

Acta Limnol. Brasil.	Vol. III	275-290	1990
----------------------	----------	---------	------

CICLO ANUAL DE PRODUÇÃO PRIMÁRIA E NUTRIENTES NA LAGOA DE GUARAPINA, RJ

MOREIRA, P.F.* e KNOPPERS, B.A.*

RESUMO

Através da descrição e quantificação da produção primária de matéria orgânica e da carga de nutrientes é possível conhecer a estrutura, o funcionamento, e o estado trófico de sistemas lagunares. Com este objetivo foram monitoradas durante um ano a partir de agosto de 1985 a julho de 1986 na Lagoa de Guarapina algumas variáveis físicas, alguns nutrientes (amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato e silicato), material em suspensão em termos de peso seco de seston, clorofila *a*, e a produção primária ($C-14$). A amostragem foi conduzida em três estações situadas entre as fontes de água doce e marinha com freqüência quinzenal.

O ciclo anual da produção primária apresentou variação sazonal nítida com uma época de taxas relativamente baixas no inverno e na primavera, com um valor médio de $30 \text{ mgC/m}^2/\text{h}$ semelhante ao comportamento do tipo "Steady State", e taxas altas no verão até de $250 \text{ mgC/m}^2/\text{h}$. A produção primária anual foi $412 \text{ mgC/m}^2/\text{ano}$. Os nutrientes inorgânicos dissolvidos demonstraram grande variabilidade temporal, sem tendência nítida de variação

* UFF - Niterói, RJ

sazonal. A biomassa fitoplanctônica em termos de clorofila a variou sazonalmente entre 20 e 100 mg/m².

A Lagoa apresentou condições mesotróficas durante o inverno e a primavera; eutróficas e hipertróficas no verão e outono. Considerando que o aporte fluvial de nutrientes e matéria em suspensão foi baixo, e que a urbanização ao redor da lagoa é pouco intensa, pode-se sugerir que a eutrofização a que o sistema está sujeito, é um processo predominantemente natural.

ABSTRACT - ANNUAL CYCLE OF THE PRIMARY PRODUCTION AND NUTRIENTS IN GUARAPINA LAGOON, R.J. - BRAZIL

Studies on the changes of dissolved inorganic nutrients and primary production of organic matter yield general information on the structure, functioning, and trophic state of lagoon systems. With this in mind various physical parameters, the nutrients ammonia, nitrite, nitrate, orthophosphate and silicate, suspended matter in terms of Seston DW, chlorophyll a and primary production (C-14) were monitored at biweekly intervals during an annual cycle (1985-1986) at three stations in Guarapina Lagoon, Brazil.

Primary production exhibited a clear seasonal pattern with low rates in winter and spring (-30mgC/m²/Yr) and high rates in summer (-250 mgC/m²/h). The annual primary production of Guarapina Lagoon was 412 gC/m²/h. Dissolved inorganic nutrients showed no seasonal trend and the pattern was marked by short temporal variations. Phytoplankton biomass, in terms of chlorophyll a, varied seasonally between 20 and 100 mg/m².

The lagoon presented mesotrophic conditions in winter and spring, and eutrophic to hypertrophic in summer and autumn. Considering that fluvial input of nutrients is very low and that urbanization is limited, the lagoon seems

to suffer a quasi-natural process of eutrophication.

INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras são áreas de transição entre o mar e o continente (BARNES, 1980) e geralmente atuam como áreas de retenção de matéria.

As lagoas, juntamente com os estuários, são considerados os sistemas aquáticos mais produtivos, sendo caracterizados por altas taxas de produção primária e teores elevados de biomassa auto e heterotrófica (NIXON e LEE, 1981 e SUBBA RAO, 1981).

Em comparação com os estuários, poucos estudos quantitativos foram conduzidos sobre o funcionamento de ecossistemas lagunares, principalmente no que se refere a ciclos anuais de produção primária em ambientes tropicais. DUFOUR (1984) estimou a produção primária anual para a Lagoa de Ebrié em 236 gC/m²/ano, e TUNDISI et alii (1973) encontraram 125 gC/m²/ano para a Lagoa de Cananéia.

Este trabalho apresenta resultados da variação anual da produção primária e do teor de nutrientes na Lagoa de Guarapina (RJ - Brasil) e avalia os processos físicos e químicos que regulam a produtividade primária do sistema pelágico.

ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa de Guarapina está situada no litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Fig. 1) e faz parte do sistema lagunar de Maricá. A Lagoa apresenta uma área superficial de 6,38 km², uma profundidade média de 1 m e seu volume é de 6,4 x 10⁶ m³ (AZEVEDO et alii, 1984). O acesso ao oceano é feito por meio de um canal artificial de maré, Canal de Ponta Negra, e a conexão com a Lagoa de

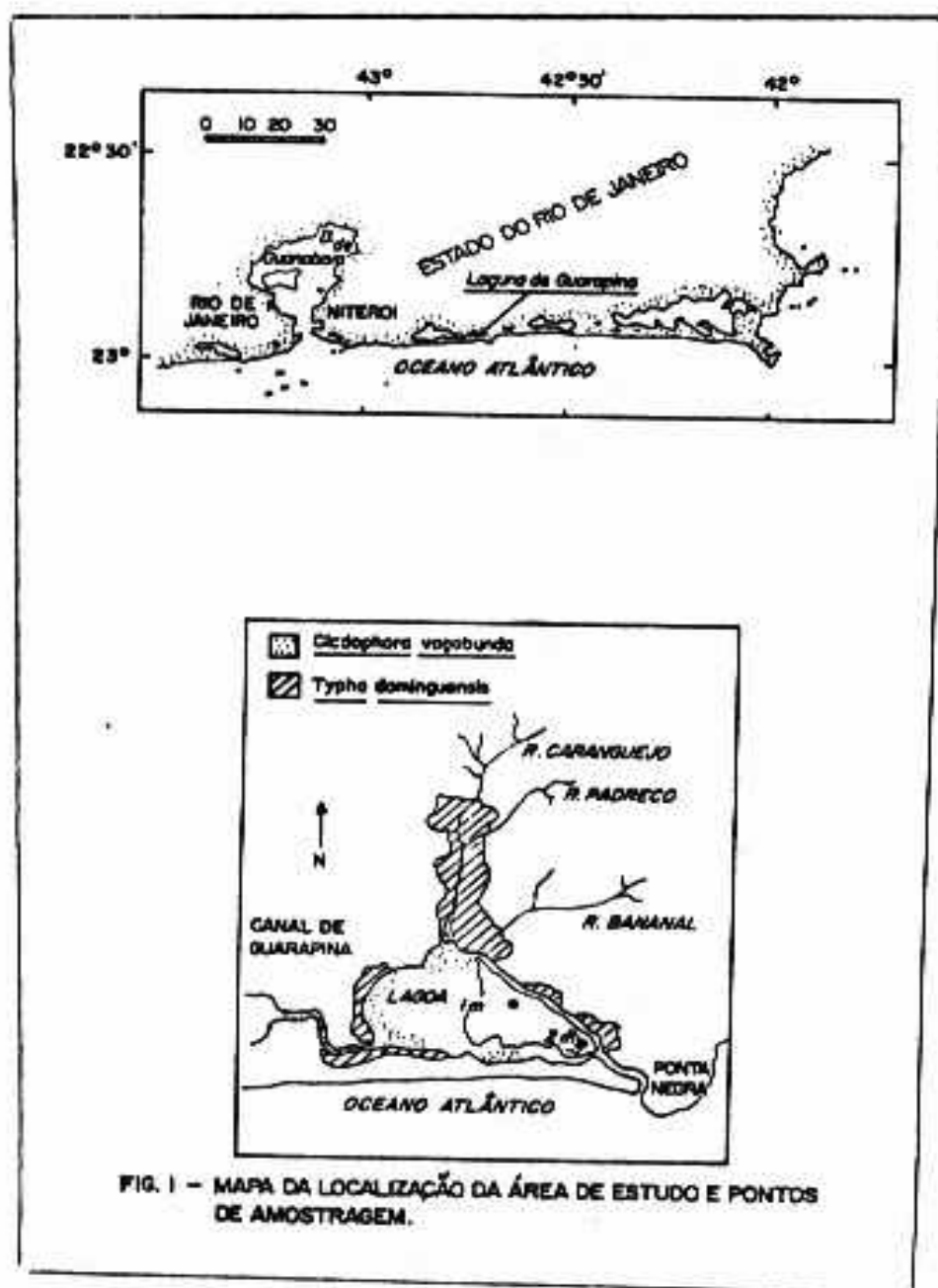


Figura 1 - Mapa da localização da área de estudo e pontos de amostragem.

Maricá se faz através do Canal de Guarapina. A Lagoa tem como principal fonte de água doce o Rio Caranguejo. O clima é quente e úmido, com uma estação de seca durante o inverno e uma chuvosa na primavera e no verão. A precipitação anual é de 1.300 mm (BARBIERE, 1986). A vegetação ribeirinha é caracterizada pela presença de macrofitos aquáticos do genero *Typha* sp.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido durante o período de agosto de 1985 a julho de 1986 (em intervalos quinzenais), visando o conhecimento da variação sazonal e diária dos parâmetros analisados.

As amostragens foram realizadas em três estações fixas (1, 2 e 3) ao longo de um transecto entre a embocadura do Rio Caranguejo e a área de acesso ao mar, o Canal de Ponta Negra (Fig. 1). A profundidade das estações 1, 2 e 3 é, respectivamente; 0,5; 1,0 e 2,5 m. As amostras foram coletadas na superfície da estação 1, na superfície e fundo da estação 2 e na superfície, 1,0 m e fundo da estação 3. A coleta foi feita utilizando-se uma garrafa de PVC tipo Van Dorn de 5 litros.

