

PRODUÇÃO PRIMÁRIA E ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ECOLÓGICAS DA REGIÃO DE UBATUBA (LAT. 23°30'S - LONG. 45°06'W), BRASIL

CLOVIS TEIXEIRA

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Synopsis

Primary production and hydrographic measurements were taken at three different points at a bight (Lat. 23°30'S; Long. 45°06'W) during the winter and summer (1975-76). Some photosynthetic characteristics of the natural populations were also simulated in laboratory experiments. The relation between primary production and the environmental parameters, as well as with the different values of C:chlorophyll obtained, showed that the region is oligotrophic. However the cell size composition of phytoplankton may promote a maximum uptake of nutrients and improve the cellular reproduction. High values found for I_k showed that the population is adapted to high intensities as long as no physical barrier is established. Besides the ecological aspects presented the results allow us to suggest the viability of growing filter-feeding organisms as an option for marine culture.

Introdução

Os valores determinados para a produção primária do fitoplâncton marinho nas águas costeiras e oceânicas da região tropical são relativamente baixos. Este fato é causado principalmente devido às deficiências de alguns nutrientes, como os compostos de nitrogênio, Thomas (1967 e 1970). Alguns dados obtidos por Teixeira (1973a) e Teixeira & Vieira (1976), nesta mesma área indicaram que o nitrogênio constitui-se no fator limitante primário e o fósforo, no fator limitante secundário. Esses trabalhos demonstraram que a densidade das populações naturais que ocorrem nestas águas é geralmente baixa, ou seja, da ordem de 1,0 a 2,0 µg de clorofila-a por litro (Teixeira, 1973a). Introduzindo-se artificialmente, populações de culturas unialgais com densidades altas (19,0 µg clorofila-a/l), as mesmas foram reduzidas para densidades de apenas 1,2 µg clorofila-a/l, depois de 50 horas de incubação, o que comprova a natureza oligotrófica das águas em estudo.

Além de se estabelecer as características de um determinado tipo ambiental, quanto ao seu potencial de produção de matéria orgânica, é muito importante que sejam estabelecidas variações das razões fotossintéticas, assim como a contribuição das diferentes frações de uma mesma população de plâncton dentro de um determinado ecossistema. Com estes estudos pretendemos oferecer uma série de novos

subsídios, visando dar as informações antes mencionadas e outras que possibilitem uma exploração racional deste ecossistema, e similares, principalmente, a partir da produção orgânica produzida ao nível dos produtores primários.

Material e métodos

As coletas das amostras foram efetuadas na Enseada do Flamengo, em três pontos fixos e durante duas épocas distintas: uma, durante o inverno (julho, 1975), e outra durante o verão (janeiro, 1976), (Fig. 1).

As coletas realizadas permitiram-nos estudar o comportamento das populações planc-tônicas, assim como determinar alguns dos parâmetros ambientais de importância fundamental sobre vários processos de natureza biológica.

Os métodos utilizados são descritos sucintamente, em vários trabalhos, sendo largamente usados em oceanografia.

Produção primária

A produção primária (capacidade de um ecossistema construir às custas da energia radiante e química, compostos orgânicos de alto potencial químico) foi medida baseando-se diretamente na determinação da fotossíntese das algas planctônicas. A técnica utilizada foi a do carbono-14, seguindo-se a metodologia apresentada por Teixeira (1969), introduzindo-se algumas modificações sugeridas por Steemann-Nielsen (1965), com a finalidade de proporcionar maior precisão. O carbono to-

