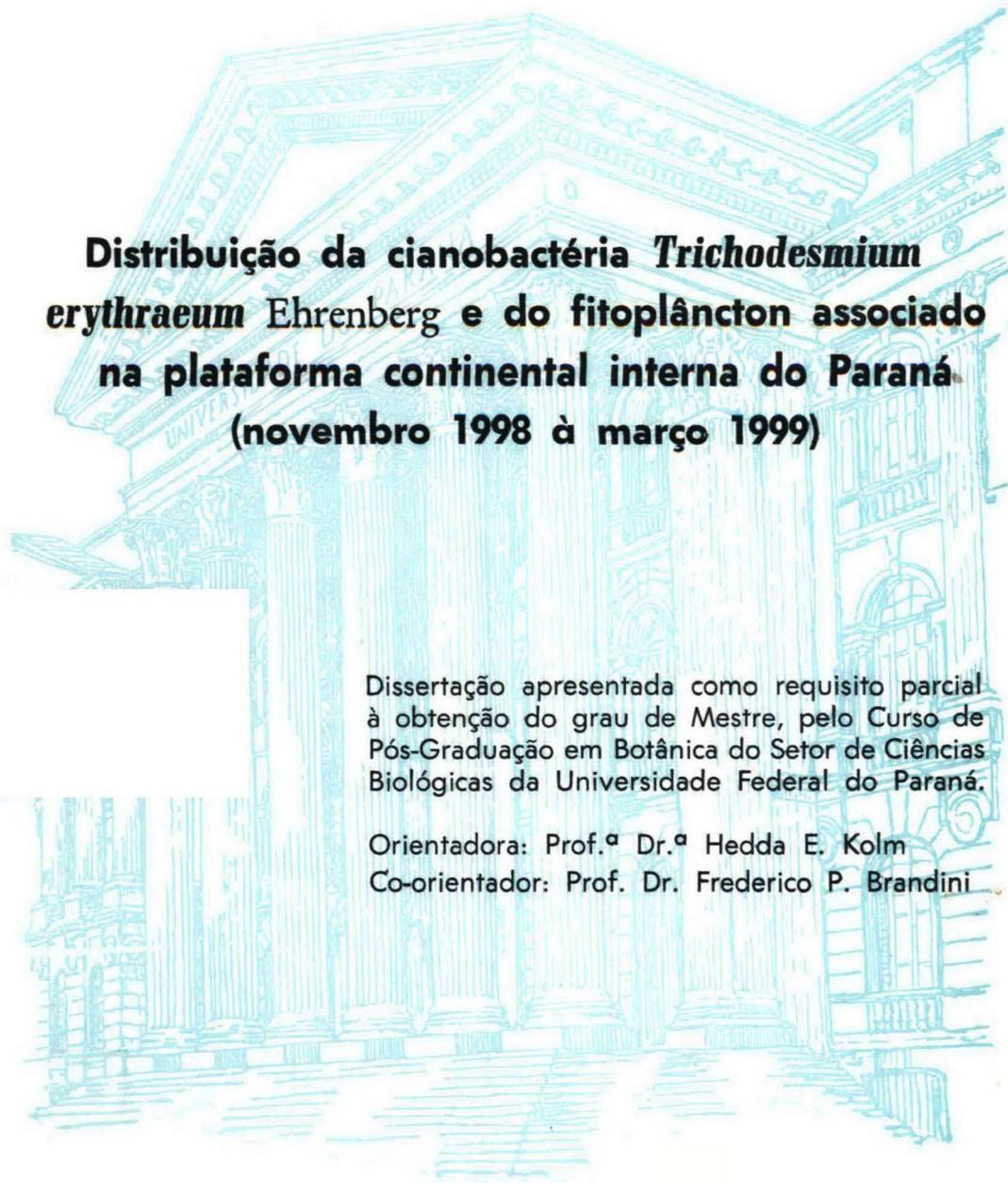


ADRIANA SIQUEIRA



Distribuição da cianobactéria *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg e do fitoplâncton associado na plataforma continental interna do Paraná (novembro 1998 à março 1999)

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Botânica do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Hedda E. Kolm
Co-orientador: Prof. Dr. Frederico P. Brandini

CURITIBA
2001

ADRIANA SIQUEIRA

**Distribuição da cianobactéria *Trichodesmium*
erythraeum Ehrenberg e do fitoplâncton associado
na plataforma continental interna do Paraná
(novembro 1998 à março 1999)**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de
Pós-Graduação em Botânica do Setor de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^ª Dr.^ª Hedda E. Kolm

Co-orientador: Prof. Dr. Frederico P. Brandini

CURITIBA
2001



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

“Distribuição, entre Novembro 1998 e Março 1999, do Fitoplâncton e de Cianobactérias, com ênfase em *Trichodesmium erythraeum* (CYANOPHYTA), em dois transectos da Plataforma Continental Interna do Paraná”.

por

Adriana Siqueira

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre no Curso de Pós-Graduação em Botânica, pela Comissão formada pelos Professores:



Prof. Dr. Hedda Elisabeth Kolm (Orientador)



Prof. Dr. Paulo Cesar Oliveira Vergne de Abreu (Titular/UFPR)



Prof. Dr. Luciano Felício Fernandes (Titular/UFPR)

Curitiba, 22 de março de 2001

***“Ao Luiz,
por todo seu
carinho, incentivo,
compreensão e
dedicação”***

AGRADECIMENTOS

À Deus Eterno, criador do céu e da terra e ao pai meu senhor e salvador Jesus Cristo.

À Prof^a. Dr^a. Hedda Elisabeth Kolm pela orientação, dedicação, empenho, estímulos, facilidades oferecidas durante todo o trabalho e por toda a atenção que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini pela sua co-orientação, seu apoio durante as coletas, pelas críticas e sugestões, que muito contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

À Capitania dos Portos do Estado do Paraná e a todos os oficiais e marinheiros que possibilitaram a realização desse trabalho no decorrer do Projeto RAM.

À todos os participantes do projeto RAM, pelo auxílio e atenção.

Ao Prof. Dr. Luciano F. Fernandes, pela identificação, atenção, sugestões e críticas ao trabalho.

Aos Profs. Dr. Paulo Abreu e Dr. Hermes Moreira pela atenção, sugestões e críticas ao trabalho.

Ao Prof. Nelson, pela atenção e disposição na elaboração das fotos.

Ao Prof. Dr. Marco Fábio, pelas correções, auxílio na computação, atenção, sugestões e críticas ao trabalho.

Ao MSc. Pedro Pinheiro, pela atenção e as dicas em computação.

Ao pessoal dos Laboratórios de Física e Geologia, pelo auxílio.

À Letícia, Luciana Sartori, Nilva, Rosinei, Lucimar e Fabiani pela colaboração, amizade, apoio, atenção e incentivo.

Às bibliotecárias do CEM, Maria Rosa e Mari pela atenção e ajuda com as referências bibliográficas.

À CAPES pela concessão de bolsa e à coordenação do Curso de Pós-graduação em Botânica, em especial a secretária Bety, pela atenção e disposição em ajudar.

À Todos os colegas da turma do mestrado, principalmente a Christiane, pela amizade, atenção e incentivo.

À Todos os colegas do CEM, por ajudarem a tornar a vida em Pontal do Sul mais amena.

Em especial à minha família, Alcindo, Dalva e Rose pelo carinho, incentivo e principalmente pelo respeito e confiança que sempre tiveram pelas minhas decisões.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1 O gênero <i>Trichodesmium</i>	7
2.2 O histórico taxonômico do <i>Trichodesmium</i>	7
2.3 Considerações sobre a estrutura celular do <i>Trichodesmium</i>	9
2.4 Fatores que contribuem para blooms de <i>Trichodesmium</i>	9
2.5 Fixação de nitrogênio do <i>Trichodesmium</i>	10
2.6 Ingestão de <i>Trichodesmium</i>	14
2.7 Associação de outros organismos com colônias de <i>Trichodesmium</i>	16
2.8 Toxicidade do <i>Trichodesmium</i>	17
3. OBJETIVOS	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA	19
4.2 ESTRATÉGIA AMOSTRAL	23
4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS	25
<i>Parâmetros Abióticos</i>	
Temperatura	25
Salinidade	26
Precipitação e Intensidade do Vento	26
<i>Parâmetros Bióticos</i>	
Contagem do fitoplâncton e de cianobactérias	26
Contagem dos blooms da cianobactéria <i>T. erythraeum</i>	27
Concentração de clorofila “a”	30
Contagem total de bactérias heterotróficas e da biomassa bacteriana	30
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
5. RESULTADOS	33
5.1 PARÂMETROS ABIÓTICOS	
Temperatura, salinidade, precipitação e vento	33

5.2 PARÂMETROS BIÓTICOS	
Bactérias heterotróficas totais e sua biomassa	37
Clorofila “a”	39
Densidade do fitoplâncton	40
Densidade das cianobactérias e dos blooms	43
5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	46
6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICES	
Tabela III. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 25/11/98 – Transecto A.....	71
Tabela IV. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 25/11/98 – Transecto B.....	72
Tabela V. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 21/12/98 – Transecto A.....	73
Tabela VI. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 21/12/98 – Transecto B.....	74
Tabela VII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 22/01/99 – Transecto A.....	75
Tabela VIII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 22/01/99 – Transecto B.....	76
Tabela IX. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/02/99 – Transecto A.....	77
Tabela X. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/02/99 – Transecto B.....	78
Tabela XI. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/03/99 – Transecto A.....	79
Tabela XII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/03/99 – Transecto B.....	80
Tabela XIII. Correlação entre os dados bióticos e abióticos de todas as estações do transecto A, ao longo do período estudado.....	81
Tabela XIV. Correlação entre os dados bióticos e abióticos de todas as estações do transecto B, ao longo do período estudado.....	82
Tabela XV. Correlação entre os dados bióticos e abióticos da estações oceânicas do transecto A, ao longo do período estudado.....	83
Tabela XVI. Correlação entre os dados bióticos e abióticos da estações oceânicas do transecto B, ao longo do período estudado.....	84

Tabela XVII. Resultado dos doze componentes principais (PCA) com as respectivas variâncias individuais e cumulativas de todas as estações (em porcentagem) dos transectos A (T-A) e B (T-B).....	85
Tabela XVIII. Resultado dos doze componentes principais (PCA) com as respectivas variâncias individuais e cumulativas das estações oceânicas (em porcentagem) dos transectos A (T-A) e B (T-B).....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea de um bloom de <i>T. erythraeum</i> no litoral norte do Paraná.....	5
Figura 2. Embarcação utilizada nas coletas.....	24
Figura 3. Mapa da área de estudo indicando os transectos A e B e o máximo de estações amostradas.....	25
Figura 4. Equipamento utilizado para coletar as amostras (coletor).....	27
Figura 5. Cianobactéria <i>T. erythraeum</i> – organização em forma de feixes (A-aumento 10x e B-aumento 4x).....	28
Figura 6. Cianobactéria <i>T. erythraeum</i> – detalhes de uma colônia sob microscopia comum (aumento 40x).....	29
Figura 7. Cianobactéria <i>T. erythraeum</i> – detalhes dos tricomas em microscópio ótico (aumento 100x).....	29
Figura 8. Temperatura nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	33
Figura 9. Valores de salinidade nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	34
Figura 10. Médias mensais de chuvas entre novembro de 1998 e março de 1999.....	35
Figura 11. Médias mensais da intensidade do vento, entre novembro de 1998 e março de 1999.....	36
Figura 12. Bactérias heterotróficas totais nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	37
Figura 13. Biomassa bacteriana nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	38
Figura 14. Clorofila “a” nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	39
Figura 15. Diatomáceas cêntricas nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	40
Figura 16. Diatomáceas penadas nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	41
Figura 17. Dinoflagelados nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	42
Figura 18. Cianobactéria <i>T. erythraeum</i> nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	43
Figura 19. Cianobactéria <i>Anabaena</i> sp. nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	44

Figura 20. Cianobactéria <i>Merismopedia</i> sp. nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.....	45
Figura 21. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos durante o período estudado no transecto A , no espaço dos componentes principais.....	48
Figura 22. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos durante o período estudado no transecto B , no espaço dos componentes principais.....	49
Figura 23. Distribuição dos pontos amostrados correlacionados com os valores bióticos durante o período estudado, nos transectos A e B, na representação gráfica da Análise de Cluster. Os números I, II, III, IV, V e VI indicam os grupos de estações.....	50
Figura 24. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos das estações distantes da costa, durante o período estudado no transecto A , no espaço dos componentes principais.....	52
Figura 25. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos das estações distantes da costa , durante o período estudado no transecto B , no espaço dos componentes principais.....	53