As variáveis analisadas, e as metodologias utilizadas estão descritas na Tab. 1.

Tabela 1 - Variáveis analisadas e metodologias utilizadas na Lagoa de Guarapina.

Variável	Metodologia
Temperatura	TERMOSALINÔMETRO TIPO MCS ELECTRONIC SWITCHGEAR, LONDON (IN SITU)
Salinidade	TERMOSALINÔMETRO (IN SITU)
Luz	SENSOR LI-COR QUANTUM 185 (IN SITU)
pH	ELETRODO DE pH (IN SITU)
Alcalinidade e CO ₂	STRICKLAND E PARSONS, 1972
Amônia, Nitrito, Nitrato, Ortofosfato e Silicato	STRICKLAND E PARSONS, 1972
Clorofila <i>a</i>	STRICKLAND E PARSONS, 1972, JEFFREY E HUMPHREY, 1975
Produção primária	SIEMANN NIELSEN, 1952

As amostras para análise de nutrientes foram filtradas em campo, com filtros Whatman GF/C pré-lavados com a própria amostra.

Em comparação com a temperatura, a salinidade apresentou padrão de variação anual menos definido (Fig. 3). A variação da salinidade na superfície demonstrou uma nítida semelhança entre as estações 2 e 3 (até 1 m de profundidade). Durante o período de agosto até janeiro, os valores oscilaram entre 16 e 19‰, e de fevereiro a maio, entre 20 e 22‰. Após o mês de maio, até o fim do período de estudo, observou-se um leve decréscimo na salinidade. Já na estação 1 ocorreram variações temporais mais acentuadas entre 2 e 18‰, devido à sua proximidade da fonte principal de água doce, o Rio Caranguejo.

Quanto ao fotoperíodo, observou-se pouca diferença entre o inverno e o verão (diferenças de 2 horas em média). Para a interpretação dos resultados de produção primária, é mais importante avaliar as variações de intensidade luminosa dos dias de amostragem em relação às características meteorológicas observadas na ocasião (Tab. 2).

Tabela 2 - Variações de intensidade luminosa, com observações referentes às condições meteorológicas nos diferentes dias de amostragem.

Data de amostragem	Intensidade de luz ($\mu\text{EM}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)	Observações
6/8, 16/8, 23/9, 16/1 e 31/1	1700 - 2000	Sol
8/8, 10/8, 12/8, 19/8, 19/12, 20/2, 2/4, 8/4, 9/4, 28/5 e 18/6	1000 - 1700	Cobertura parcial
10/10, 26/10, 7/11, 22/11 e 6/3	600 - 1000	Cobertura
14/8, 5/12, 20/3, 15/5 e 2/7	300 - 600	Chuva

Observou-se para os valores de pH, variações temporais significativas, que se mantiveram entre 7 e 9. Valores mínimos de 6,28, foram encontrados na estação 1, e máximos de 9,3 na estação 3.

Os nutrientes, à exceção do silicato, que apresentou um ciclo anual nítido com valores relativamente altos durante todo o ano (Fig. 4), apresentaram grande variabilidade. Ao longo do ano os teores de ortofosfato oscilaram entre 0,1 e 1,3 mgat/m³, concentrações mais elevadas foram encontradas no fundo da estação 3 e, somente sob condições de vento forte em combinação com entrada de água marinha observou-se transporte de ortofosfato do fundo para a haloclina (1 m), e aumento da concentração na superfície (KNOPPERS e MOREIRA, 1988).

O nitrogênio inorgânico total (NIT = NH₄-N + NO₂-N+NO₃-N) permaneceu em geral abaixo de 5 mgat/m³. Na maioria das análises, o nitrato atingiu o limite de detecção do método. O principal componente do N.I.T. foi o íon amônio, o qual foi responsável pelos elevados teores de nitrogênio inorgânico total em agosto, dezembro e junho. Instabilidades meteorológicas com homogeneização intensa da coluna de água foram registrados durante estes períodos, possibilitando desta forma o transporte vertical de amônia para a superfície. A relação N:P apresentou um caráter altamente dinâmico (Fig. 5).

A relação atômica entre nitrogênio e fósforo proposta por REDFIELD de 16:1 para a composição média do fitoplâncton, refletindo a demanda destes elementos para a produção, nem sempre foi observada na Lagoa de Guarapina. Foram encontrados valores mais altos no inverno (20:1) e mais baixos no verão (4:1), indicando que ocorreu em épocas diferentes a limitação de ambos os nutrientes, embora o nitrogênio possa ser considerado o principal nutriente limitante da produção primária, como ocorre em sistemas costeiros em geral (RYTHER e DUNSTAN, 1971; THAYER, 1974).

