

Avaliação da comunidade fitoplanctônica na área adjacente ao emissário submarino de esgotos na Praia da Enseada, Guarujá (SP), em Janeiro e Julho de 2002.

Sônia M. F. Giancesella e Flávia M. P. Saldanha-Corrêa

Resumo — A distribuição e composição quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica foram avaliadas na região do entorno do difusor do emissário de esgotos da SABESP na Praia da Enseada, Guarujá (SP), em Janeiro e Julho de 2002. No verão, a biomassa variou entre 2,50 e 4,13 mgCl-a.m⁻³ e entre 111,7 10⁵ e 193,1 10⁵ cel.l⁻¹ com 46 a 68 % de picoplâncton. No inverno, a biomassa foi maior (3,57 a 7,04 mgCl-a.m⁻³) porém com menor densidade celular (entre 89,5 10⁵ e 133,2 10⁵ cel.l⁻¹), predominando o nanoplâncton (48 a 57% do total). Observou-se a presença de espécies potencialmente tóxicas e indicadoras de eutrofização.

Palavras-chave — Fitoplâncton, emissário submarino, eutrofização, monitoramento ambiental, Guarujá.

I. INTRODUÇÃO

O despejo de esgotos domésticos em ambientes marinhos costeiros tem sido considerado como uma das melhores soluções para o descarte de efluentes em todo o mundo, devido à grande capacidade de dispersar substâncias e de autodepuração destes ambientes. Porém, os efeitos a longo prazo desta prática são importantes e demandam um monitoramento contínuo das condições ambientais na área de entorno dos emissários com a finalidade de subsidiar os estudos de impacto de longo termo. O fitoplâncton, principal base da cadeia trófica do ambiente marinho, constitui-se em um bom indicador de condições de eutrofização pois responde rapidamente a alterações no meio.

II. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo, foram obtidas amostras de água superficial (com 2 réplicas), ao longo de uma rede triangular pré-estabelecida pela SABESP, composta por dez pontos de coleta na região adjacente ao difusor do emissário de esgotos, localizado na Praia da Enseada, Guarujá (SP), em campanhas no verão (Janeiro) e no inverno (Julho) de 2002. As amostras foram coletadas com garrafas de Van Dorn. Uma alíquota foi

S. M. F. Giancesella, soniag@ceres.io.usp.br, F. M. P. Saldanha-Corrêa, fsalcorr@usp.br, Instituto Oceanográfico da USP, Pça do Oceanográfico, 191-Butantã, São Paulo (SP) CEP 05508-900, Tel. +55-11-3091.6551, Fax +55-11-3091.6607.

Trabalho recebido em 31/05/03. Agradecemos à SABESP e à Fundação de Pesquisas Aquáticas (FUNDESPA) pela utilização dos dados do Projeto "Prestação de Serviços de Monitoramento Ambiental das Áreas sob Influência dos Emissários Submarinos do Guarujá e Ilha Bela".

fixada com formaldeído (0,4 % concentração final) para análise quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica, enquanto para a determinação da concentração dos pigmentos fotossintéticos foram filtrados cerca de 0,5 l de água em filtros GF/F, os quais foram armazenados no escuro a -20°C até o momento da extração em acetona 90%. A absorvância do extrato foi determinada por espectrofotometria [1]-[3] A razão de absorvâncias a 480 e 665 nm (razão 480/665) foi determinada a partir destes mesmos extratos, sendo utilizada como um indicador do estado nutricional do fitoplâncton [4]. A contagem do número de células foi feita em microscópio invertido [5] e a identificação dos organismos baseou-se em bibliografia específica [6]-[11].

III. RESULTADOS

A. Janeiro de 2002.

1) *Clorofila-a e carotenóides*: As concentrações de clorofila-a variaram entre 2,50 e 4,13 mg Cl-a m⁻³. A região do difusor foi a que apresentou as concentrações mais baixas, aumentando em direção à praia na porção oeste (Fig. 1A). Os altos percentuais de clorofila ativa (média de 80%) indicam que o fitoplâncton ao longo de toda a área estudada, encontrava-se em condição de franco florescimento, com poucas células senescentes, que apresentam maiores teores de feopigmentos (Fig. 1B). A distribuição dos carotenóides (Fig. 1C) mostra claramente que há um aumento nas concentrações em direção à costa e este aumento dos carotenóides provoca um aumento também nas razões 480/665 (Fig. 1D) com valores acima de 2,0, indicativos de um desequilíbrio nutricional, o qual é confirmado pelos resultados das análises de nutrientes amostradas simultaneamente [12], onde fica caracterizado um excedente de fosfato inorgânico dissolvido. O ponto 1, mais oceânico, foi o que apresentou o plâncton em condições de melhor equilíbrio nutricional.