RESUMO

O gênero *Trichodesmium* é composto por cianobactérias filamentosas, formadoras de colônias não heterocíticas, pertencentes à família Oscillatoriaceae. Nas últimas décadas, tem sido a cianobactéria dos oceanos tropicais e subtropicais mais intensamente estudada. As principais razões que despertaram o grande interesse dos pesquisadores foram sua abundância e sua capacidade em fixar nitrogênio sem a presença de células especializadas. O propósito principal da presente pesquisa foi investigar blooms de *T. erythraeum* na plataforma continental interna paranaense, e sua relação com parâmetros bióticos e abióticos, entre novembro/98 e março/99. Para tanto foram feitas coletas de águas superficiais, com um total mensal de aproximadamente vinte e cinco estações. De todas as amostras coletadas, foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, salinidade, bactérias heterotróficas totais, biomassa bacteriana, clorofila "a", densidade fitoplanctônica (diatomáceas cêntricas, penadas e dinoflagelados), densidade das cianobactérias *Anabaena* sp., *Merismopedia* sp. e *T. erythraeum*. Os valores de pluviosidade e intensidade dos ventos registrados são, respectivamente, dos seis e três dias antecedentes, somados ao do dia da coleta. Blooms de *T. erythraeum* foram detectados no final da primavera e início do verão, em regiões mais distantes da costa. Para evidenciar a interrelação entre *T. erythraeum* e os parâmetros bióticos e abióticos, foram efetuadas duas Análises dos Componentes Principais. A primeira foi efetuada com todos os parâmetros em todas as estações estudadas, a segunda só com as estações distantes da costa evidenciadas por uma Análise de Cluster. Os resultados mostraram que as diatomáceas cêntricas e penadas e as cianobactérias *Anabaena* sp. e *Merismopedia* sp. foram mais abundantes nas estações costeiras. Ao contrário, ao longo do período estudado, os valores de dinoflagelados se mantiveram constantes em todas as estações. Os valores de bactérias heterotróficas totais se mantiveram relativamente constantes ao longo de todas as estações, o que indica que os blooms de *T. erythraeum* não se encontravam em período senescente. Verificou-se que, durante o período da presente pesquisa, os blooms de *T. erythraeum* ocorreram em períodos de calmaria. Na primavera e final do verão puderam ser registradas temperaturas e salinidades mais baixas ao longo dos transectos, o que caracteriza águas mais ricas em nutrientes. Durante este período os blooms de *T. erythraeum* ocorreram em regiões mais distantes da costa. Ao contrário, à medida que a temperatura e a salinidade das massas d'água superficiais aumentaram, como pode ser observado no início do verão, caracterizando assim águas mais pobres em nutrientes, o maior bloom desta cianobactéria pode ser verificado em águas mais próximas do continente. Estes resultados reforçam a opinião de que a cianobactéria *T. erythraeum*, por fixar nitrogênio atmosférico, não necessitar de silicato e efetuar a fotossíntese em altas intensidades de luz é, ao contrário das demais microalgas e cianobactérias, extremamente adaptada à sobrevivência em regiões onde há poucos competidores.

Palavras-chave: *Trichodesmium erythraeum*, bloom, cianobactérias, fitoplâncton, Paraná, sul do Brasil.

ABSTRACT

The genus *Trichodesmium* is composed by filamentous cyanobacteria, which form non-heterocistic colonies, belonging to Oscillatoriaceae family. During the last decades they have been the most studied tropical and subtropical oceanic bacteria. The main reasons that lead researchers to study these organisms were their abundance and their capacity to fix nitrogen without specialized cells. The main purpose of this study was to investigate blooms of *Trichodesmium* on the inner continental shelf of Paraná, and its relation with biotic and abiotic factors, between November, 1998 and March, 1999. In twenty-five stations, monthly samples of surface water were collected. In all samples the following parameters were evaluated: temperature, salinity, total heterotrophic bacteria, bacterial biomass, chlorophyll-a, phytoplankton density (centric and pennate diatoms, and dinoflagellates), density of the cyanobacteria *Anabaena* sp., *Merismopedia* sp. and *T. erythraeum*. Pluviosity and wind speed values are from the six and three respectively days prior to sampling, added to the values of the day of sampling. Blooms of *T. erythraeum* are detected at the end of spring and beginning of summer, in oceanic regions. In order to put in evidence the interrelationship between *T. erythraeum* and biotic and abiotic factors two PCA were effected; one with all parameters in all stations and another with only stations farther removed from the coast indicated by a cluster analysis. PCA results showed that centric and pennate diatoms and *Anabaena* sp. and *Merismopedia* sp. were more abundant in the coastal stations. Dinoflagellates were constant in all stations. The values of total heterotrophic bacteria were relatively constant along all stations, indicating that *T. erythraeum* was not declining. During the period of this study *T. erythraeum* blooms occurred in calm periods. During spring and end of summer lower temperatures and salinity could be recorded along the transects, which characterizes waters richer in nutrients. During this period *T. erythraeum* blooms occurred in offshore regions. On the contrary, as surface temperature and salinity increased, (beginning of summer, characterizing nutrient-poor waters), a bigger bloom of this bacteria could be observed in waters closer to the continent. These results reinforce the theory that cyanobacteria *T. erythraeum*, by fixing atmospheric nitrogen, not need silicate and photosynthesize in high light intensities is extremely adapted to survive in regions where there are few competitors, contrary to other microalgae and cyanobacteria.

Key words: *Trichodesmium erythraeum*, bloom, cyanobacteria, phytoplankton, Paraná, Southern Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O fitoplâncton, principal produtor primário dos oceanos, é representado por um conjunto de microalgas unicelulares (raras são filamentosas) que se desenvolvem na zona eufótica. A atividade fotossintética do fitoplâncton é o primeiro passo na fixação do carbono inorgânico em carbono orgânico particulado no ambiente pelágico marinho (Lalli & Parsons, 1993).

Os grupos taxonômicos dominantes na plataforma do Brasil são, principalmente, diatomáceas (Bacillariophyceae) e células flageladas do nano- e do microplâncton pertencentes às classes Dynophyceae (dinoflagelados), Prymnesiophyceae (coccolitoforídeos), Chryptophyceae, Prasinophyceae e Chlorophyceae (Brandini *et al.*, 1997).

As cianobactérias, também denominadas cianofíceas ou algas azuis, são microorganismos procariontes, gram-negativos e fotossintetizadores, pertencentes ao reino Monera. Algumas delas são capazes de fixar nitrogênio.

Inicialmente as cianobactérias foram classificadas como sendo algas azul-esverdeadas e permaneceram, de acordo com o Código Botânico, incluídas no reino vegetal por muito tempo. Só em 1974, a partir da 8ª edição do *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Buchanan and Gibbons, 1974) elas foram anexadas às bactérias, devido às suas características celulares (Balows *et al.*, 1991), principalmente por não possuírem membrana nuclear, por conterem mureína na parede celular e por apresentarem ribossomos do tipo 70S (Schlegel, 1993).

Estes microorganismos exibem uma ampla variedade de formas e arranjos, como observado por Rippka *et al.* (1979), podendo ser uni- ou pluricelulares. Quando unicelulares, suas formas podem variar de coccus a bacilos, individuais ou em colônias,

reproduzindo-se por fissão binária (*Gloeothece* e *Synechococcus*), reprodução unicelular por esporos móveis (*Dermocarpa* e *Pleurocapsa*) e, quando agregadas em colônias, apresentam principalmente as formas filamentosas, podendo ser sem heterócitos (*Microcoleus* e *Trichodesmium*), com heterócitos (*Anabaena* e *Calothrix*) ou com heterócitos e tricomas ramificados (*Fischerella* e *Chlorogloeopsis*).

As cianobactérias são consideradas autotróficas por produzirem oxigênio, como os vegetais. A cor varia de azul e azul-esverdeado a vermelho ou marrom escuro, dependendo da composição dos pigmentos e das condições em que se encontram. Além da clorofila “a” possuem, em geral, pigmentos protéicos solúveis em água, denominados ficocianina e aloficocianina, conhecidos também como ficobilinas. Os pigmentos encontram-se organizados em ficobilissomos, localizados na membrana tilacóide, onde capturam luz que é transformada em energia para o fotossistema I (PS) e II. Uma exceção a esse arranjo é a cianobactéria unicelular *Gloeobacter*, que aparentemente não possui tilacóides e tem ficobilissomos relativamente maiores, localizados na periferia da célula (Rippka *et al.*, 1974). No caso das cianobactérias, as ficobilinas são azuis e lhes conferem assim a típica cor azul-esverdeada. Muitas também produzem ficoeritrina, um pigmento vermelho. Além dos pigmentos acima citados, possuem ainda vários carotenóides, incluindo o β -caroteno e as xantofilas. Algumas xantofilas, como a myxoxantina, a oscillaxantina e a myxoxantofila aparentemente são encontradas somente em cianobactérias (Raymont, 1980).

Apesar das cianobactérias não possuírem flagelos, várias espécies filamentosas, principalmente em solos e rochas, possuem movimentos deslizantes e podem migrar através de superfícies úmidas (Schlegel, 1993).

Estão amplamente distribuídas no solo, na água doce e em ambientes marinhos. Espécies termofílicas crescem em fontes de águas termais; outras podem viver em

associação íntima com protozoários, fungos e vegetais, fornecendo-lhes nutrientes necessários para a fotossíntese e a fixação de nitrogênio molecular (Schlegel, 1993). Algumas cianobactérias unicelulares (*Synechococcus lividus*) são ácido-tolerantes podendo crescer em pH 4.0 a uma temperatura de 70°C (Schlegel, 1993).

Várias espécies vivem simbioticamente. Por exemplo, a *Nostoc* vive com *Peltigera* (líquens) e em raízes de *Cycas* e *Gunnera*, e a *Anabaena azollae* cresce em simbiose com folhas aquáticas tropicais como a *Azolla* (Schlegel, 1993).

Algumas cianobactérias formam células de repouso, com parede espessa, altamente resistentes ao dessecamento, denominadas *acinetos*.

Segundo Schlegel (1993), as cianobactérias podem ser divididas em cinco grandes grupos, como sendo: 1 - Chroococcales; 2 - Pleurocapsales; 3 - Filamentosas sem heterocistos; 4 - Filamentosas com heterocistos, com divisão celular em um plano e 5 - Filamentosas com heterocistos, com divisão celular em vários planos.

Apesar das cianobactérias não serem microalgas, possuem características similares no que se refere à formação de blooms, muitas vezes nocivos ao ecossistema.

Trata-se de uma proliferação excessiva de organismos planctônicos, que pode ser atribuída a uma combinação de fatores tais como: súbita elevação da temperatura, grau de insolação favorável, concentração de nutrientes, presença de quelantes e períodos de calmaria, que tornam o meio propício à rápida reprodução desses microorganismos (Navas-Pereira, 1994).

A ocorrência de blooms tem sido relacionada ao enriquecimento por nutrientes (eutrofização), principalmente pelo despejo de esgotos sem tratamento, o que é evidente em áreas onde a troca de água é limitada, tais como estuários, mares interiores e lagoas costeiras. Entretanto, a relação entre a ocorrência desses fenômenos e as condições

ambientais é complicada e perturbações antropogênicas não são um pré-requisito necessário (Richardson, 1997).

O gênero *Trichodesmium* é citado como freqüente causador de blooms em águas tropicais e subtropicais, em períodos de calmaria (Biddanda, 1997).

No caso de *Trichodesmium erythraeum*, uma cianobactéria com capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico, os blooms parecem estar mais relacionados as condições climáticas do que a um aumento na disponibilidade de nutrientes (CETESB, 2000).

Poucos são os registros de *Trichodesmium*, formando blooms, em regiões marinhas brasileiras. Dentre eles podem ser destacados alguns dos trabalhos publicados por Satô *et al.* (1963) nas águas costeiras próximas a Recife (PE); Rosa & Bucelato (1981) em águas de Tramandaí (RS); e alguns registros no município de Ubatuba (SP) (Kutner & Sassi, 1978; Giancesella-Galvão *et al.*, 1995).

Os primeiros relatos sobre a ocorrência, em 1982, de cianobactéria na costa paranaense, foram descritos por Brandini (1988). Durante a Operação Sueste I – julho/agosto 1982, o autor estudou a hidrografia e o fitoplâncton em noventa e uma estações oceanográficas, abrangendo áreas costeiras e oceânicas contíguas aos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Neste estudo, a maior concentração de cianobactérias foi registrada em áreas dominadas pelas águas tropicais, enquanto que as microalgas, assim como diatomáceas, dinoflagelados e silicoflagelados, dominaram em áreas de plataforma no sul de Santa Catarina mais afetadas por águas subantárticas costeiras.

Em novembro de 1985 (final da primavera), Brandini *et al.*, (1989) estudaram a ocorrência de cianobactérias na coluna d'água de um transecto entre o infralitoral e a isóbata de 300 m, em frente ao Complexo Estuarino Baía de Paranaguá. Encontraram os

maiores valores destas bactérias, principalmente de *Trichodesmium* sp., com até 3000 filamentos por litro, em águas superficiais próximas à costa (entre a superfície e os cinquenta metros de profundidade), e em águas sub-superficiais (entre os dez e vinte e cinco metros de profundidade) nas regiões oceânicas.