A tendência a limitação por fósforo no inverno

pode estar relacionada aos aportes de água doce, que são mais ricos em nitrogênio do que em fósforo neste período. Já a limitação por nitrogênio no verão está, provavelmente, relacionada à mais rápida remineralização do fósforo em relação ao nitrogênio, devido ao aumento da temperatura que intensifica o metabolismo dos microorganismos (POMEROY, 1960; RYTHER e DUNSTAN, 1971; NOWICKI and NIXON, 1985). Segundo NIXON (1981) o máximo de fósforo encontrado, no verão, em diversas lagoas do mundo é devido à estocagem de grande quantidade de matéria orgânica no fundo, a qual é mineralizada por bactérias e microzooplâncton sob altas temperaturas, resultando em rápida mistura na coluna d'água.

As concentrações integradas de clorofila a para as estações 1, 2 e 3 demonstraram tendência a um padrão definido de variação sazonal. As concentrações foram menores no inverno e primavera (em torno de 15,0 e 62,7 mg/m²), tendendo a aumentar com o início do verão, e permanecendo elevados até o final do ciclo, sendo que as concentrações neste período variaram entre 20,0 e 178,0 mg/m². Os valores máximos de clorofila a (Fig. 6) apresentaram-se defasados aos de produção primária, indicando que as elevadas concentrações de clorofila correspondem ao incremento resultante da produção, e provavelmente, a uma posterior acumulação de feopigmentos.

As sub-amostras foram estocadas a -18°C até a análise em laboratório.

As amostras para a determinação da produção primária foram incubadas "in situ" por períodos de 3 horas, geralmente, entre 11 e 14 h. Após a incubação foram filtrados em filtros Millipore de 0,45 µm. Estes filtros foram colocados em um dessecador para posterior contagem em contador Geiger-Müller.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura apresentou padrão definido de variação anual (Fig. 2), com valores mínimos de 22,0°C no inverno e valores máximos ao final do verão de 32,0°C. A exceção foi encontrado no dia 05/12/85 quando foram observados valores extremamente baixos de (21,5°C), o que também ocorreu para a luz (Tab. 2).

O aumento da temperatura, da primavera para o verão, de 20 para 30°C parece ter sido o principal fator responsável pelo incremento da produção primária entre o inverno e verão. A temperatura foi a única variável correlacionada com a produção primária, e esta correlação foi do tipo exponencial ($\text{LOGY} = -1,7 + 0,3x$, $p < 0.05$, $n=49$, $r^2= 0,76$, estação 2). DUFOUR (1984), também encontrou uma alta correlação entre a temperatura e a elevada produtividade na Lagoa de Ebrié. A temperatura regula também os processos de reciclagem dos nutrientes na Lagoa de Guarapina, pois os aportes alóctones de nutrientes são muito baixos, em média 3% (KNOPPERS e MOREIRA, dados não publicados) para sustentar a alta produção primária encontrada.

A produção primária apresentou um ciclo anual definido, com baixos valores no inverno e primavera (≈ 30 mgC/m²/h), e altos valores no verão e outono (≈ 250 mgC/m²/hr). As três estações (Fig. 7) apresentaram variações similares durante o período amostrado. A produção primária do período entre janeiro e abril foi, aproximadamente, 8 vezes maior que a de junho a dezembro.

A produção primária anual da Lagoa de Guarapina foi de 412 gC/m² e deve ser considerada elevada quando comparada a outros ambientes costeiros, como, por exemplo, a Lagoa de Ebrié (DUFOUR, 1984) onde a produção primária anual foi de 236 gC/m², e a Lagoa de Cananéia, com 125 gC/m² (TUNDISI et alii, 1973).

Na Lagoa de Guarapina, a maior parte desta produção primária é mantida através de uma reciclagem

interna dos nutrientes pois os aportes alóctones pelos rios representam cerca de 3% e pela precipitação atmosférica cerca de 2% da demanda da produção (MOREIRA, 1988; MOREIRA e KNOPPERS, em prep.).

Os resultados obtidos, neste trabalho, além de fornecerem informações sobre o funcionamento do ambiente também podem ser utilizados para a classificação do estado trófico (RAST & HOLLAND, 1988). Desta forma a Lagoa de Guarapina pode ser classificada como um ambiente eutrófico, baseado principalmente na elevada produção primária e biomassa, e na rápida ciclagem de nutrientes. Características mesotróficas foram observadas no inverno e na primavera e eutróficas a hipertróficas no verão e outono. É importante observar que esta mesma variação sazonal do estado trófico tem sido demonstrada em outros ambientes lagunares adjacentes (CARMOUZE, com. pess.). É importante também salientar a necessidade de estudos serem conduzidos ao longo de um ciclo anual, para que se chegue a esta conclusão, pois estudos conduzidos somente no inverno ou no verão poderiam, respectivamente, sub ou super-estimar o estado trófico do ambiente, particularmente no litoral fluminense.