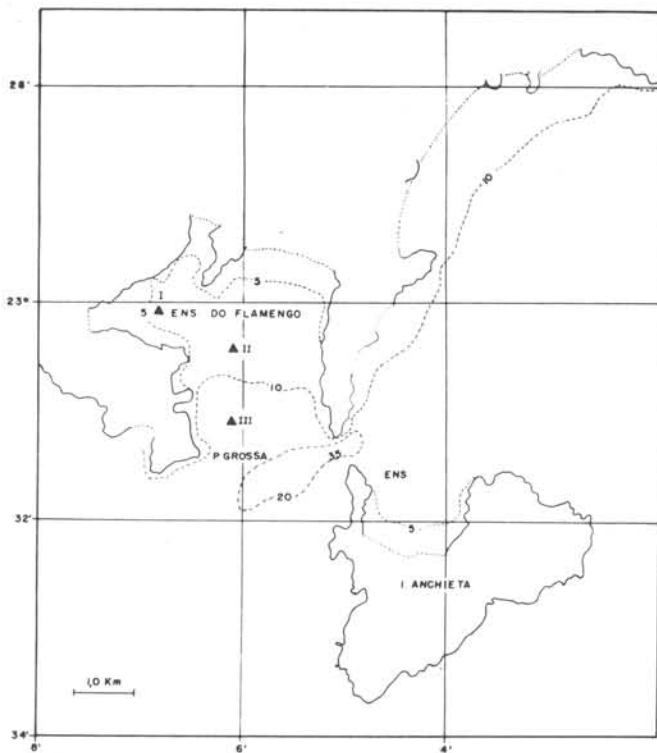


Fig. 1. Região estudada e a posição dos pontos de coletas (Estações).

tal produzido pelo fitoplâncton foi calculado, empregando-se a equação:

$$P = \frac{\text{ipm (F. transp.)} - \text{ipm (F. preto)}}{\text{ipm adicionado}} \times \frac{1,06 \times \text{CO}_2}{\text{tempo}}$$

sendo o fator 1,06 destinado a corrigir a respiração e a discriminação isotópica.

A radioatividade das amostras foi determinada num contador "Geiger-Müller" com janela terminal de mica, e os resultados considerados foram a média dos filtros em duplicatas. Os resultados obtidos foram reduzidos em 31%, para corrigir o método da precipitação do carbono de Bário.

As amostras de água foram coletadas com uma garrafa tipo "Van Dorn" com a capacidade de 8 litros, na superfície (= 100% de radiação solar) e nas profundidades seguintes baseadas na redução da penetração de energia luminosa: 50%, 25% e 10%. Estas profundidades foram determinadas com a utilização de um hidrofotômetro e corrigidas com um outro fotômetro de superfície, quando necessário. As amostras contendo populações naturais foram, em parte, utilizadas para a execução dos experimentos sobre produção primária e, em parte, para a análise quantitativa da clorofila-a, nitrato, fosfato, salinidade e oxigênio dissolvido.

As amostras inoculadas com carbono-14, foram incubadas "in situ" nas três "Estações", durante o período compreendido en-

tre 08:00 e 12:00 horas, e em condições simuladas nas duas "Estações" extremas (I e II), para se avaliar o efeito de diferentes intensidades luminosas sobre a fotossíntese. O incubador empregado possuía uma fonte de energia luminosa incandescente com a intensidade de 40,0 Klux (seis lâmpadas da marca "OSRAM" de 300 watts) e temperatura razoavelmente constante (variação de $\pm 3,0^\circ\text{C}$). A obtenção de um gradiente de intensidades luminosas foi conseguida empregando-se filtros neutros, feitos com telas de nylon superpostas, e a incubação foi feita durante 4,0 horas.

O fracionamento do fitoplâncton nas suas diferentes classes de tamanho (menor e maior de 50 μm) foi feito segundo a técnica utilizada por Teixeira (1973b).

A determinação das concentrações da clorofila-a, nitrato e fosfato dissolvido mais particulado, salinidade e oxigênio dissolvido foi feita de acordo com os métodos descritos por Strickland & Parsons (1965). Os dados sobre temperatura foram obtidos com termômetros "standard" de reversão acoplados às garrafas tipo "Nansen".

Resultados

Os resultados obtidos mostraram que, em termos de biomassa, as populações mantiveram-se relativamente constantes em toda a área estudada, tanto em termos espaciais como em temporais, excetuando-se apenas a região correspondente à Estação I, durante o verão, quando apresentaram um aumento na concentração de clorofila-a da superfície até o nível de 25% de penetração de luz (Tab. I).