Em pesquisa realizada em novembro de 1992 por Fernandes & Brandini (1999) entre Rio de Janeiro e a Península Antártica, os autores observaram blooms de *T. erythraeum* em regiões contíguas aos estados de São Paulo e Paraná, influenciadas pela corrente de Água Subtropical.

No início de fevereiro de 2000, pesquisadores da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) registraram uma mancha escura no mar, com aproximadamente 100 km de extensão (Fig. 1), situada a cerca de 80 km da costa, entre a Ponta do Superagüi (PR) e o sul da Ilha do Cardoso (SP).



Figura 1. Vista aérea de um bloom de *T. erythraeum* no litoral norte do Paraná (CETESB, 2000).

A coloração da mancha variava entre o vermelho, o verde azulado e o marrom, com odor característico de óleo vegetal. De acordo com o Prof. Luciano F. Fernandes tratava-se de um bloom de cianobactérias da espécie *T. erythraeum* e resultou da combinação de uma série de condições de luz, temperatura elevada e nutrientes favoráveis, presentes no verão (CETESB, 2000).

Depois de alguns dias constatou-se que a mancha havia se fragmentado e apresentava alterações na sua coloração. De acordo com os órgãos ambientais competentes, a fragmentação deve ter ocorrido em consequência dos fortes ventos e chuvas que ocorreram na ocasião. Em nenhuma das vistorias foi identificada a presença de peixes mortos ou moribundos sobre a mancha ou em suas proximidades.

Entre o final de fevereiro e o final de março de 2000, foram observadas, ainda pela CETESB, durante vários dias, a presença de novas manchas em águas superficiais do litoral de São Paulo. Diversos filetes, com larguras entre 5 e 10 m, foram observados na região compreendida entre Itanhaém e a Ilha do Montão do Trigo, ao sul de São Sebastião (SP) e nos municípios de Peruíbe e Caraguatatuba. Através de análises foi confirmada novamente a existência de um bloom de *T. erythraeum*, a mesma espécie identificada no Paraná e sul de São Paulo.

Como as manchas, favorecidas pelas correntes marinhas e pelos ventos, estavam se aproximando da costa paulista, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) efetuou bioensaios laboratoriais, nos quais não foram encontradas substâncias tóxicas, cuja concentração pudesse apresentar riscos à saúde pública (CETESB, 2000).

A importância ecológica das cianobactérias, principalmente por serem fixadoras de nitrogênio, e a exigüidade de estudos sobre estes organismos na região, mostram a necessidade da presente pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O gênero *Trichodesmium*

Trichodesmium são cianobactérias filamentosas, formadoras de colônias não heterocíticas, pertencentes à família Oscillatoriaceae (Bergamam & Carpenter, 1991). Nas últimas décadas, *Trichodesmium* tem sido a cianobactéria dos oceanos tropicais mais intensamente estudada. As principais razões que despertaram o grande interesse inicial dos pesquisadores foram a sua abundância e sua capacidade de fixar nitrogênio (Dugdale *et al.*, 1961). Atualmente se sabe que ela fixa o nitrogênio durante o dia, sem a formação de heterócitos (Saino & Hattori, 1978; Bryceson & Fay, 1981; Bergman & Carpenter, 1991).

Carpenter (1983) estimou que somando as espécies de *Trichodesmium* presentes nos oceanos, elas contribuem anualmente com aproximadamente 4.8×10^6 toneladas de nitrogênio nas zonas eutróficas tropicais e subtropicais. Segundo Capone & Carpenter (1982) estes valores corresponderam a um quarto do total de nitrogênio fixado anualmente. Tais dados demonstram a importância dessas espécies no orçamento global do nitrogênio.

2.2 O histórico taxonômico do *Trichodesmium*

A denominação "*Trichodesmium*" foi mencionada pela primeira vez por Ehrenberg em 1830. Posteriormente o gênero foi unido a *Oscillatoria* e mantido assim até 1977, quando foi modificado novamente para *Trichodesmium* (Geitler, 1932; Sournia, 1968, Golubic, 1977).

Com relação à sistemática do gênero *Trichodesmium* ainda existem muitos problemas, já que parece ser incorreto dividi-las em espécies diferentes a partir de suas formas. Por outro lado, agrupá-las em uma única espécie, também parece ser incorreto,

uma vez que existem diferenças genéticas suficientes para propor que haja mais de uma espécie (Ben-Porath *et al.*, 1993). Desta forma, a problemática da definição de espécies de *Trichodesmium* ainda parece ser um assunto altamente debatível.

Entretanto, cinco espécies marinhas de *Trichodesmium* foram listadas por Anagnostidis & Komarek (1988) baseado no estudo de Golubic (1977). O conhecimento atual das diferentes formas sugere que, baseado na similaridade de sua ultraestrutura, *T. erythraeum* Ehrenberg ex Gomont, *T. tenue*, com colônias de formas esféricas e tricomas estreitos, formem um grupo de espécies; *T. thiebautii* Gomont ex Gomont, *T. hildebrandtii* Gomont e *T. contortum* Wille in Schutt possuem uma ultraestrutura similar que foge da do primeiro grupo (Janson *et al.*, 1995). A espécie, *T. contortum*, é especialmente problemática e pode consistir de duas espécies, uma formadora de colônias e outra de vida livre. Entretanto, enquanto ainda faltam estudos de microscopia eletrônica da espécie formadora de colônias, a de vida livre, que apresenta pigmentação muito mais escura, já foi muito bem estudada (Janson *et al.*, 1994, 1995).

Assim como as demais bactérias, as cianobactérias também possuem a seqüência rRNA 16S. Análises dessa seqüência clonada e de genes *hetR* de diferentes formas *Trichodesmium* do Mar do Caribe e do Oceano Atlântico a mar aberto foram estudadas (Janson *et al.*, in Janson 1995). Em parte, os dados genéticos confirmaram os dados estruturais, mas não completamente. *T. tenue* confirmou sua proximidade com *T. erythraeum*, embora, *T. tenue* apresentou mais afinidades com *T. contortum*, ambas com rDNA 16S e seqüência de genes *hetR* semelhantes. *T. thiebautii* não foi distinguida de *T. hildebrandtii*, mas bem distinguida de outras espécies, como por exemplo de *T. erythraeum*.

2.3 Considerações sobre a estrutura celular do *Trichodesmium*

Muitas cianobactérias têm adaptações morfológicas que lhes permitem regular sua flutuabilidade. No caso de *Trichodesmium*, a presença de numerosos vacúolos gasosos, que ocupam mais de 70% do volume celular fazem com que seus blooms tenham, na superfície, a aparência de manchas de óleo (Jones *et al.*, 1982; Biddanda, 1997). *T. erythraeum* é conhecida como a espécie do gênero com vacúolos gasosos localizados mais próximos da periferia celular (Carpenter *et al.*, 1993), com menores pressões de colapso (Walsby, 1978) e maiores diâmetros (Hayes & Walsby, 1986; Walsby & Bleything, 1988), características que a tornaram especialmente adaptada à vida próxima da superfície. Tudo indica, portanto, que *T. erythraeum* é a espécie mais freqüente em densos blooms de superfície, e que a orientação dos vacúolos seja uma adaptação específica.

2.4 Fatores que contribuem para blooms de *Trichodesmium*

Em vários relatos pode ser observada a presença de tempo calmo precedendo um bloom de *Trichodesmium* (Carpenter, 1983). Isto presumivelmente permite que as colônias permaneçam intactas com uma máxima proteção da nitrogenase da inativação pelo oxigênio (Carpenter & Price, 1976). Além disso, blooms parecem ocorrer com maior freqüência quando as massas d'água marinhas passaram por ilhas ou próximo à terra firme. Por exemplo, Nagasawa & Marumo (1967) observaram altas densidades de *Trichodesmium* depois da Corrente Equatorial Oeste ter passado pelas Ilhas Carolina e Filipinas. Similarmente, Carpenter & Price (1976) notaram crescentes concentrações de *Trichodesmium*, nas águas do Mar do Caribe, à medida que a água fluía em direção à oeste, passando pelas Ilhas Antilhas. Os blooms no Oceano Índico ocorrem freqüentemente quando as águas passam pelas Ilhas Maldivas a sudoeste da Índia

(Carpenter, 1983). Tudo indica que as águas, ao passarem pelas ilhas, formam giros ou redemoinhos que parecem beneficiar a ressuspensão, de camadas profundas para a superfície oceânica, de possíveis nutrientes limitantes do crescimento de *Trichodesmium*. A falta de determinados nutrientes, assim como o ferro ou co-fatores orgânicos dele, ou compostos orgânicos de fósforo, podem ser, por exemplo, elementos que restringem a síntese da nitrogenase (Carpenter, 1983). Por outro lado, Margalef (1971) observou, em estudo efetuado ao longo da costa norte da Venezuela, que o crescimento deste organismo é inibido em águas de ressurgência. As observações de Margalef (1971) foram confirmadas por Corredor (1977). Através dos estudos descritos acima fica claro, portanto, que há necessidade de mais pesquisas para determinar quais são os fatores que realmente estimulam os blooms.

2.5 Fixação de nitrogênio do *Trichodesmium*

O *Trichodesmium* é uma cianobactéria não heterocítica e que, portanto, não possui células diferenciadas para a fixação do nitrogênio. Apesar desta característica, além de realizar a fotossíntese, ela tem a capacidade de fixar grandes quantidades de nitrogênio atmosférico sob condições aeróbicas (Ohki & Fujita, 1988). Fogg (1982) a considerou como um importante fertilizador de nitrogênio em mares tropicais e subtropicais. Como a enzima nitrogenase é destruída pelo oxigênio e o *Trichodesmium* não possui heterócitos, procurou-se, ao longo das últimas décadas, desvendar o mecanismo usado pela cianobactéria na diferenciação das células fotossintéticas das nitrificantes. A primeira hipótese a ser descartada era a de que a fixação do nitrogênio não fosse realizada por bactérias heterotróficas associadas. Assim iniciaram-se, em 1975, dois estudos separados, na tentativa de correlacionar o *Trichodesmium* com bactérias heterotróficas nitrificantes. Entretanto, enquanto Maruyama (1975) encontrou

quantidades altas de bactérias heterotróficas fixando nitrogênio associadas às colônias de *Trichodesmium* em amostras do oeste do Pacífico, Carpenter & McCarthy (1975) foram incapazes de isolar bactérias fixadoras de nitrogênio associadas ao *Trichodesmium* no Mar do Sargasso.

Baseados neste fato Saino & Hartori (1982) fizeram experiências em laboratório e descobriram que a taxa de redução do acetileno no escuro, em presença de ar, era de aproximadamente 10% da do claro. Os autores sugeriram assim que a fixação do nitrogênio por bactérias heterotróficas aderidas aos tricomas de *Trichodesmium* pode ser desprezada, caso ela ocorra.

Segundo Carpenter & Price (1976) a fixação do nitrogênio em blooms de *Trichodesmium* parece ocorrer em células diferenciadas localizadas no centro da colônia. Segundo os autores, cada tricoma possui aproximadamente 100 células e que destas 10 a 20 células centrais apresentam pigmentação reduzida em comparação com as localizadas na periferia e não incorporam $^{14}\text{CO}_2$ durante a fotossíntese. As células centrais, portanto, aparentemente não produzem O_2 que desative a nitrogenase e funcionam como se fossem heterocistos. Quando as células centrais são expostas ao O_2 por rompimento das colônias, a fixação do N_2 (redução do acetileno) diminui rapidamente, igualando-se aos tricomas individuais que permanecem intactos. Segundo os autores acima citados, o rompimento das colônias na ausência de O_2 não causa redução na atividade da nitrogenase. Os autores sugeriram portanto, que na parte central de um feixe de *Trichodesmium*, protegida do oxigênio dissolvido na água do mar, ocorra a fixação do nitrogênio e na periferia a fotossíntese.

Alguns autores descreveram que a formação de blooms por *Trichodesmium* parece ser muito sensível ao tamanho das ondas. Aparentemente as ondas podem separar as colônias, permitindo assim a entrada de O_2 na parte mediana do tricoma e desativando a

nitrogenase. Estas observações explicariam como o *Trichodesmium* é capaz de fixar o N_2 sem heterócitos em ambientes aeróbicos (Carpenter & Price, 1976). Com o mar bastante calmo a fixação de N_2 é maior na superfície (Carpenter & McCarthy, 1975). Em condições intermediárias de ondas a fixação do nitrogênio passa a ser maior na superfície ou a uma profundidade de aproximadamente 10 a 15 m. Entretanto, em mares agitados a fixação é suprimida em águas superficiais e passa a ter valores máximos em profundidades de 10 a 15 m. Com o mar bastante agitado, as ondas produzem danos até regiões mais profundas. Isso explicaria porque os blooms sempre ocorrem em mares calmos. Observações de campo feitas por Bryceson & Fay (1981) no Oceano Índico, fortalecem esta hipótese. Eles notaram que a atividade da nitrogenase e a proporção de colônias intactas é inversamente proporcional à velocidade do vento. Entretanto Saito & Hartori (1979) demonstraram que em tricomas separados ocorre alguma atividade de nitrogenase, devendo haver, portanto, um mecanismo intracelular para protegê-los.