2) *Composição da comunidade fitoplanctônica*: A densidade fitoplanctônica variou entre 111,7 10⁵ e 193,1 10⁵ cel l⁻¹ e a distribuição seguiu o mesmo padrão apresentado para a Cl-a, com os menores valores nas estações 2, 3 e 4 e aumentando em direção à estação 8 (Fig. 1E). O número médio de taxa identificados foi baixo e variou entre 13 e 22, com os menores valores nas estações 3, 5 e 7 e o máximo na estação 8 (Fig. 1F).

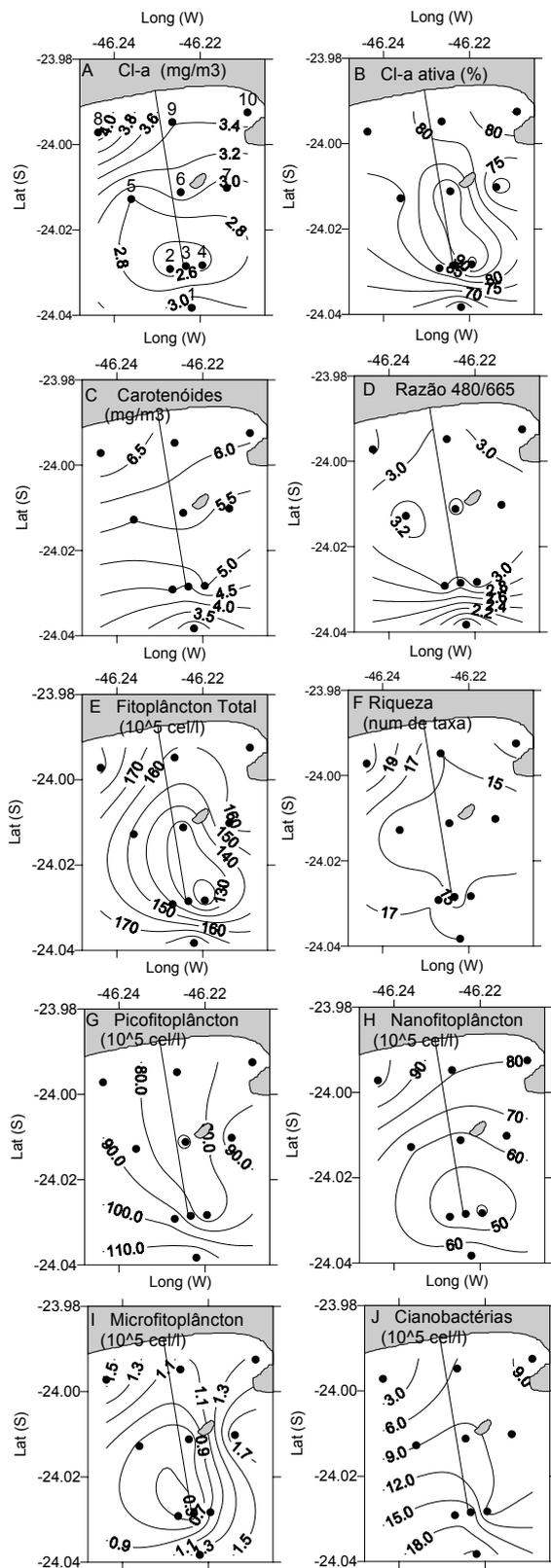


Fig. 1. Distribuição da biomassa fitoplancônica no entorno do emissário de esgotos da SABESP na Praia da Enseada, Guarujá (SP), em janeiro de 2002. (São apresentados os valores médios das duas réplicas efetuadas para cada ponto de amostragem).