O baixo aporte fluvial de nutrientes e matéria em suspensão em conjunto com a urbanização pouco intensa na região sugere que a Lagoa está sujeita a um processo de eutrofização praticamente natural. A eutrofização da Lagoa parece estar mais relacionada ao elevado tempo de residência da água no sistema, devido à baixa taxa de renovação de água marinha, através do Canal de Ponta Negra (KNOPPERS e MOREIRA, 1988; KNOPPERS e MACHADO, in press).

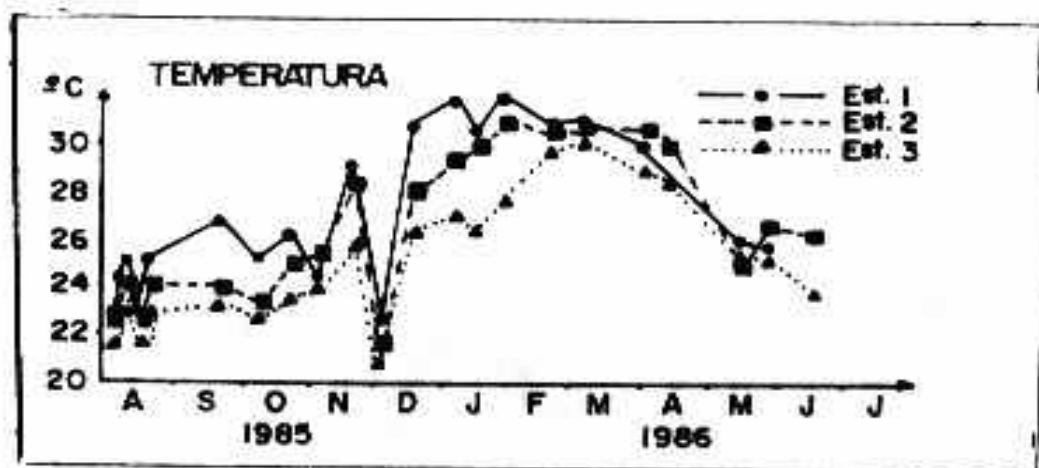


Figura 2 - Valores médios de temperatura para cada estação durante o ciclo anual.

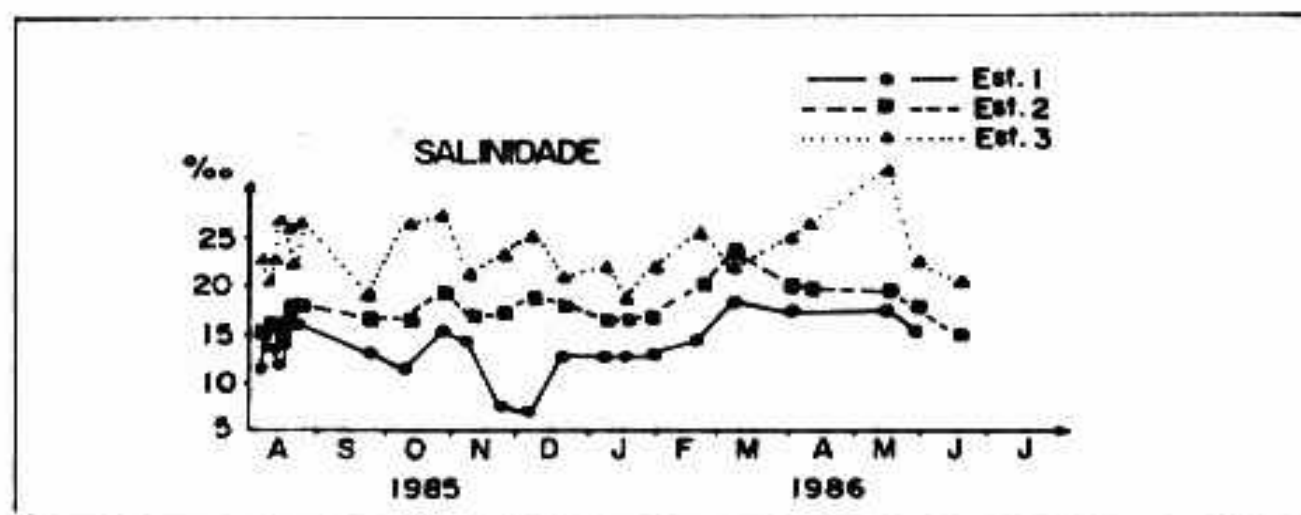


Figura 3 - Valores médios de salinidade para cada estação durante o ciclo anual.