Em 1981, Stal & Krumbein estudaram a fixação aeróbica de nitrogênio em tricomas individuais de culturas puras de *Oscillatoria* de água doce e concluíram que a espécie descrita tem um mecanismo de proteção da nitrogenase em tricomas individuais. Os autores consideraram que a peróxido dismutase, ativa na destruição do O_2 , poderia ser uma possível enzima protetora.

Por outro lado, Saino & Hartori (1982) encontraram evidências de que *Trichodesmium* possui uma hidrogenase que pode reduzir a tensão do O_2 , através da reação do “Knallgas”, protegendo assim a nitrogenase da inativação por O_2 .

Segundo Ohki & Fujita (1988) a atividade aeróbica da nitrogenase em *Trichodesmium* foi marcadamente acentuada pela luz e depende da fase de crescimento, apresentando valores maiores durante a fase exponencial e menores durante a fase estacionária. Segundo os autores, as colônias se formam durante a última fase de

crescimento e portanto, segundo os mesmos, seus resultados contradisseram a idéia de que a fixação do nitrogênio depende da formação da colônia.

Fredriksson & Bergman (1995) estudaram a localização da Fe-proteína da nitrogenase (dinitrogenase reductase) em colônias cortadas aleatoriamente, de três espécies: *T. thiebautii*, *T. tenue* e *T. erythraeum* usando microscopia eletrônica e microscopia de imunofluorescência. A enzima encontrava-se confinada em um restrito subgrupo de células (uma média de 14%), distribuídas aleatoriamente dentro das colônias em todas elas. A frequência das células contendo nitrogenase variou, mantendo seus valores mais altos e comparativamente constantes durante o dia, o período de ativa fixação do nitrogênio, decresceu de noite e aproximou-se de zero exatamente depois do amanhecer. Ao amanhecer ocorreu um período de rápida síntese de nitrogenase. A concentração relativa de nitrogenase dentro das células aumentou até o meio dia e diminuiu sucessivamente na tarde/noite. Os dados levaram os autores a concluir que nas três espécies de *Trichodesmium* não-heterocíticas existem um número limitado de células, ou possivelmente de tricomas (filamentos) que são especializados na fixação do nitrogênio. Mais provável é que o mesmo conjunto de células seja ativo durante o dia, apresentando uma quantidade de nitrogenase específica para cada célula.

Levando-se em consideração o exposto acima, existem no mínimo três mecanismos possíveis para proteger a nitrogenase durante a fotossíntese oxigênica: 1) Fixação de N₂ e fotossíntese ocorrendo nas mesmas células, mas em tempos diferentes (Gallon, 1981; Stal & Krumbein, 1985; Mitsui *et al.*, 1986); fotossíntese em presença de luz e fixação do N₂ no subsequente período escuro (Ohki & Fujita, 1988); 2) Fixação do N₂ e fotossíntese ocorrendo em diferentes células; células vegetativas para a fotossíntese oxigênica, e heterócitos para a fixação do N₂ (Ohki & Fujita, 1988); 3) Uma compartimentação capaz de sustentar o sistema nitrogenase sob condições aneróbicas

em células vegetativas. Saino & Hatori (1982) propuseram a hipótese de que a hidrogenase pode remover o O₂ pela reação de “Knallgas” com o uso de H₂ e Fredriksson & Bergman (1995) sugerem que exista uma dinitrogenase reductase protegendo a nitrogenase.

As estratégias usadas pelo *Trichodesmium* para proteger sua nitrogenase do oxigênio aparentemente apresenta muitas similaridades com as de outras cianobactérias heterocíticas e não heterocíticas. Estudos estruturais e imunocitológicos detalhados ainda terão que ser feitos para elucidar o mecanismo de proteção da nitrogenase, com ênfase nos períodos de transição de fixação e não fixação (Bergman & Carpenter, 1991).

Após várias buscas, foi encontrado, no Brasil, um trabalho sobre a fixação de nitrogênio pela cianobactéria *Nostoc muscorum*. Neste Yunes *et al.* (1990) isolaram a cianobactéria do Estuário da Lagoa dos Patos e efetuaram, em laboratório, durante 30 dias, estudos sobre a capacidade da mesma de fixar nitrogênio. Concluíram que a atividade da nitrogenase foi muitas vezes maior na fase iluminada do que na escura e que os valores máximos de fixação de nitrogênio ocorreram no vigésimo dia.

2.6 Ingestão de *Trichodesmium*

Devassy *et al.* (1978) encontraram um baixo índice de diversidade no fitoplâncton na época dos blooms de *Trichodesmium*. Wood (1965) também observou que zooplâncton e peixes evitam os blooms. Outros estudos indicam que as colônias de *Trichodesmium* fornecem um substrato para comunidades características de microorganismos e animais.

Talvez o mais bem conhecido deles seja o copépode harpacticoide *Macrosetella gracilis*. Este copépode tem uma larva rastejante ao invés de nadadora, e assim depende

do substrato para seu desenvolvimento. O náuplio agarra *Trichodesmium* com os ganchos de seus segundos e terceiros apêndices. Da mesma forma, os copepoditos e adultos possuem ganchos especializados para adesão (Bjornberg, 1965). A relação encontrada entre *Macrosetella* e *Trichodesmium*, além de relatada por Bjornberg, com amostras do copépoda coletadas no Mar do Caribe, tem sido observada em águas do Japão (Tokioka & Bieri, 1966), ao largo do nordeste da América do Sul (Calef & Grice, 1966) e no Caribe (Borstad & Borstad, 1977). Roman (1978) também observou que *Trichodesmium* é ingerido por *Macrosetella* e que esta cianobactéria é necessária para o crescimento do copépode e para seu desenvolvimento. Existem ainda vários relatos de peixes ingerindo *Trichodesmium*. Bryceson (1980) introduziu juvenis de peixes do gênero Clupeidae em um aquário contendo *T. erythraeum* coletada após um bloom, e a bactéria foi rapidamente ingerida pelos mesmos. Devanesan (1942) e Devanesan & Chidambaram (1948) observaram, no Oceano Índico, que a cianobactéria servia de alimento para *Sardinella gibbosa* e *Mugil waigiensis*.

Duas outras espécies de peixes, *Hilsa kanagurta* e *Rastrelliger kanagurta*, também são conhecidas por ingerirem *Trichodesmium*. Ramamurthy (1970a) descobriu que esta bactéria compreende 60 a 90 % do conteúdo estomacal desses peixes. Na seqüência, a gaivota (*Larus brunicephalus*) se alimenta dessas duas espécies de peixe. Ramamurthy (1970b) relata que no intestino destas gaivotas existem populações reduzidas de bactérias e o relaciona às propriedades antibacterianas do *Trichodesmium*.

A possível alimentação de *Trichodesmium* por salpas (*Salpa fusiformis* e *Weelia cylindrica*) foi observada por Nemoto (1975) no Oceano Pacífico. Apesar de que *Trichodesmium* foi observada no conteúdo estomacal das salpas, ainda é incerto se elas obtiveram algum valor nutricional disso (Carpenter, 1983).

2.7 Associação de outros organismos com colônias de *Trichodesmium*

As colônias de *Trichodesmium* sustentam um grande número de microorganismos. Por exemplo, Borstad & Borstad (1977) notaram que 85% de todas as colônias de *Trichodesmium* que eles examinaram em Barbados, tinham “grandes números” de bactérias heterotróficas. A mais abundante foi um bacilo móvel. Similarmente, Carpenter & Price (1977) observaram, com frequência, densos crescimentos de bactérias heterotróficas nas junções celulares de *Trichodesmium*. No Mar do Caribe, eles notaram que a porcentagem dos tricomas com bactérias heterotróficas aderidas era menor que 1% a 1 metro de profundidade e aumentava para uma média de 8,3% a 50 metros.

Bactérias heterotróficas capazes de crescer em meio de cultura sem nitrogênio têm sido isoladas por Maruyama *et al.* (1970) de *Trichodesmium* coletado no oceano Pacífico Norte. De acordo com os autores, esta observação sugere uma possível associação entre bactérias heterotróficas fixadoras de nitrogênio e *Trichodesmium*.

Margalef (1978) descreveu a associação de *Trichodesmium* com bactérias heterotróficas e fungos como uma simbiose.

Protozoários, dinoflagelados (*Peridinium trochoidium*), várias diatomáceas (*Amphiprora* spp., *Navicula* spp., *N. longissima* e *Synedra* spp.), a bactéria filamentosa *Lephotrix* sp. e a cianobactéria *Dermocarpa leibleinia* (Carpenter, 1983; Siddiqui *et al.*, 1992), também são freqüentes (Borstad & Borstad, 1977). Usando microscopia eletrônica, Bryceson & Fay (1981) observaram tanto diatomáceas quanto bactérias heterotróficas espalhadas através da colônia.

Um hidrozoário tem sido observado vivendo em colônias de *Trichodesmium*. Gieselman (1977) observou um hidróide em *Trichodesmium* no Mar do Sargasso e Borstad & Brinckmann-Voss (1979) nomeou-o formalmente de *Pelagiana*

trichodesmiae, criando para ele um novo gênero. Mais de seis destes hidrozóários têm sido observados por colônia. Os hidróides eram vorazes ao se alimentarem e eram sempre observados alimentando-se de copépodes e quetognatos.

2.8 Toxicidade do *Trichodesmium*

Como cianobactérias de água doce, principalmente a *Aphanizomenon flos-aquae* e a *Anabaena flos-aquae* podem produzir toxinas ativas contra animais superiores (Fogg *et al.* 1973), há muito pesquisadores estudam a existência ou não de toxinas em blooms de *Trichodesmium*. Assim Sato *et al.* (1963) sugeriram que os mesmos poderiam causar doenças em humanos. Ramamurthy (1970a,b), como já foi dito, os considerou reponsáveis pela atividade antibacteriana detectada no trato gastro-intestinal de peixes e de gaivotas. Devassy *et al.*, (1978) não encontrou mortalidade de peixes ou de outros animais associados com blooms de *Trichodesmium*. O autor tampouco observou irritações ou qualquer outro efeito tóxico após o contato com os mesmos. Por outro lado, *Trichodesmium* pode causar a morte de peixes, por obstrução de suas guelras, e de outros animais na depleção do oxigênio (Fogg, 1982). Entretanto, estudos mais recentes, efetuados por Endean *et al.* (1997), mostram que a cianobactéria *T. erythraeum* contém material tóxico semelhante ao descrito para o peixe *Scomberomorus commersoni* e que, em certas condições, ela pode apresentar perigo à saúde pública.

3. OBJETIVOS

O trabalho teve como objetivo geral investigar a distribuição de grandes grupos fitoplânctônicos, de cianobactérias e a dinâmica sazonal dos blooms de *T. erythraeum* nas águas superficiais da plataforma continental interna paranaense, em relação a diversos parâmetros bióticos e abióticos.

Como objetivos específicos, pretendeu-se verificar:

- se, com o aparecimento da cianobactéria *T. erythraeum* há alteração na ocorrência de microalgas (diatomáceas e dinoflagelados) e demais cianobactérias (*Anabaena* sp. e *Merismopedia* sp.).

- a relação entre a ocorrência de blooms de *T. erythraeum* e o aumento da temperatura.

- analisar as inter-relações entre as cianobactérias e o fitoplâncton, bactérias heterotróficas, salinidade, temperatura, precipitação e intensidade do vento, no ambiente acima descrito

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

Localizado no sul do Brasil, o litoral paranaense se estende desde a Vila de Ararapira ao norte (25°12'44" S – 48°01'15" W) até a barra do rio Saí-Guaçu, ao sul (25°58'38" S – 48°35'26" W). Possui características que o diferem dos demais estados da costa sul e sudeste brasileira. A Serra do Mar, que se estende do Espírito Santo ao Cabo de Santa Marta em Santa Catarina, encontra-se bem interiorizada no Estado do Paraná, possibilitando a formação de extensas planícies costeiras e duas grandes baías, Paranaguá e Guaratuba (Soares *et al.*, 1997).

Apesar de ser o penúltimo estado brasileiro em extensão litorânea, o litoral paranaense possui grande relevância econômica por nele estar situado o terceiro maior porto do Brasil, o Porto de Paranaguá, que atende pelo escoamento da produção agrícola e industrial de vários estados e países vizinhos. Nos 105 km de linha de costa oceânica, observa-se um grande contraste entre as áreas rapidamente urbanizadas nas últimas décadas, em função do fluxo turístico de veraneio (1,5 milhões de pessoas) e as áreas de preservação ao norte, onde localiza-se uma das regiões mais intactas de Mata Atlântica do Brasil, a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba e o Parque Nacional do Superagüi (Soares *et al.*, 1997).