Os dados da produção primária, ao contrário da biomassa, variaram significativamente nos diferentes níveis fóticos, encontrando-se um valor máximo de 10,70 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{hora}$ na Estação I, e um valor mínimo de 0,87 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{hora}$ na Estação III. Todos os dados obtidos mostraram que os organismos do nanofitoplâncton (menores de 50 μm) são responsáveis, em média, por mais de 90% da produção primária total (Tab. I). Pelas curvas de luz, fotossíntese obtida experimentalmente, foi possível determinar os valores para o fator I_k , que mostraram uma variação entre 6,0 Klux a 35,6 Klux (Fig. 1). Com relação aos dados hidrográficos, a região estudada mostrou-se homogênea em relação a salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido. Apenas na Estação III, durante o verão, a água de 10,0 m de profundidade apresentou uma temperatura de $4,6^\circ\text{C}$ inferior à da superfície, e o oxigênio dissolvido foi apenas 3,71 ml/l (Tab. II). Quanto aos

Tabela I - Dados de clorofila-a e produção primária do plâncton total e nas frações menores e maiores de 50 μm , durante duas épocas sazonais

Data	Estação	Profundidade		Clorofila-a (mg/m^3)	Produção Primária ($\text{mgC} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$)			
		(% Luz)	(m)		Total	<50 μm	>50 μm	$\text{mgC}/\text{clorofila-a}$
05/07/75	I	100	0,00	1,34	4,02	3,74	0,28	3,0
		50	2,00	1,05	5,25	4,93	0,32	5,0
		25	3,20	1,30	7,90	7,51	0,39	6,0
		10	4,10	1,75	9,74	8,27	1,47	5,5
06/07/75	II	100	0,00	1,85	7,38	6,81	0,59	3,9
		50	2,25	1,40	5,65	5,04	0,56	4,0
		25	3,60	1,00	4,08	3,62	0,38	4,0
		10	4,80	1,35	5,40	4,85	0,55	4,0
07/07/75	III	100	0,00	0,95	3,05	2,83	0,22	3,2
		50	4,70	1,00	2,90	2,47	0,43	2,9
		25	7,40	0,90	3,02	2,81	0,21	3,3
		10	10,50	0,85	2,65	2,39	0,26	3,1
27/01/76	I	100	0,00	2,80	10,70	10,45	0,25	3,8
		50	1,75	2,20	10,15	9,70	0,45	4,6
		25	2,80	2,30	9,40	8,93	0,47	4,0
		10	3,90	1,70	7,00	6,65	0,35	4,1
28/01/76	II	100	0,00	1,50	5,35	4,82	0,48	3,5
		50	2,00	1,75	4,60	4,41	0,29	2,6
		25	3,10	1,48	3,90	4,13	0,17	2,6
		10	4,25	1,60	3,45	3,27	0,18	2,1
29/01/76	III	100	0,00	1,25	2,05	1,97	0,08	1,6
		50	3,30	0,95	1,75	1,68	0,05	1,8
		25	6,80	0,80	0,92	0,83	0,07	1,1
		10	9,40	1,08	0,87	0,84	0,03	0,8

nutrientes determinados, foram sempre encontrados em quantidades relativamente baixas, principalmente o nitrato, que variou de 0,005 a 0,126 $\mu\text{g-at}/\text{l}$; o fósforo variou de 0,020 a 1,100 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ (Tab. II).

Discussão

Estudos sobre a distribuição das algas componentes das comunidades planctônicas marinhas, quando consideradas com relação às suas dimensões, dão uma idéia das possíveis implicações ecológicas relacionadas à rede trófica. Assim, as interrelações entre biomassa, produção primária e determinados fatores ambientais, permitem esclarecer a qualidade e a quantidade de

alimento disponível para os produtores secundários da região.

Analisando-se os valores encontrados em termos de carbono particulado (Tab. I), verificamos que o nanofitoplâncton (< 50 μm) é responsável por mais de 90% da matéria orgânica sintetizada, fato este geralmente comprovado em águas tropicais (Tundisi, 1971). Muito embora a biomassa seja geralmente reduzida (Tab. I) devido, principalmente, à disponibilidade de alguns nutrientes essenciais (Tab. II), pode-se admitir a ocorrência de uma taxa de multiplicação relativamente constante, pois o fitoplâncton é predominantemente composto por células de tamanho reduzido (< 50 μm) sendo, portanto, melhor adaptadas à assimilação

de nutrientes em águas oligotróficas (Munk & Riley, 1952). Além destas implicações ecológicas, estes estudos revelaram alguns resultados que podem fundamentar sugestões, no sentido de serem aplicadas à maricultura, levando-se em conta a quantidade do nanofitoplâncton e a sua taxa de multiplicação (dados não publicados), que permitem manter uma biomassa relativamente constante; embora sua densidade seja pequena, tudo indica que a criação de organismos filtradores seja viável na região.

