivas, por parte da sociedade, no tocante a instalação e funcionamento de um sistema de saneamento na Baixada de Jacarepaguá.

Referências bibliográficas

- APHA-AWWA-WPCF (1980). Standard methods for the examination of water and wastewater. 14ed., New York, 466-481.
- CASTELO BRANCO, O.O.; BELCHIOR AGUIAR, A.E.; BARROS, F.A. (1971). Aspectos Sanitários das Lagoas da Baixada de Jacarepaguá - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA 7, São Paulo, SP, p.1-34.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1978). Normalização Técnica NT-07, Análises Físico-Químicas de águas, São Paulo. ESTEVES, F.A. (1988). Fundamentos de Limnologia, Interciência, Rio de Janeiro, FINEP, 575 p.
- FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. (1979) Manual do Meio Ambiente - Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras. Rio de Janeiro (SLAP), 305 p.
- (1984) Qualidade das Águas do Estado do Rio de Janeiro - Relatório.
- FERNANDES, H.M. (1991) Abordagem geoquímica no estudo da poluição por metais pesados nos sistemas fluviais e lagunar da baixada de Jacarepaguá - RJ. Rio de Janeiro, UFF, Instituto de Geoquímica. (Tese de mestrado). (No prelo)
- FRED LEE, G. (1973) Role of phosphorus in eutrophication and diffuse source control. Water Research 7:111-128
- KJERFVE, B. & WOLAVER, T.G. (1986) Sampling Optimization of Studies of Tidal Transport in Estuaries. American Fish. Soc. Symp. 3:26-33.
- KRAUSKOPF, K.B. (1979) Instruction to Geochemistry, 2ed. Mcgraw-Hill International Book Company, 615 p.
- MATTOS, A.P.; ALVES, V.R.E.; CAVALCANTI, C.G.B.; EVARISTO, S.M.S.; COLARES, A.P. (1986) Contribuição ao estudo limnológico do lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil. Acta Limnol. Bras. 1:129-154.
- MEDEIROS, K.L.S. (1982) Um Modelo de Programação matemática para o controle de poluição em corpos d'água: aplicação ao sistema lagunar de Jacarepaguá. Rio de Janeiro, UFF Engenharia de Produção. (tese de mestrado)
- REZENDE, C.E. (1988) Balanço de matéria orgânica e metais pesados em um ecossistema de mangue: Baía de Sepetiba. - RJ. Rio de Janeiro, UFF, Instituto de Geoquímica, 205 p.
- WETZEL, R. (1981) Limnologia. Barcelona, Omega, 697 p.

Endereços dos autores

VEIGA, L.H.S* e FERNANDES, H.M.*
 INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA/IRD
 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
 AV. DAS AMÉRICAS km 11,5 - BARRA DA TIJUCA
 RIO DE JANEIRO/RJ - CEP 22602