O clima regional, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo "Cfa", definido como subtropical úmido mesotérmico com verões quentes. Os valores médios de temperatura variam entre 14,5°C no inverno e 29,6°C no verão, sendo esta a estação mais chuvosa. Pesquisa efetuada pelo IPARDES (1990) cita que a precipitação é elevada, existindo diferenças significativas entre as áreas de planícies, serras e planaltos.

Segundo dados do Posto Meteorológico de Tagaçaba de Cima, a precipitação média anual na região é de 2.837 mm e o número de dias com chuva por ano é de 216. Os índices hídricos do litoral paranaense são superiores a 60 mm e existem flutuações acentuadas de excedentes e déficits hídricos (IPARDES, 1995).

A circulação geral na plataforma brasileira é composta por Correntes do Contorno Oeste, como parte do Giro Subtropical Anticiclônico do Atlântico Sul. Nesse giro ocorre um “empilhamento” de água tropical quente e pobre em nutrientes para o lado ocidental da bacia do Atlântico, assim como em todas as bacias do globo, como consequência da ação conjunta dos ventos alísios predominantes e do movimento de rotação da terra. (Brandini *et al.*, 1997).

De acordo com Emilsson (1961), Miranda (1982), Castro Filho *et al.* (1987) e Castro Filho (1997) três massas de água, com seus pares termohalinos característicos, determinam as características hidrográficas da plataforma continental nos períodos de primavera, verão e inverno: a Água Costeira (AC), a Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS).

A AC, massa de água que se encontra próxima à costa, cujas características termohalinas variam em função da climatologia, geomorfologia da costa, drenagem continental e estação do ano, possui salinidade baixa e variável devido ao aporte de água de origem continental. Sua estratificação vertical é muito pequena, devido aos processos de mistura causados pelo vento e pelas correntes de maré (Sartori, 2000). Os pares termohalinos variam, de acordo com o autor, da seguinte forma:

$T > 15^{\circ}\text{C}$; $S < 35$ (Emilsson, 1961; Miranda, 1982)

$T > 20^{\circ}\text{C}$; $S < 35,4$ (Aidar *et al.*, 1993)

$T = 24^{\circ}\text{C}$; $S = 34,9$ (Castro Filho *et al.*, 1987)

A AT, que se encontra geralmente ao largo, apresenta salinidades mais elevadas. É transportada ao longo do talude (Emilsson, 1961; Mesquita, 1983; Matsuura, 1986; Castro & Miranda, 1998a) em direção sul-sudoeste pela camada superior da Corrente do Brasil (0-100 m); é quente e salina, com características oligotróficas. Seus pares termohalinos de acordo com alguns autores são:

$T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36,4$ (Castro & Miranda, 1998a)

$T > 20^{\circ}\text{C}$; $S > 36$ (Emilsson, 1961)

$T = 24^{\circ}\text{C}$; $S = 37$ (Castro Filho *et al.*, 1987)

A ACAS, caracterizada por salinidades e temperaturas relativamente baixas, penetra pelo fundo em direção à plataforma continental e desloca grandes quantidades da água mais costeira. A frequência e intensidade desta intrusão variam sazonalmente e também de ano para ano, dependendo das condições climáticas prevaescentes. Todavia, esta penetração da ACAS é especialmente importante durante o período de verão (Mesquita, 1993). É rica em nutrientes, porém relativamente pobre em plâncton, pois ocorre em profundidades abaixo da zona eufótica, onde não há penetração suficiente de luz para o desenvolvimento do fitoplâncton (Brandini, 1990). De acordo com alguns autores seus pares termohalinos podem ser:

$T < 20^{\circ}\text{C}$; $S < 36,4$ (Castro & Miranda, 1998a)

$T = 13^{\circ}\text{C}$; $S < 35,4$ (Castro Filho *et al.*, 1987)

$10^{\circ}\text{C} < T < 20^{\circ}\text{C}$; $35 < S < 36$ (Emilsson, 1961; Miranda, 1982)

$6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$; $34,5 < S < 36$ (Aidar *et al.*, 1993)

Fernandes & Brandini (1999) citam que “as frentes oceânicas, com fortes gradientes de temperatura, densidade e nutrientes, muitas vezes representam barreiras físicas à distribuição do plâncton e separam massas de água com comunidades biológicas e características hidrográficas distintas. No Oceano Atlântico Sul Ocidental

duas frentes principais podem ser diferenciadas: A Zona de Confluência Brasil-Malvinas (33°S-42°S) origina-se a partir do encontro da Corrente das Malvinas (mais fria e fluindo para o norte) com a Corrente do Brasil (mais quente e fluindo para o sul), na qual são gerados vórtices e meandros. As duas correntes fluem próximo à borda da plataforma e, após seu encontro, desviam para mar aberto, formando a Convergência Subtropical (Peterson & Stramma, 1991; Bianchini *et al.*, 1993). Aumentos da produtividade biológica, especialmente do fitoplâncton, nas áreas sob influência das frentes oceânicas têm sido observados, tornando-se cada vez mais evidente que este fenômeno ocorre em todos os oceanos (Allanson *et al.*, 1981; Hara & Tanoue, 1985; Kosaki *et al.*, 1985; Lutjeharms *et al.*, 1985)”.

De acordo com os estudos realizados por Corrêa *et al.* (1996), as feições morfológicas observadas na plataforma continental sul-brasileira, a qual se situa no setor sudoeste do Atlântico Sul, entre Cabo-Frio (RJ) ao Norte e Chuí (RS) ao Sul, em linhas gerais, apresentam-se bastante homogêneas.

A largura máxima da plataforma continental localiza-se no Embaiamento de São Paulo, nas proximidades de Santos (SP), onde a mesma alcança 230 Km de extensão, enquanto que a largura mínima se localiza na altura de Cabo Frio (RJ), com 80 Km. A largura média de amplitude da plataforma pode ser considerada para toda área, em torno de 130 Km.

A largura máxima da plataforma continental paranaense localiza-se próximo a Ilha do Mel, onde a mesma alcança, a 200 isóbatas, 180 Km de extensão, e a largura mínima está localizada próxima a Praia de Leste. As ilhas oceânicas encontradas na plataforma continental do Paraná são: Currais, Castilho, Figueira e Itacolomis (Soares, *com.pess.*)

A plataforma interna do Estado do Paraná apresenta dois aspectos: (a) recebe suprimento larval de inúmeras espécies de interesse comercial através da Baía de Paranaguá (Blankenstejn *et al.*, 1997) e, (b) assim como grande porção da região sudeste brasileira, é dominada por águas quentes e oligotróficas na superfície, transportadas pela Corrente do Brasil, e águas frias próximas ao fundo, ricas em nutrientes, provenientes da Água Central do Atlântico Sul (Emilsson, 1959, 1961; Matsuura, 1986; Brandini *et al.*, 1989; Brandini, 1990; Matsuura, 1996). Apesar desta estrutura oceanográfica resultar em uma baixa produtividade pelágica (Brandini, 1990), com uma quantidade limitada de estoques pesqueiros (Matsuura, 1995), condicionando uma pesca de plataforma pouco expressiva para a economia brasileira (Paiva, 1997), ela confere à região um grande potencial de produção primária bêntica, uma vez que apresenta águas nutricionalmente ricas próximas ao fundo e transparentes na superfície (Brandini, *com.pess.*).

4.2 ESTRATÉGIA AMOSTRAL

Desde agosto de 1997 está sendo realizado, por uma equipe multidisciplinar, chefiada pelo Prof. Dr. Frederico P. Brandini, na plataforma continental interna paranaense, o projeto de pesquisa intitulado “Recifes Artificiais Marinhos: uma Proposta de Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento da Pesca Artesanal através da Criação de um “Parque Marinho na Costa do Estado do Paraná” (Projeto RAM)”.

A coleta de amostras para o presente estudo foi viabilizada através do apoio logístico fornecido pelo projeto acima descrito. Para as saídas de campo foi utilizada a Lancha-Balizadora "Fomalhaut" da Capitania dos Portos do Estado do Paraná (Fig. 2).



Figura 2. Embarcação utilizada nas coletas

Entre novembro de 1998 e março de 1999, foram feitas coletas mensais de águas superficiais, a cada quinze minutos, em dois transectos da plataforma continental interna ($25^{\circ}41'33''S$; $48^{\circ}23'49''W$). As estações possuíam profundidades variando entre 10 e 40 metros, e distância da costa variando de 2 a 70 quilômetros, aproximadamente. Em cada cruzeiro foram obtidos em média vinte e cinco amostras, em posições como as da figura 3.

A representação gráfica dos dados foi feita no sentido da costa para o mar aberto.

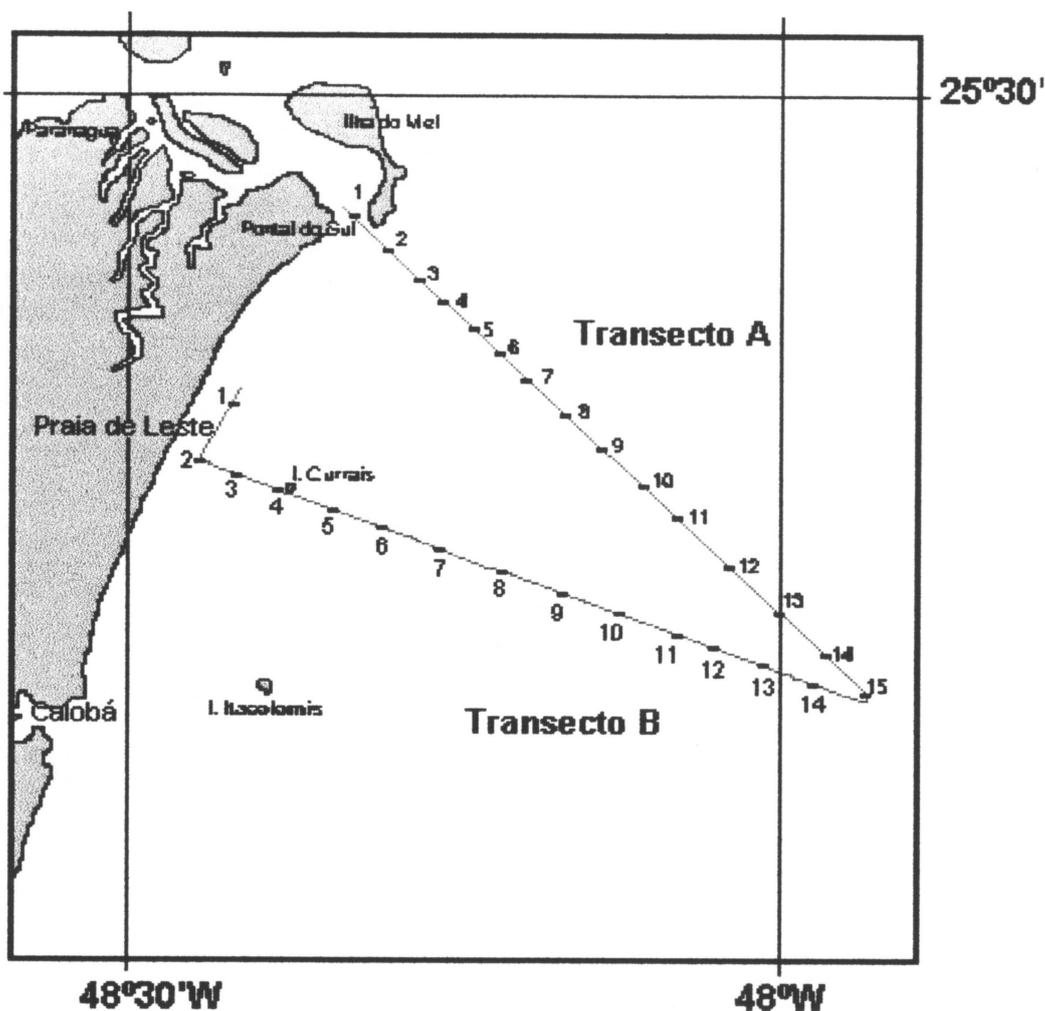


Figura 3. Mapa da área de estudo indicando os transectos A e B e o máximo de estações amostradas.

4.3 VARIÁVEIS ANALISADAS

Parâmetros Abióticos

Temperatura: Foi determinada em todos os pontos de coleta com termômetro padrão, escala 1/100 °C .

Salinidade: As amostras de água foram trazidas ao laboratório em frascos de polietileno hermeticamente fechados e mantidos no gelo. Foi obtida, logo após as coletas com refratômetro ATAGO modelo S/MILL com escala de 0,40.

Precipitação e Intensidade do Vento: Os dados obtidos através da Estação Meteorológica Campbell – CM10, localizada no Centro de Estudos do Mar/UFPR – Pontal do Sul, foram fornecidos pelo Laboratório de Física Marinha do CEM/UFPR. Foram utilizados valores dos dias que antecederam à saída para o mar, somados aos do dia da coleta.