Outro aspecto importante deste trabalho, foi a demonstração de que o fitoplâncton da região estudada nas diferentes épocas sazonais está geralmente adaptado às altas intensidades luminosas. A taxa máxima de fotossíntese em luz de saturação foi obtida na intensidade de 35,6 Klux (Fig. 2), sendo que nas águas superficiais os valores para os diferentes I_k , variaram de 23,7 a 24,7 Klux, durante o inverno e de 30,7 a 35,7 Klux no verão (Fig. 2). Nas águas da camada inferior da zona eufótica (= 10%), os valores para I_k , variaram de 17,3 a 27,3 Klux, durante o inverno e de 6,0 a 22,7 Klux durante o verão (Fig. 2). O menor valor para I_k , foi constatado na Estação III, durante o verão, fato este que pode ser provavelmente atribuído à menor temperatura encontrada (Tab. II) e ter a

mesma influenciado sobre a taxa fotosintética e respiratória, não são fisiologicamente sobre os processos enzimáticos, como também indiretamente, através da estratificação das águas, proporcionando condições de adaptação da população fitoplanctônica, aquelas determinadas condições de iluminação.

Quanto ao carbono assimilado em termos de clorofila-a, os valores encontrados variaram de 0,8 a 6,0, sendo que a grande maioria dos valores determinados foram iguais ou inferiores a 4,0. As águas da Estação III sempre mostraram os menores valores, principalmente durante o verão, quando todos os valores foram inferiores a 2,0, o que comprova o caráter de uma oligotrofia mais acentuada das águas que recebem maior influência oceânica. A grande variação encontrada com relação à razão C:clorofila-a de 0,8 até 6,0, parece demonstrar claramente a inviabilidade da utilização de um valor constante, como admitem Ryther & Yentsch (1957), da ordem de 3,7. Strickland (1960), fazendo uma revisão sobre o assunto, encontrou um valor médio de 4,0, mas uma variação da ordem de 1,0 até 10,0. Steemann-Nielsen & Hansen (1959), determinaram para o fitoplâncton superficial de águas tropicais, um valor de 8,0, enquanto que Curl & Small (1965) encontraram valores que variam de 6,0 a 21,0 com um valor médio de 8,6. Das vinte e quatro medidas realizadas (Tab. I), 9 mostraram resultados de 0,8 a 3,0, 13 de 3,1 a 5,1 e apenas 2 resultados mostraram valores iguais a 5,5 e 6,0 na Estação I. Empreendendo-se a classificação sugerida por Curl & Small (1965), estes resultados encontrados demonstraram que as águas estudadas, tanto no verão como no inverno, são caracterizadas por possuírem deficiências de nutrientes, desde um grau muito acentuado, até valores próximos ao limite de deficiência. Este trabalho sugere a execução de uma série de pesquisas experimentais, visando esclarecer determinados fatos ligados aos diferentes números de assimilação e o seu verdadeiro significado em relação às condições nutricionais do meio ambiente. Uma série de pesquisas, iniciando-se por determinar os possíveis fatores limitantes de natureza nutricional, será de importância fundamental.