O picoplâncton foi a fração dominante nas áreas mais oceânicas e sobre o difusor (Fig. 1G). Nas demais áreas o nanoplâncton predominou, com maior contribuição na estação 8 (Fig. 1H). Os máximos de densidade observados na estação 8 foram devidos a células do nano e picoplâncton, principalmente *Phaeodactylum tricorutum*, *Chaetoceros tenuissimus*, pequenos dinoflagelados e a outras diatomáceas cêntricas e penadas menores que 20 μm não identificadas. É digno de nota que foi detectado um dinoflagelado do gênero *Alexandrium* em 5 estações amostradas. Espécies deste gênero podem produzir marés vermelhas tóxicas. Trabalho anterior realizado na área [13] não havia detectado a presença deste organismo.

O microfitoplâncton (Fig. 1I) apesar de ter ocorrido em número relativamente baixo, foi dominado principalmente pelas diatomáceas penadas *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia delicatissima* e *P. seriata* e o dinoflagelado *Prorocentrum compressum*. As cianobactérias foram um grupo importante na composição da comunidade, especialmente na região mais externa (Fig. 1J). O principal gênero encontrado foi o *Anabaena*, que ocorreu em sete estações. Espécies do gênero *Anabaena* são indicadoras de águas continentais poluídas [10]. A pequena riqueza observada nesta área, o predomínio de organismos pequenos e a presença de espécies indicadoras de regiões poluídas são concordantes com os resultados da razão 480/665 que indicam desequilíbrio nutricional para esta região.

B. Julho de 2002

1) *Clorofila-a e carotenóides*: A faixa de variação da Cl-a situou-se entre 3,57 e 7,04 mg m^{-3} , com um valor médio de 5,81 mg m^{-3} , significativamente maior que a média do verão (3,07 mg m^{-3}). Foram observados dois núcleos de altas concentrações: na estação 4, vizinha à boca do difusor, e na região que compreendeu as estações 6 e 10 (Fig. 2A). Apesar da biomassa ter sido maior, o percentual de clorofila ativa diminuiu (média de 69% contra 81% do verão), podendo indicar maior pressão de "grazing" ou uma maior incidência de células senescentes, mas ainda representa condições muito boas da população. Os maiores percentuais de Cl-a ativa ocorreram na estação 4, com pequena variação no restante da área (Fig. 2B). Os carotenóides apresentaram uma distribuição bastante semelhante à da Cl-a com os maiores valores na porção leste da área e mínimo na estação 2, onde a Cl-a também foi menor (Fig. 2C). A razão 480/665 esteve abaixo de 1,16 ao longo de toda a rede amostrada, indicando condições nutricionais intracelulares adequadas.

2) *Composição da comunidade fitoplancônica*: A densidade celular observada no inverno foi menor que a observada no verão, variando entre 89 10^5 e 133 10^5 cel l^{-1} (Fig. 2D), porém com predomínio do nanoplâncton, o que explica a discrepância entre os maiores valores de Cl-a verificados, já que células maiores tendem a ter maior quantidade de clorofila por célula. A riqueza observada em julho, de 22 a 31 taxa identificados (Fig. 2E), foi bem superior à do verão anterior, o que é concordante com as condições de melhor equilíbrio nutricional observado através das razões 480/665

nesta ocasião. A área central e leste em direção à praia foi a que apresentou menor riqueza, ao passo que na estação 2,