Parâmetros Bióticos

Contagem do fitoplâncton e de cianobactérias:

As amostras de água de superfície foram coletadas com o auxílio de um coletor (Fig. 4) desenvolvido no Laboratório de Microbiologia Ambiental Marinha do CEM e acondicionadas em frascos mantidos em caixa térmica com gelo, para o transporte até o laboratório.

O coletor foi confeccionado utilizando-se um tubo de PVC fechado na sua extremidade inferior, cordas, aro de metal ao redor da sua abertura e pesos (usados na pesca) amarrados a um fio de nylon, distribuídos de forma homogênea, a fim de que, mesmo com a embarcação em movimento, ao menos sua abertura afundasse, trazendo a água da superfície.

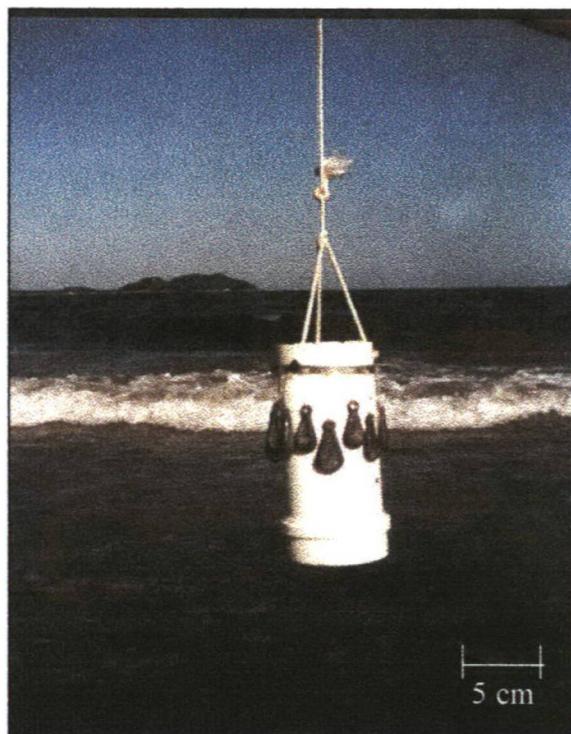


Figura 4. Equipamento utilizado para coletar as amostras (coletor).

Para a contagem das cianobactérias e dos grupos fitoplanctônicos, 100 ml de cada amostra de água, foram fixados com formaldeído neutralizado (até uma concentração final de 0,4%) e adicionado 18 a 20 gotas de uma solução estoque (1 mg/100 ml de água destilada) de Rosa de Bengala e mantidos em câmaras de sedimentação por 24 horas para análise em microscópio invertido ZEISS, modelo Axiovert 100, seguindo a metodologia descrita em Utermöhl (1958). Em linhas gerais a metodologia seguiu a metodologia descrita por Rezende (1995).

Contagem dos blooms da cianobactéria *T. erythraeum* :

Amostras de *T. erythraeum* foram acondicionadas em frascos de polietileno e mantidas em isopor com gelo, para o transporte até o laboratório, onde sub-amostras de 200 ml foram fixadas com formaldeído neutralizado até uma concentração final de 0,4 %.

Para a contagem do número de feixes, as amostras foram cuidadosamente filtradas em rede de 100 μm de trama, vertidas em placas de Petri quadriculadas e analisadas em microscópio estereoscópico Olympus (SZH) com aumento de até 128 vezes.

Com o objetivo de calcular o número de células que compunham cada tricoma dos feixes, assim como seu comprimento médio, foram medidos e contados o número de células, em microscópio ótico binocular Leica *Galen III*, com aumento de até 400 vezes, ao longo do período estudado, de cinquenta filamentos que se encontravam isolados.

Para a identificação sistemática foram feitas medições dos comprimentos e larguras dos tricomas, assim como fotografias (Figs. 5, 6 e 7) de material vivo. A identificação foi efetuada pelo Prof. Dr. Luciano F. Fernandes, do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

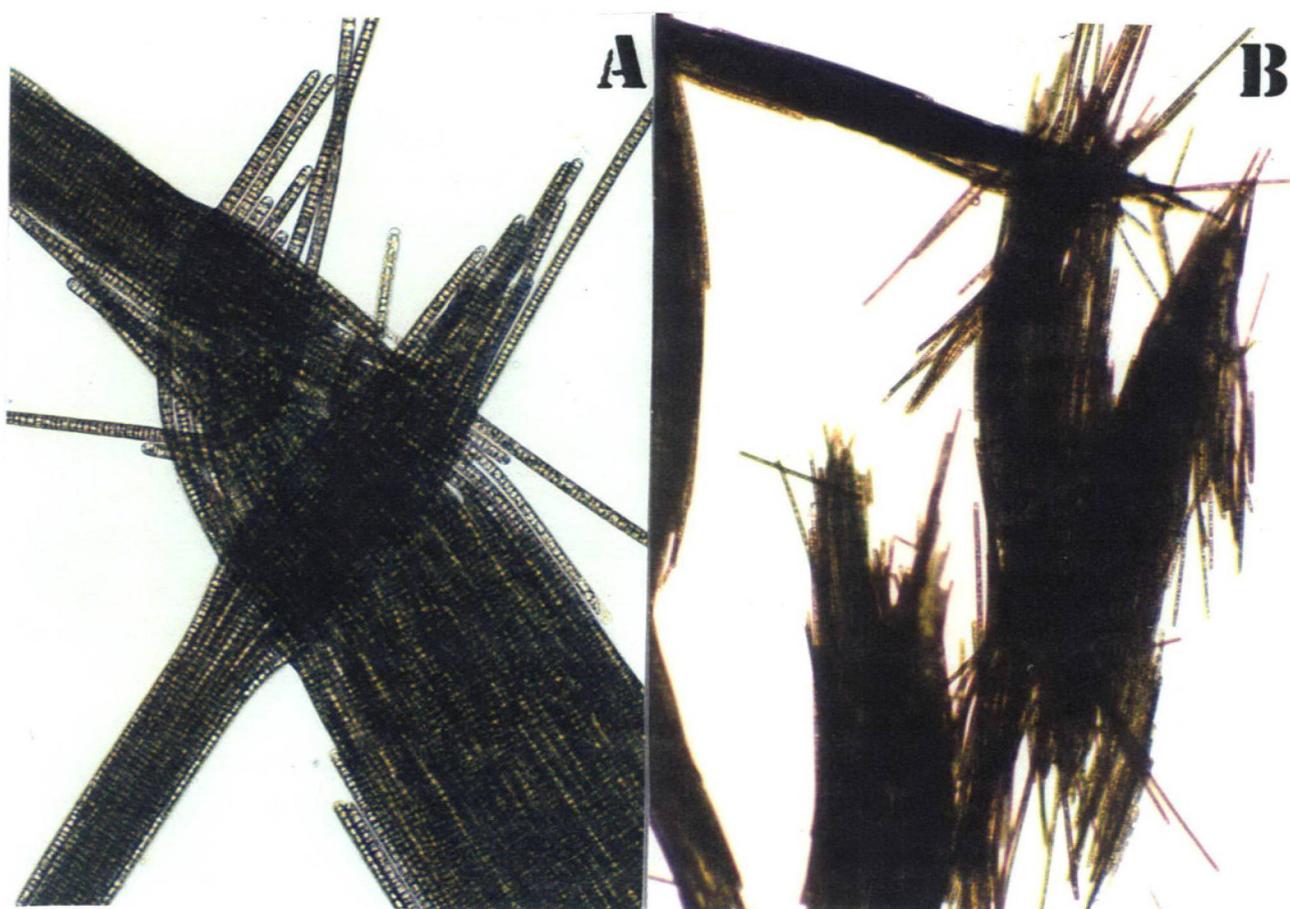


Figura 5 – Cianobactéria *T. erythraeum* – organização em forma de feixes (A-aumento 10x e B-aumento 4x).

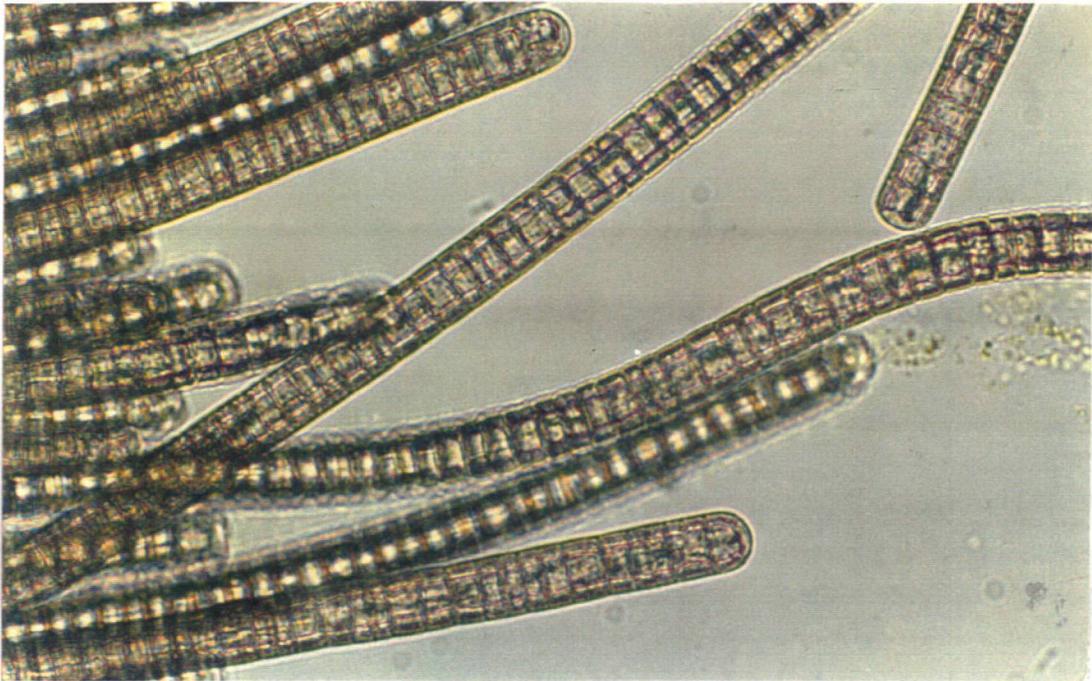


Figura 6. Cianobactéria *T. erythraeum* – detalhes de uma colônia sob microscopia comum (aumento 40x).

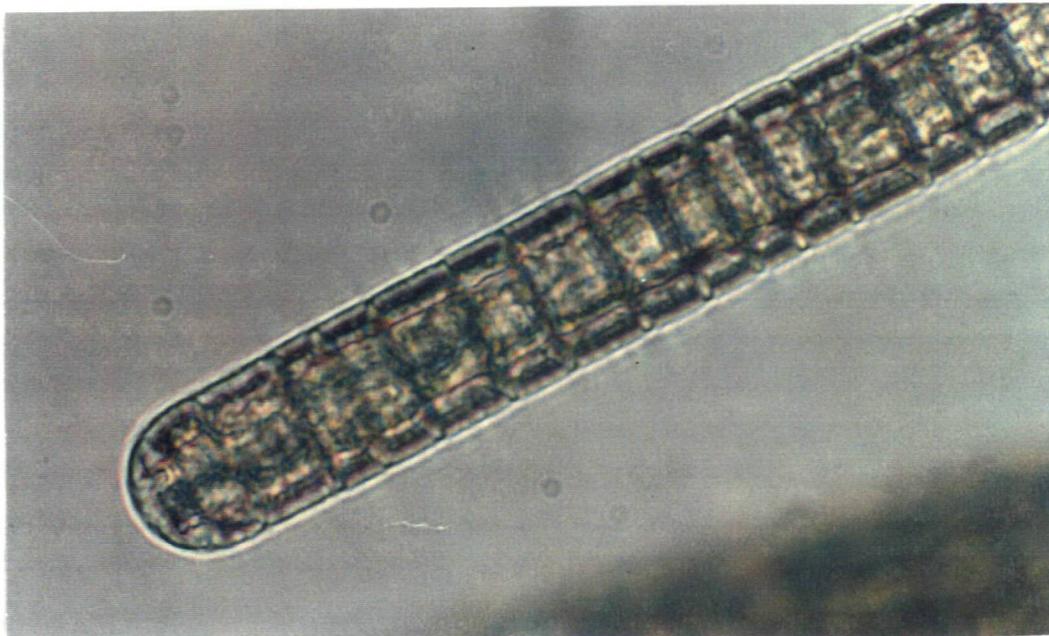


Figura 7. Cianobactéria *T. erythraeum* – detalhes do tricoma em microscópio ótico (aumento 100x).

Concentração de clorofila “a” :

Alíquotas de 60 ml da amostra foram destinadas à dosagem de clorofila “a” pelo método fluorimétrico descrito por Strickland & Parsons (1972).

Para tanto, as alíquotas foram filtradas em filtros de fibra de vidro Whatmann GF/C, 0,45 μm , e estocadas a -18°C em envelopes de papel alumínio. Para a extração da clorofila “a” foi utilizada acetona 90% como solvente, e a leitura foi feita em fluorômetro Turner 10-AU.