Resumo

Medidas sobre produção primária, foram determinadas em três diferentes pontos de

Tabela II - Dados hidrográficos determinados durante as duas épocas sazonais

Data	Estação	Prof. (m)	Sal. (‰)	Oxig. (cc/l)	Temp. (°C)	Nitrato (µg-at/l)	Fosfato (µg-at/l)
05/07/75	I	0,0	34,30	4,53	22,45	0,009	0,080
		2,0	34,40	4,61	22,40	0,043	0,091
		3,5	34,45	4,57	22,45	0,056	0,342
		4,5	34,60	4,60	22,42	0,102	1,010
06/07/75	II	0,0	34,40	5,07	21,90	0,048	0,052
		2,0	34,50	4,50	21,95	0,037	0,031
		4,0	34,50	4,45	21,90	0,032	0,027
		5,0	34,60	4,51	21,80	0,041	0,071
07/07/75	III	0,0	34,55	4,78	21,90	0,005	0,092
		4,5	34,65	4,84	22,00	0,011	0,034
		7,0	34,80	5,04	21,90	0,013	0,032
		11,0	35,10	4,60	21,80	0,015	0,031
27/01/76	I	0,0	34,39	4,61	28,53	0,012	0,312
		2,0	34,40	4,75	28,40	0,045	0,410
		3,0	34,30	4,54	28,10	0,039	1,103
		4,0	34,40	4,63	27,50	0,041	1,071
28/01/76	II	0,0	34,35	4,71	28,30	0,017	0,115
		2,0	34,42	4,68	28,10	0,020	0,082
		3,0	34,40	4,54	27,80	0,023	0,043
		4,5	34,40	4,63	27,40	0,031	0,031
29/01/79	III	0,0	34,53	5,08	27,70	0,126	0,052
		3,5	34,55	4,63	27,50	0,081	0,033
		7,0	35,08	4,54	27,40	0,040	0,047
		10,0	35,12	3,77	23,10	0,011	0,230