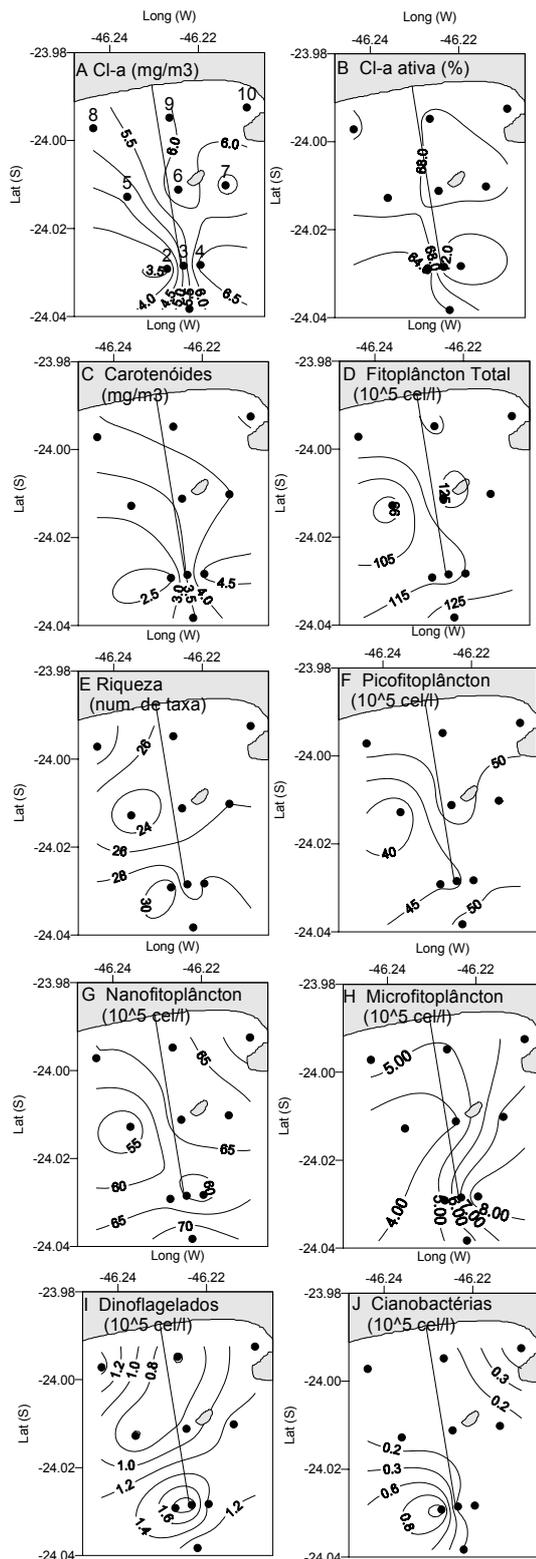


Fig. 2. Distribuição da biomassa fitoplancônica no entorno do emissário de esgotos da SABESP na Praia de Enseada Guarujá(SP), em julho de 2002. (São apresentados os valores médios das duas réplicas efetuadas para cada ponto de amostragem).

onde foi verificada a menor concentração de Cl-a, a riqueza foi máxima. O picoplâncton predominou nas estações mais costeiras e na mais oceânica (Fig. 2F), mas houve pouca variabilidade horizontal. Os fitoflagelados foram os principais representantes desta categoria. O nanofitoplâncton apresentou um padrão de distribuição similar ao do picoplâncton (Fig. 2G). As espécies de diatomáceas dominantes no nanoplâncton foram *Chaetoceros sp.*, *C. subtilis*, *Nitzschia sp.*, *Skeletonema costatum* e *Thalassiosira sp.* sendo que esta última foi também a mais freqüente (presente em todas as estações).

A distribuição do microfitoplâncton (Fig.2 H), por sua vez, foi fortemente influenciada pelas diatomáceas com destaque para as espécies *Actinoptichus senarius*, *Thalassiosira pacifica*, *Asterionellopsis glacialis*, *Dactyliosolem fragilissimus*, *Guinardia delicatula*, *G. flácida*, *G. striata*, *Hemiaulus sp.*, *Leptocilindrus minimus*, *L. danicus*, *Nitzschia sp.*, *Pseudo-nitzschia seriata*, *Rhizosolenia sp.* e *Thalassionema sp.*, sendo que *N. sp.* e *Thalassiosira pacifica* foram as mais freqüentes, ocorrendo em todas as estações.

Os dinoflagelados observados foram quase que exclusivamente nanoplancônicos e apresentaram maior densidade justamente sobre a boca do difusor (estação 3), diminuindo em direção à costa (Fig. 2I). Dentre os gêneros identificados destacam-se *Gymnodinium*, que esteve presente em todas as estações, e *Alexandrium*, gênero potencialmente tóxico que ocorreu novamente em 5 estações. Com relação aos dinoflagelados microplancônicos, *Gymnodinium* e *Prorocentrum* foram os gêneros dominantes sendo que *Gymnodinium* foi o mais freqüente, ocorrendo em todas as estações. Trabalho anterior realizado na área também indicou este gênero como o mais freqüente e abundante na área dentre os dinoflagelados [13].