Os resultados encontrados durante a 4^a coleta (22/02/99) foram ignorados por terem sido detectados problemas com o fluorômetro.

Para a análise estatística, os valores foram substituídos pela média dos registrados, nas respectivas estações, nos demais meses de coleta.

Contagem total de bactérias heterotróficas e da biomassa bacteriana:

As amostras de água coletadas no campo (15 ml) foram preservadas *in loco*, mantendo-se uma concentração final de aproximadamente 5 % de formaldeído p.A., e trazidas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental Marinha do Centro de Estudos do Mar.

Para a contagem das bactérias heterotróficas foram filtrados um mililitro de cada amostra, adicionado de um mililitro de água destilada filtrada e autoclavada, em filtros de membrana Nucleopore pré-escurecidos, com 25 mm de diâmetro e 0,22 μm de poro, utilizando-se como corante 0,2 mililitros do fluorocromo laranja de acridina. As células bacterianas foram contadas, em aumento de 1000x, com auxílio de um microscópio de epifluorescência Nikon, mod. Labophot, seguindo-se metodologia descrita por Parsons *et al.* (1984).

Para a quantificação da biomassa bacteriana, determinou-se primeiro o biovolume a partir de figuras geométricas (esfera e cilindro) aproximadas. O fator de conversão utilizado foi o de $0.4 \text{ pgC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$ (Bjørnsen & Kuparinen, 1991).

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram submetidos à análises estatísticas com auxílio dos programas estatísticos apropriados.

Para avaliar as principais tendências de variação, os dados foram centrados, logaritimizados ($\ln x$) e tratados pela Análise dos Componentes Principais (PCA1 A/B e PCA2 A/B), baseados nas Análises de Correlação dos dados bióticos e abióticos (Tabs. XIII a XVI do apêndice). Para tanto, as matrizes de correlação linear foram obtidas no modo R, onde as estações/parâmetros bióticos e abióticos foram considerados como objetos e as datas de coletas como descritores (Bouroche & Saporta, 1982; Legendre & Legendre, 1983).

Com o objetivo de separar as áreas de forte influência costeira sobre os organismos estudados foi aplicada a Análise de Cluster. Os dados obtidos ao longo do período em cada estação de coleta, foram somados e sofreram transformação do tipo raiz de raiz ($\sqrt{\sqrt{x}}$) (Clarke & Warwick, 1994). O índice de similaridade utilizado foi o Bray Curtis, a partir da matriz submetida ao agrupamento hierárquico “unweighted pair-group average” (UPGMA) (Legendre & Legendre, 1983; Ludwig & Reynolds, 1988; Clarke & Warwick, 1994).

Para fins de análises estatísticas, os valores obtidos na estação 15 do transecto A, em janeiro de 1999, foram excluídos. Na análise do transecto B foram utilizados os valores de todas as estações. Nos dois transectos os dados faltantes foram substituídos pelas médias dos valores encontrados nos demais meses de coleta ou, tratando-se de

estações localizadas distante da costa, pela repetição dos valores encontrados na última estação estudada.

Em decorrência dos valores altíssimos de células de *T. erythraeum* (Tab. III a XII) registrados nos blooms, foram usados, para fins estatísticos, os números de filamentos da mesma.

5. RESULTADOS

Como as coletas de água foram realizadas ao longo de dois transectos, as tabelas e os gráficos também estão representados em dois transectos, como segue: Transecto A – estações de 1 até o máximo de 15; Transecto B – estações 1 até o máximo de 14.

Os dados bióticos e abióticos encontram-se nas tabelas de III a XII do apêndice.

5.1 PARÂMETROS ABIÓTICOS:

Temperatura, salinidade, precipitação e vento

A temperatura média em ambos os transectos foi de 26°C; a mínima, de 24°C, foi observada nas estações 1, 2, 3 e 4 (transecto A) no dia 25 de novembro/98 (final da primavera) e a máxima de 30°C, nas estações 8 e 9 (transecto B) no dia 22 de janeiro/99 (verão). Nos dois transectos foram observadas temperaturas mais baixas nas estações próximas da costa (Fig. 8).

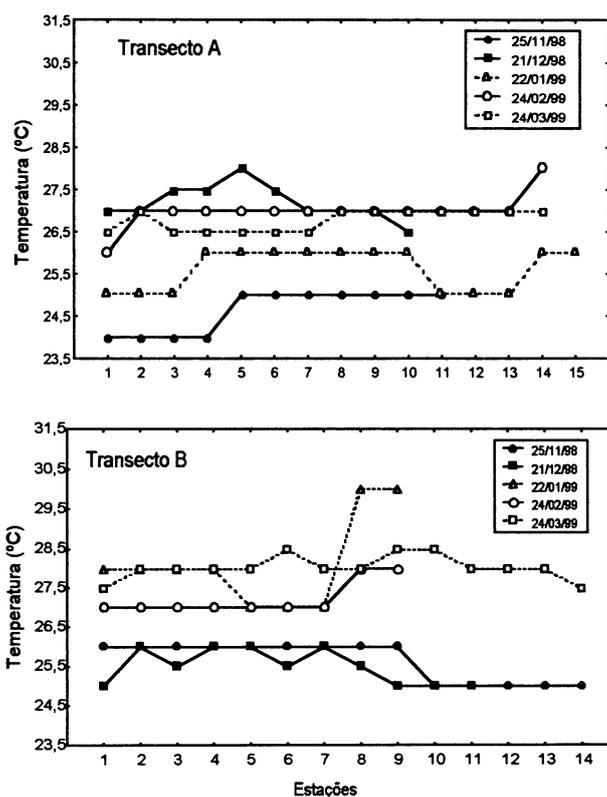


Figura 8. Temperatura nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

A média da salinidade no transecto A foi de 35 e no B de 34. O maior valor encontrado foi de 40, registrado nas estações 11, 12, 13 e 14 (transecto A) e na estação 9 (transecto B), ambos no dia 24 de fevereiro/99 e o menor foi de 25 na estação 1 (transecto A) no dia 24 de março/99. Como pode ser observado na figura 9 os valores da salinidade tendem a aumentar, principalmente no transecto A, em estações afastadas da costa.

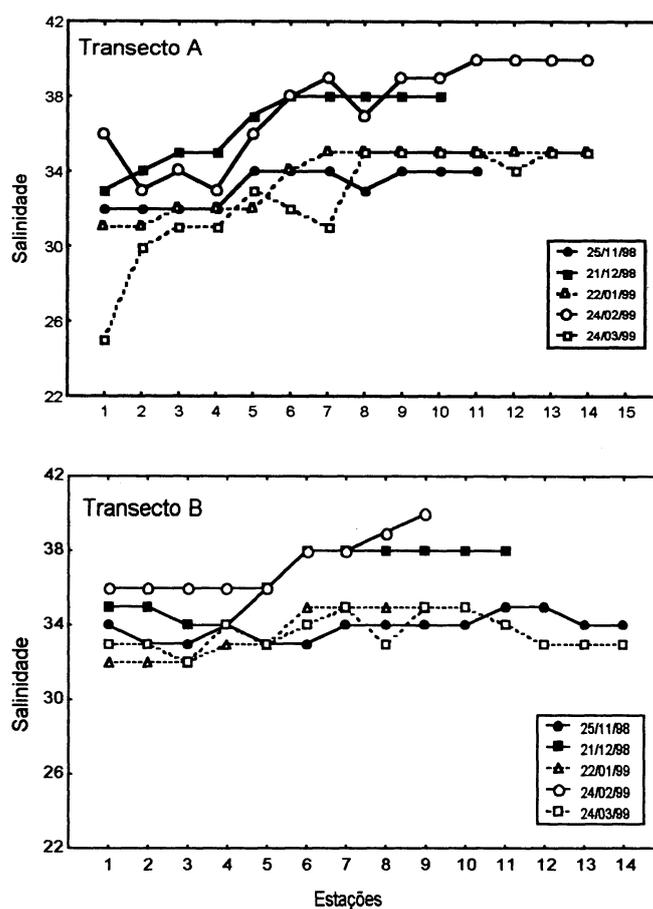


Figura 9. Valores de salinidade nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

A figura 10 mostra a variação mensal da precipitação, com valores mínimos de 88,5 mm em novembro (final da primavera) e máximos de 682 mm em março (início do outono). Calculando-se a média da precipitação dos três dias que antecederam a saída de campo, adicionada à do dia da coleta, o menor valor registrado neste período foi de 0,47 mm entre os dias 23/11 e 25/11 e o maior de 52,47 mm entre os dias 21/03 e 24/03 (Tab. I).

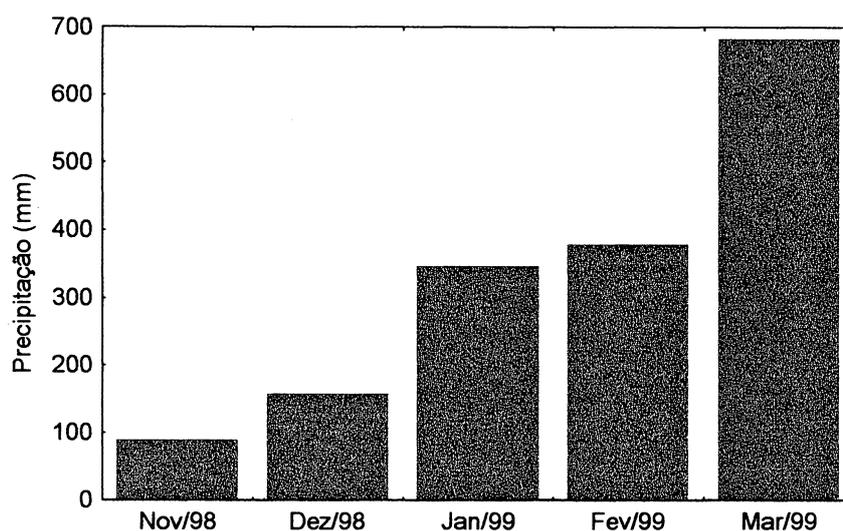


Figura 10. Médias mensais de chuvas entre novembro de 1998 e março de 1999.

Tabela I - Precipitação (mm) nos dias de coleta (em negrito) e nos três dias anteriores às coletas, entre novembro de 1998 e março de 1999.

Nov/98	Dez/98	Jan/99	Fev/99	Mar/99
1,8	0,0	0,0	16,0	4,1
0,0	0,0	3,0	2,4	151,9
0,1	0,1	4,2	8,6	53,9
*0,0	*2,0	*0,0	0,0	0,0

* Bloom de *T. erythraeum*.

A variação média mensal da intensidade do vento foi de 3,26 m/s no verão (fevereiro/99) e 4,30 m/s no final da primavera (novembro/98) (Fig. 11).

O maior valor registrado através das médias dos três dias que antecederam à saída de campo, adicionadas à do dia da coleta, foi de 4,67 m/s entre os dias 23/11 e 25/11 e o menor foi de 2,65 m/s entre os dias 21/03 e 24/03 (Tab. II). De modo geral, a intensidade máxima de ventos registrada no decorrer de todo o período amostrado não ultrapassou os 21 Km/h e pode ser caracterizada como sendo de ventos fracos.

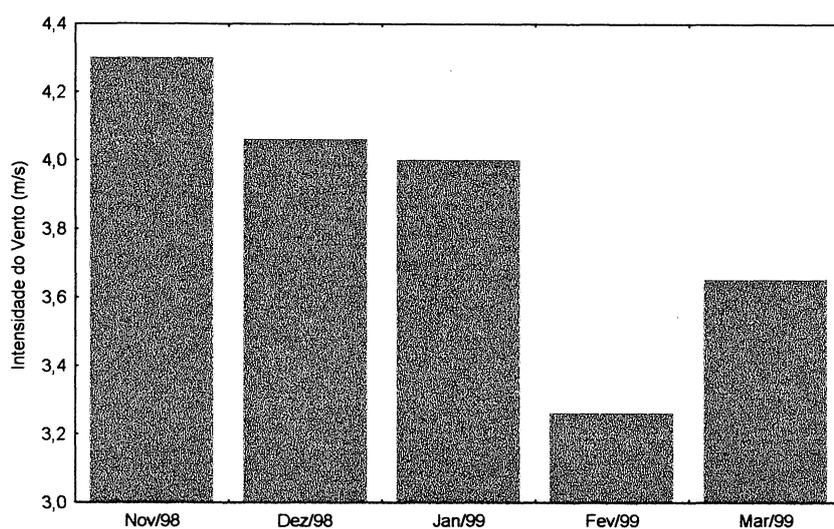


Figura 11. Médias mensais da intensidade do vento, entre novembro de 1998 e março de 1999.

Tabela II – Intensidade do vento (média diária aritmética -m/s) nos dias de coleta (em negrito) e nos três dias anteriores às coletas, entre novembro de 1998 e março de 1999.