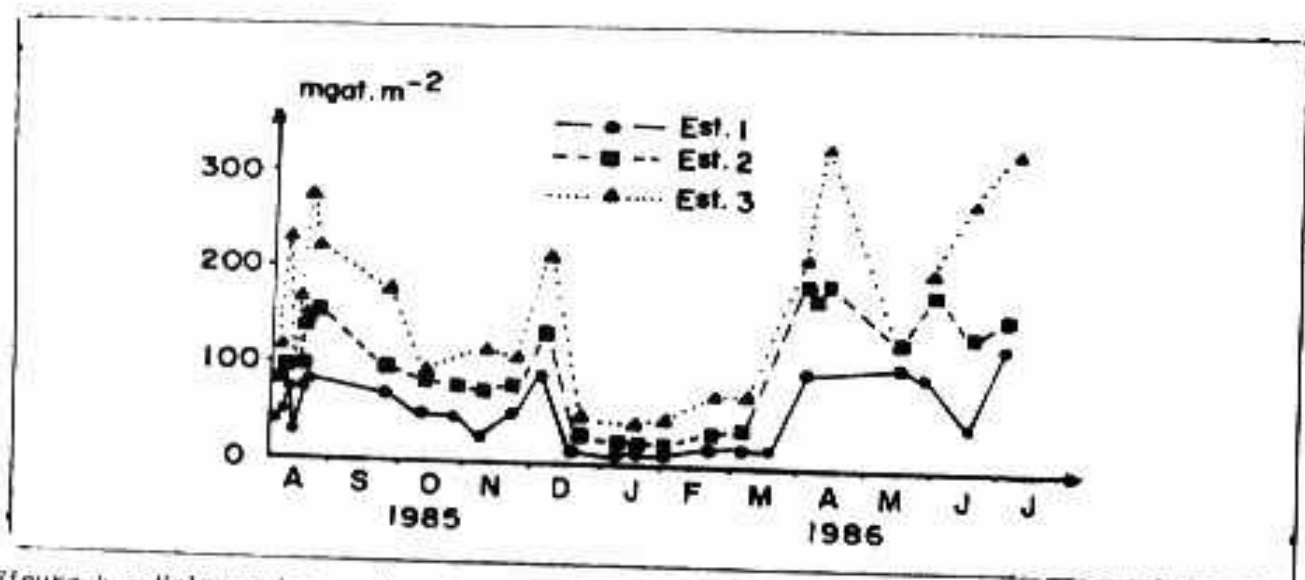


Figura 4 - Valores integrados de silicato na coluna de água, para cada estação, durante o ciclo anual.

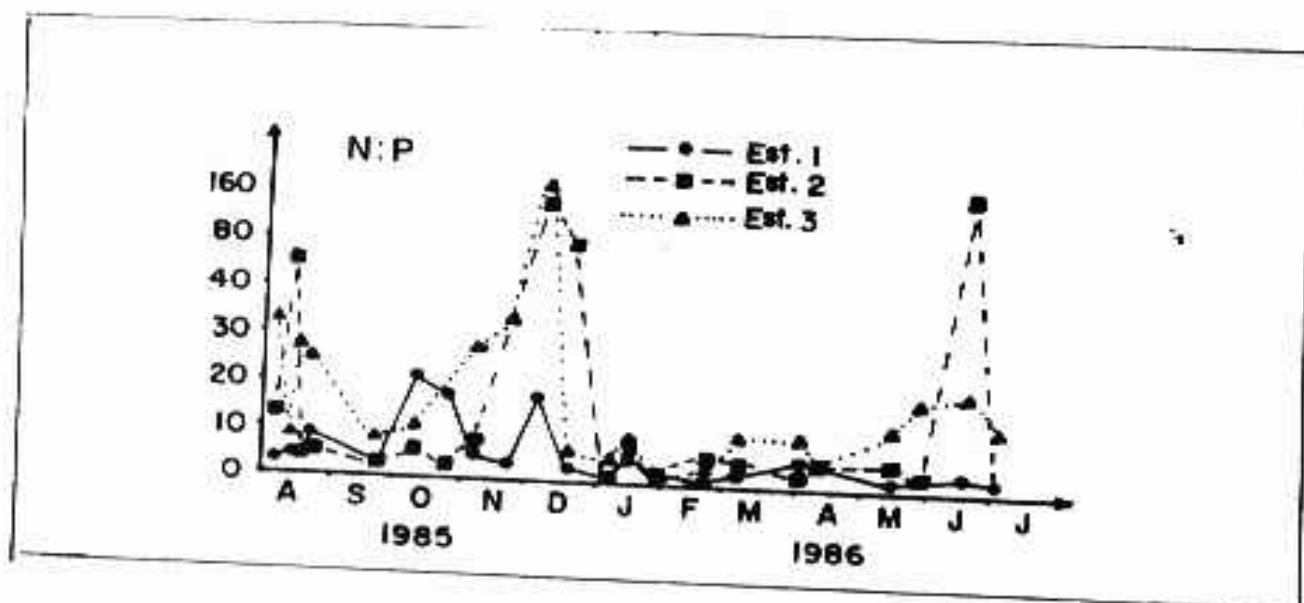


Figura 5 - Relação N:P, com valores integrados de nitrogênio total e ortofosfato, na coluna de água, para cada estação, durante o ciclo anual.