As cianobactérias representaram uma pequena fração do picofitoplâncton, porém sua contribuição foi mais expressiva na estação 2, onde a Cl-a foi menor (Fig. 2J). Dentre estas, *Anabaena*, foi o gênero dominante.

IV- DISCUSSÃO

As concentrações de pigmentos observadas situam-se dentro do esperado para ambientes costeiros [14]. O fato dos valores mais baixos de concentração de pigmentos terem ocorrido justamente sobre a região do difusor no verão pode ser explicado por um eventual deslocamento das massas de água de origem oceânica superficiais em direção à costa. Esta hipótese é sugerida pelos dados de salinidade na superfície [12], que apresentam maior influência das águas provenientes de mar aberto até a região da estação 6, sendo que as estações 5 e 7 já apresentam maior influência de águas costeiras. Assim, aparentemente a pluma do emissário não está gerando eutrofização nesta ocasião, mas a falta de estações de amostragem a leste e a oeste da estação 1 dificultou a interpretação do efeito da dispersão dos efluentes.

O baixo número de taxa identificados durante o verão ocorreu simultaneamente à identificação de desequilíbrio nutricional na área, conforme indicado pelas razões 480/665 [4]. Durante o inverno, as condições nutricionais indicadas por este índice são favoráveis e observa-se simultaneamente

um aumento do número de taxa identificados. Estes resultados são interessantes, considerando-se que é uma demonstração da importância das relações nutricionais para a homeostasia e resiliência do sistema, favorecidos pelo aumento da riqueza e conseqüentemente da riqueza de espécies. A presença de grande número de espécies de diatomáceas pequenas indica ambientes hidrodinamicamente instáveis [15]-[16]. O predomínio observado de espécies do nano em relação ao microfítolâncton é uma conseqüência desta característica hidrodinâmica da área mostrando que a região é favorável à dispersão dos efluentes. Espécies como *S. costatum*, *Asterionellopsis sp*, *Thalassionema sp* são mais comuns em ambientes estuarinos, devido à sua capacidade de sobreviver em ambientes eurihalinos [17], mas estão ocorrendo na região favorecidas pela salinidade mais baixa propiciada pelos efluentes.

Existem na bibliografia relatos de florações algais na costa do estado de São Paulo, como a de *Asterionellopsis* associada à mortalidade de peixes na região de Itanhaém [18], de *Oscillatoria erithraea* atingindo cerca de 30 km de extensão na costa ao largo de Ubatuba [19] e de *Mesodinium rubrum* [20] na mesma região. As florações podem ser geradas por eventos naturais cujas condições de inicialização variam de espécie para espécie, mas podem ser estimuladas pela eutrofização [21]. Foi identificada a presença de gêneros potencialmente causadores de marés vermelhas (*Alexandrium* e *Gymnodinium*) ou marés “pardas” (*Asterionellopsis*, *Nitzschia*), que podem se desenvolver rapidamente em ambientes eutrofizados.

V- CONCLUSÕES

As concentrações de Cl-a observadas nos dois períodos são características de ambientes costeiros, naturalmente mais eutrofizados que águas oceânicas. Assim, o monitoramento deve ser cuidadoso no sentido de evitar o aumento excessivo da biomassa, que pode produzir redução nos níveis de oxigênio e gerar alterações na riqueza da área. A distribuição da riqueza de organismos e dos organismos indicadores de poluição (*Anabaena sp*) observada na rede de estações, sugere algum efeito localizado da ação dos efluentes do emissário, e boas condições ecológicas para o restante da comunidade, o que se deve à grande capacidade de dispersão do ambiente. Contudo, devido ao fato de terem sido observadas espécies potencialmente produtoras de marés vermelhas ou que podem eventualmente contaminar organismos filtradores que servem de alimento para o homem (*Alexandrium sp* e *Gymnodinium sp*, *Nitzschia sp*, *Asterionellopsis*), é aconselhável que se proceda a um programa de monitoramento mais intensivo, e utilizando rede de estações de formato retangular através da adição de ao menos, duas estações, localizadas a leste e a oeste da estação 1, a fim de reduzir os efeitos de extrapolação gráfica e acompanhar a dispersão da pluma do emissário em qualquer direção, favorecendo a interpretação dos dados sobre a região do difusor.