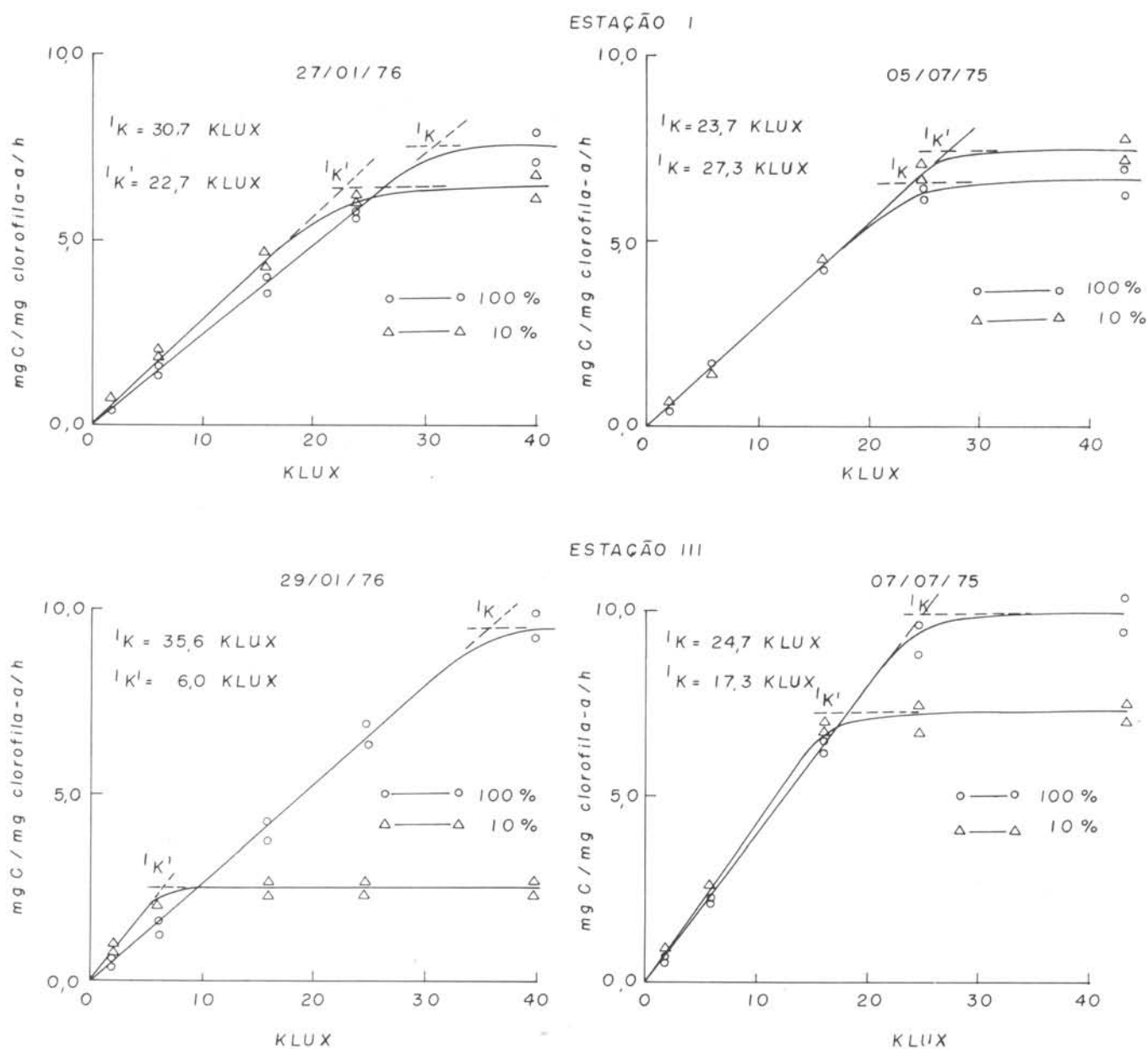


Fig. 2. Curvas de luz: fotossíntese, mostrando assimilação de carbono em termos de clorofila-a até o nível de saturação.

uma enseada (Lat. $23^{\circ}30'S$; Long. $45^{\circ}06'W$), intensidades luminosas, desde que nenhuma barreira física seja estabelecida.

Algumas características fotossintéticas das populações naturais foram determinadas em condições simuladas.

Os valores da produção primária, relacionados às condições ambientais e aos diferentes valores C:clorofila-a encontrados, demonstraram que a região estudada apresenta características oligotróficas.

A composição do fitoplâncton, com relação ao seu tamanho celular, deve, entretanto, favorecer um aproveitamento máximo dos nutrientes em termos de assimilação e propiciar uma elevada taxa de multiplicação celular.

Os altos valores encontrados para os diferentes I_K , demonstraram que as populações estudadas são adaptadas às altas

intensidades luminosas, desde que nenhuma barreira física seja estabelecida.

Além das considerações ecológicas apresentadas, os dados obtidos permitiram sugerir uma possível viabilidade da criação de organismos filtradores como uma opção para a maricultura.

Agradecimento

O autor agradece à Organização dos Estados Americanos (O.E.A.) por ter fornecido parte do equipamento utilizado neste trabalho.

Bibliografia

CURL Jr., H. & SMALL, L. F. 1965. Variations in photosynthetic assimilation

- ratios in natural, marine phytoplankton communities. *Limnol. Oceanogr.*, 10(Suppl.):R67-73.
- MUNK, H. W. & RILEY, H. G. 1952. Absorption of nutrients by aquatic plants. *J. mar. Res.*, 11:215-240.
- RYTHER, J. H. & YENTSCH, C. S. 1957. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. *Limnol. Oceanogr.*, 2:281-286.
- STEEMANN-NIELSEN, E. 1965. On the determination of the activity in C^{14} ampoules for measuring primary production. *Limnol. Oceanogr.*, 10(Suppl.):R247-252.
- _____ & HANSEN, V. K. 1959. Light adaptation in marine phytoplankton populations and its interrelation with temperature. *Physiologia Pl.*, 12:353-370.
- STRICKLAND, J. D. H. 1960. Measuring the production of marine phytoplankton. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, (122):1-172.
- _____ & PARSONS, T. R. 1965. A manual of sea-water analysis. 2nd ed. rev. *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, (125):1-203.
- TEIXEIRA, C. 1969. Estudo sobre algumas características do fitoplâncton da região de Cananéia e o seu potencial fotossintético. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Fac. Fil. Ciênc. Letr., 82p. (mimeogr.).
- _____ 1973a. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region (Lat. $23^{\circ}30'S$ - Long. $45^{\circ}06'W$), Brazil. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 22: 49-58.
- _____ 1973b. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 22:59-92.
- _____ & VIEIRA, A. H. A. 1976. Nutrient experiment using *Phaeodactylum tricornutum* as an assay organism. *Bolm Inst. oceanogr.*, S Paulo, 25(1):29-42.
- THOMAS, W. H. 1967. The nitrogen nutrition of phytoplankton in the northeastern tropical Pacific Ocean. *Studies of Tropical Oceanography*, Miami Bull. mar. Sci., 5:280-289.
- _____ 1970. A nitrogen deficiency in tropical Pacific oceanic phytoplankton: photosynthetic parameters in poor and rich water. *Limnol. Oceanogr.*, 15(3):380-385.
- TUNDISI, J. 1971. Size distribution of the phytoplankton and its ecological significance in tropical waters. In: Costlow Jr., J. D., ed. - Fertility of the sea. New York, Gordon & Breach, v.2:603-612.

(Recebido em 20/janeiro/1978)