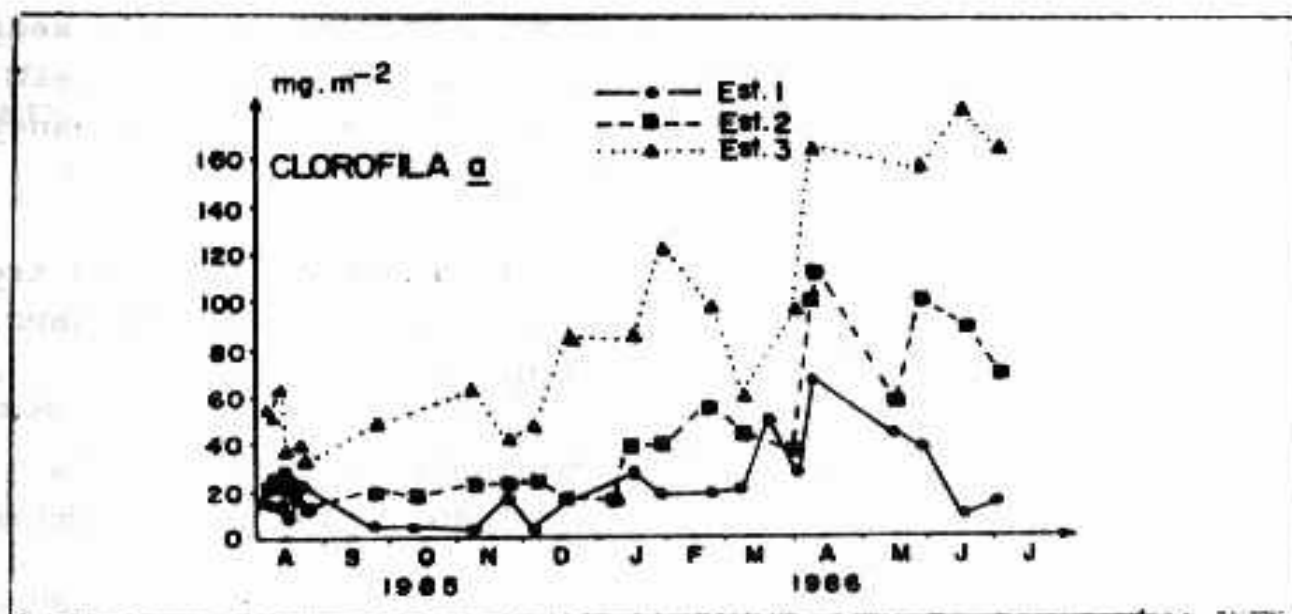


Figura 6 - Valores integrados de clorofila a na coluna de água, para cada estação, durante o ciclo anual.