- [1] 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 Bol.* 167, 191-194. 1975.
- [2] Lorenzen, C. J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12:343-346.1967.
- [3] Parsons, T.R., Y. Maita & C.M. Lalli. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173p.1984.
- [4] Heath, M. R.; K. Richardson & T. Kiorboe. Optical assessment of phytoplankton nutrient depletion. *J.Plank. Res.*, 12 (2):381-396.1990.
- [5] Lund, J.W.G., C. Kipling, E.D. Le Gren. The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia*, 11:143-170. 1958.
- [6] Chrétiennot-Dinet, M-J. Atlas du phytoplankton marin – Volume III: Chlorarachniophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Eustimatophycées, Prasinophycées, Prymniophycées, Rhodophycées et Tribophycées. Paris, Éditions du C.N.R.S. 261p. 1990.
- [7] Cupp, E.E. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull. Scripps Inst. oceanogr.* 5(1):1-238. 1943.
- [8] Tomas, C.R.(ed.). *Identifying marine phytoplankton*. San Diego, Academic Press. 858p. 1997.
- [9] Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. *The diatoms. Biology & morphology of the genera*. Cambridge University Press, 747p. 1990.
- [10] Weber, C.I. A guide to the common diatoms at water pollution surveillance system stations. Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency. 98p. 1971.
- [11] Wood, E.J.F. *Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas*. Coral Gables, University of Miami Press. 143p. 1968.
- [12] FUNDESPA. 2003 Prestação de services de Monitoramento ambiental das áreas sob influência dos emissários submarinos do Guarujá e Ilha Bela. Relatório final: Guarujá. São Paulo, dezembro de 2002. 113pp. + anexos. 2003.
- [13] FUNDESPA. Levantamento oceanográfico da área diretamente afetada por efluentes dos emissários submarinos de esgotos da SABESP, entre os municípios de São Sebastião e Mongaguá, estado de São Paulo. (projeto LOESS). Campanha de inverno. Relatório final. São Paulo, Junho de 1998. 120 pp.+ anexos. 1998.
- [14] Aidar, E., S.A Gaeta, S.M.F. Giancesella-Galvão, M.B.B. Kutner & C. Teixeira. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publção esp. Inst. oceanogr.*, (10):9-43. 1993.
- [15] Demers, S. Legendre, L., Therriault, J.C. Phytoplankton responses to vertical tidal mixing. In: Bowman, J., Yentsch, M. Peterson, W.T. (eds). *Lecture notes on coastal and estuarine*, v. 17. Springer, Berlin, pp1-40. 1986.
- [16] Margalef, R. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanol. Acta* 1 (4), 493-509. 1978.
- [17] 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, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. 82p.
- [18] Zavala-Camin, L.A, Yamanaka, N. Notas sobre mortalidade de peixes ocorrida em Itanhaém, São Paulo, Brasil. *Bolm Inst. oceanogr.*, 27: 377. 1980.
- [19] Giancesella-Galvão, S.M.F., Costa, M.P de F. e Kutner, M.B.B. Bloom of *Oscillatoria erythraea* (= *Trichodesmium erythraea*) (Ehr.) Kutz. in coastal waters of the Southwest Atlantic. *Publção. esp. Inst. oceanogr.*, 11:133-140. 1995.
- [20] Owen, R. W., Giancesella-Galvão, S.M.F. e Kutner, M.B.B. Discrete subsurface layers of the ciliate *Mesodinium rubrum* off Brazil. *EOS Transactions, American Geophysical Union.* 71 (43): 1384, October 23, 1990, San Francisco, Ca., USA. 1990.
- [21] Odebrecht, C, Azevedo, S.M., Garcia, V., Huzar, V.L.M., Magalhães, V. Menezes, M. Proença, L., Rorig, L., Tenenbaum, D, Villac, M.C., Yunes, J. S.. Floraciones de micralgas nocivas em Brasil: estado del arte y proyectos em curso. In: Sar, E.A. Ferrario, M.F. Reguera, B. Floraciones algales nocivas in el Cono Sur Americano. Instituto Español de Oceanografía. p 219. 2002.