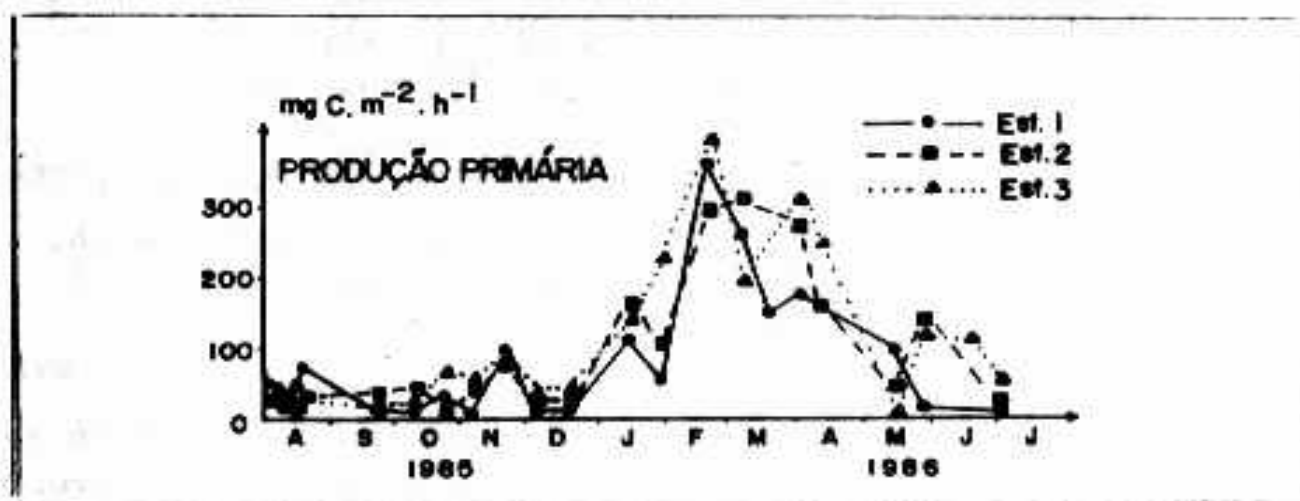


Figura 7 - Valores integrados de produção primária na coluna de água, para cada estação, durante o ciclo anual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, L.S.P.; TURCQ, B.; MARTINS, J.S. Geoquímica e sedimentologia da Lagoa de Guarapina (Rio de Janeiro-Brasil). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro, 1984. p. 231-44. Anais...
- BARBIÈRE, E.B. Distribuição de pluviosidade ao longo do trecho Niterói-Cabo Frio (RJ). In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 38, Curitiba, jul. 1986. Resumos...
- BARNES, R.S.K. Coastal lagoons. The natural history of a neglected habitat. Cambridge, 1980. 106 p. (Cambridge Studies in Modern Biology, 1).
- DUFOUR, P. Production primaire d'une lagune tropicale (Ebrié, Côte d'Ivoire) facteurs naturels et anthropiques. Paris, Université Pierre et Marie Curie, 1984. 100 p. (Tese de Doutorado).
- JEFFREY, S.W. & HUMPHREY, G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen, (167): 191-94, 1975.
- KNOPPERS, B.A. & MOREIRA, P.F. The short term effect of physical processes upon nutrients, primary production, and sedimentation in Guarapina Lagoon, RJ., Brazil. Acta Limnol. Bras., 2: 405-30, 1988.
- MACHADO, E.C. & KNOPPERS, B. Sediment oxygen consumption in an organic rich sub-tropical lagoon, Brazil. (no prelo)
- MOREIRA, P.F. Ciclo anual de nutrientes e produção primária na Lagoa de Guarapina, RJ. Niterói (RJ), Universidade Federal Fluminense, 1988. 103 p. (Dissertação).

- NIXON, S.W. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystems. In: ESTUARIES and nutrients. Clifton, New York, Humana Press, 1981. p. 111-38.
- NIXON, S.W. & LEE, V. The flux of carbon, nitrogen and phosphorus between coastal lagoons and offshore waters. In: UNESCO. Coastal Lagoon Research, present and future. Paris, 1981. p. 248-325. (Technical Papers in Marine Science, 33).
- NOWICKI, B.C. & NIXON, S.W. Benthic nutrient remineralization in a coastal lagoon ecosystem. Estuaries, 8: 182-90, 1985.
- POMEROY, L.R. Residence time of dissolved phosphate in natural waters. Science, 131: 1731-32, 1960.
- RAST, W. & HOLLAND, M. Eutrophication at lakes and reservoirs: a framework, for making management decisions. Ambio, 17(1): 1-12, 1988.
- RYTHER, J.H. & DUNSTAN, W.M. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. Science, 171: 1008-13, 1971.
- STEEMANN-NIELSEN, E. The use of radio-active carbon (^{14}C) for measuring organic production in the Sea. J. Cons., Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 18: 117-40, 1952.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Board, Canada, 122: 1-172 p., 1972.
- SUBBA RAO, D.Y. Spatial and temporal variations of phytoplankton production in lagoons. In: UNESCO. Coastal Lagoons Research, present and future. Paris,

1981. p. 173-89. (Technical Papers in Marine Science, 33).

THAYER, G.W. Identity and regulation of nutrients limiting phytoplankton production in the shallow estuaries near Beaufort, N.C. Oecologia, 14: 75-92, 1974.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M.; KUTNER, M.B. Plankton studies on a mangrove environment. VIII. Further investigations on primary production, standing stock phyto and zooplankton and some environment factors. Int. Rev. Gesamtem Hydrobiol., 58(6): 925-40, 1973.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Capitão Dalmo de Lacerda e aos técnicos do Laboratório de Oceanografia Química do Instituto de Estudos Almirante Paulo Moreira (IEAPM) pelas contagens de Carbono-14 dos filtros. À técnica Virgínia Helmeister agradecemos pelo apoio no Laboratório, ao Sr. Severino dos Santos pela disponibilidade de infra-estrutura no campo, à datilógrafa Sônia J.C. Oliveira pela datilografia do manuscrito, ao Instituto de Ciências Marinhas de Kiel e à GKSS, Geesthacht. Este trabalho é dedicado aos pescadores da comunidade de Ponta Negra.

Apoio CNPq - Proc. nº 40.2666/84 e FINEP.

ENDEREÇO DOS AUTORES

MOREIRA, P.F. e KNOPPERS, B.A.
Universidade Federal Fluminense
Departamento de Geoquímica - Instituto de Química
Rua Outeiro de São João Batista, s/nº - 5º andar
24210 Niterói - RJ