Nov/98	Dez/98	Jan/99	Fev/99	Mar/99
5,15	3,44	2,08	2,62	2,44
4,41	4,76	3,27	2,49	3,36
6,09	5,85	3,13	2,96	2,40
*3,04	*3,85	*3,14	2,62	2,42

* Bloom de *T. erythraeum*.

5.2 PARÂMETROS BIÓTICOS:

Bactérias heterotróficas totais e sua biomassa

A média de bactérias heterotróficas no transecto A foi de $1,9 \text{ céls.} \cdot 10^{-6} \text{ ml}^{-1}$ e de $2,0 \text{ céls.} \cdot 10^{-6} \text{ ml}^{-1}$ no transecto B. O número total de bactérias (Fig. 12) atingiu valor mínimo no dia 25 de novembro/98 na estação 7 (transecto A) com $1,1 \text{ céls.} \cdot 10^{-6} \text{ ml}^{-1}$ e máximo no dia 22 de janeiro/99 na estação 1 (transecto B) com $4,7 \text{ céls.} \cdot 10^{-6} \text{ ml}^{-1}$, com tendência a valores mais elevados nas estações costeiras, principalmente no transecto A.

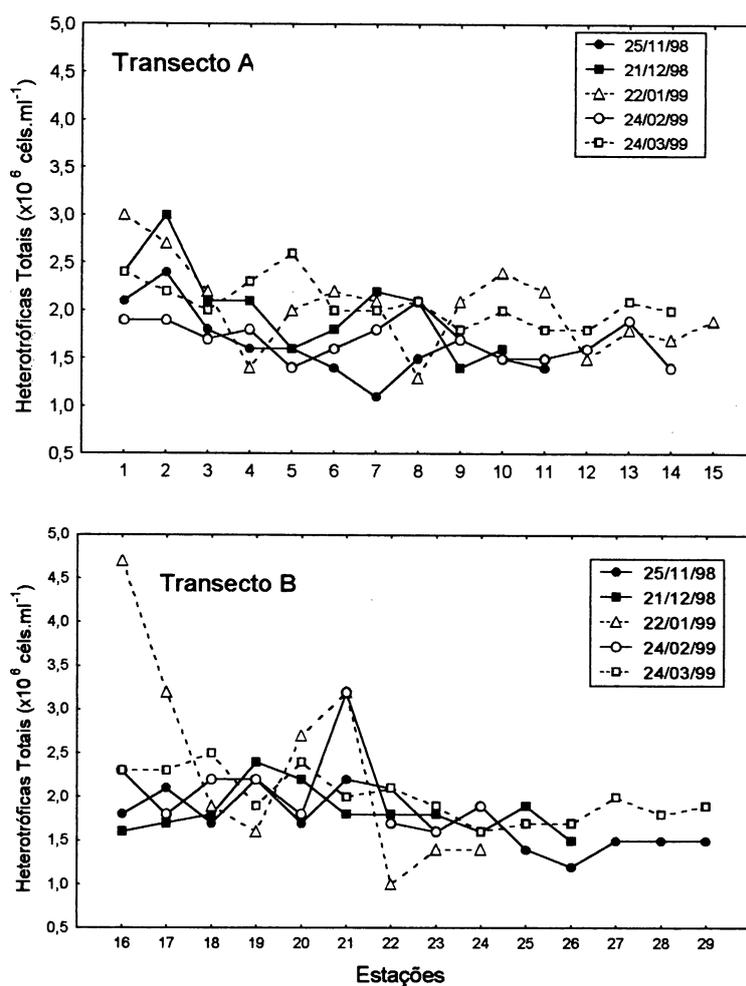


Figura 12. Bactérias heterotróficas totais nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

A média da biomassa bacteriana do transecto A foi de $80,4 \mu\text{gC.L}^{-1}$ e no transecto B de $83,17 \mu\text{gC.L}^{-1}$.

Seu valor mínimo, com $49,1 \mu\text{gC.L}^{-1}$, foi encontrado no dia 25 de novembro/98 na estação 7 (transecto A), e o máximo, com $217,0 \mu\text{gC.L}^{-1}$, no dia 22 de janeiro/99 na estação 1 (transecto B) (Fig. 13). Nos dois transectos a biomassa apresentou resultado semelhante ao das bactérias heterotróficas, com valores um pouco mais elevados nas estações costeiras do transecto A.

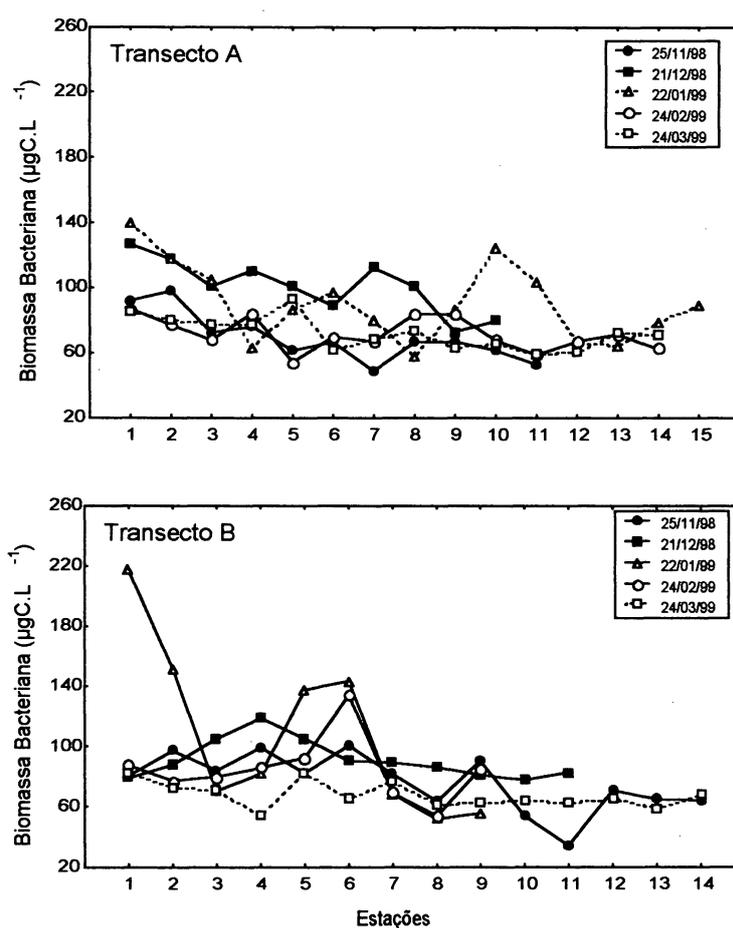


Figura 13. Biomassa bacteriana nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

Clorofila "a"

A média das concentrações de clorofila "a" encontrada no transecto A foi de $2,47 \mu\text{g.L}^{-1}$ e no transecto B de $1,96 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo o maior valor, $65,05 \mu\text{g.L}^{-1}$, observado na estação 6 do transecto A, no dia 21 de dezembro/98, em um bloom de *Trichodesmium erythraeum* e o menor de $0,29 \mu\text{g.L}^{-1}$ na estação 9 (transecto A) no dia 22 de janeiro/99 (Fig. 14). Nos dois transectos foram registradas quantidades pontuais elevadas de clorofila "a" nas amostras coletadas nos blooms de *Trichodesmium*. Nas demais estações puderam ser observados, principalmente no transecto A, valores mais altos nas regiões costeiras, devidos ao maior número de diatomáceas concentradas nestas áreas.

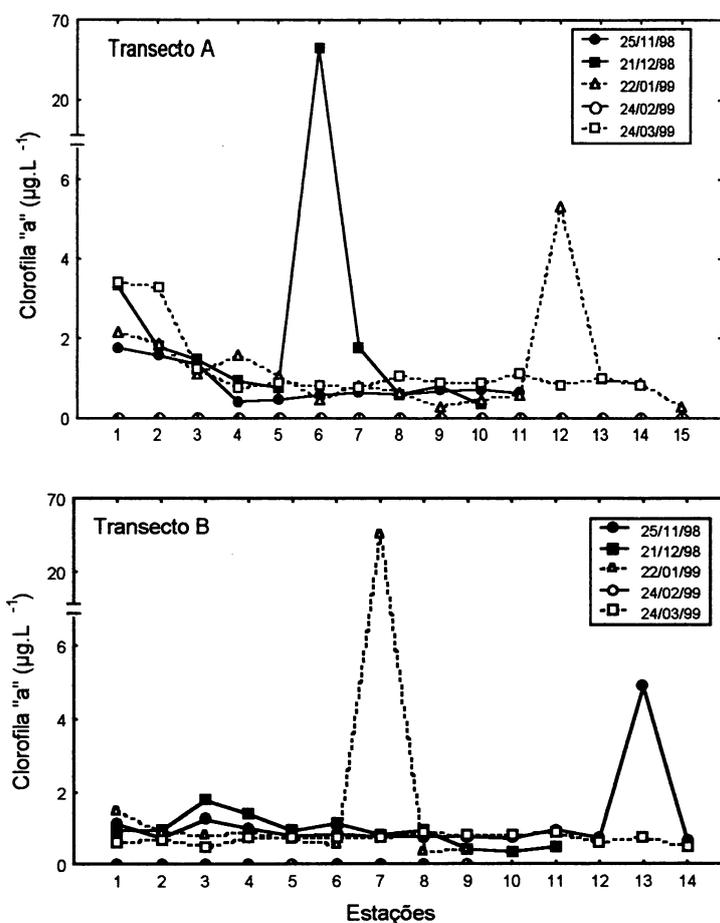


Figura 14. Clorofila "a" nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

Densidade do fitoplâncton:

Os resultados mostram que, de um modo geral, são encontradas quantidades maiores das microalgas estudadas, em regiões próximas à costa.

⇒ Diatomáceas Cêntricas

O valor médio de diatomáceas cêntricas encontrado no transecto A (46.100 céls.L⁻¹) foi superior ao do transecto B (de 38.795 céls.L⁻¹). O máximo de diatomáceas cêntricas (339.850 céls.L⁻¹) ocorreu na estação 1 do transecto A, no dia 24 de março/99 e o mínimo (156 céls.L⁻¹) na estação 12 do transecto A, no dia 22 de janeiro/99. Em ambos os transectos, embora mais visível no A, a densidade das diatomáceas cêntricas foi bem maior em estações costeiras, decrescendo à medida que se afastava da costa (Fig. 15).

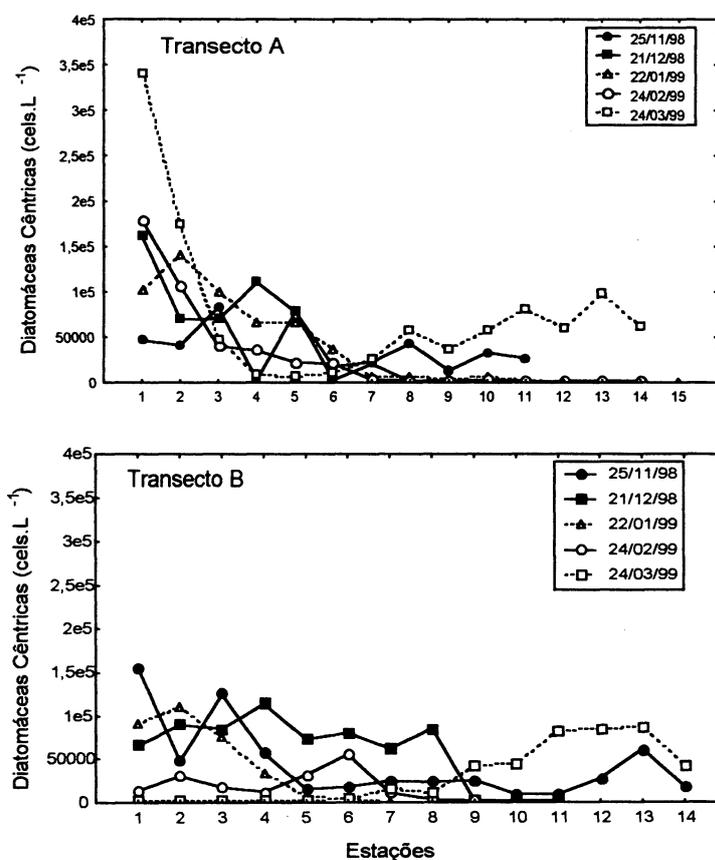


Figura 15. Diatomáceas cêntricas nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

⇒ Diatomáceas Penadas

A média das diatomáceas penadas foi de 29.241 céls.L⁻¹ no transecto A e de 35.983 céls.L⁻¹ no transecto B. A figura 16 mostra que o valor máximo das diatomáceas penadas (240.830 céls.L⁻¹) foi observado na estação 1 do transecto B, no dia 25 de novembro/98 e o mínimo (170 céls.L⁻¹) na estação 15 do transecto A, no dia 22 de janeiro/99. Nos dois transectos houve uma tendência ao decréscimo quantitativo destas microalgas na direção costa-oceano.

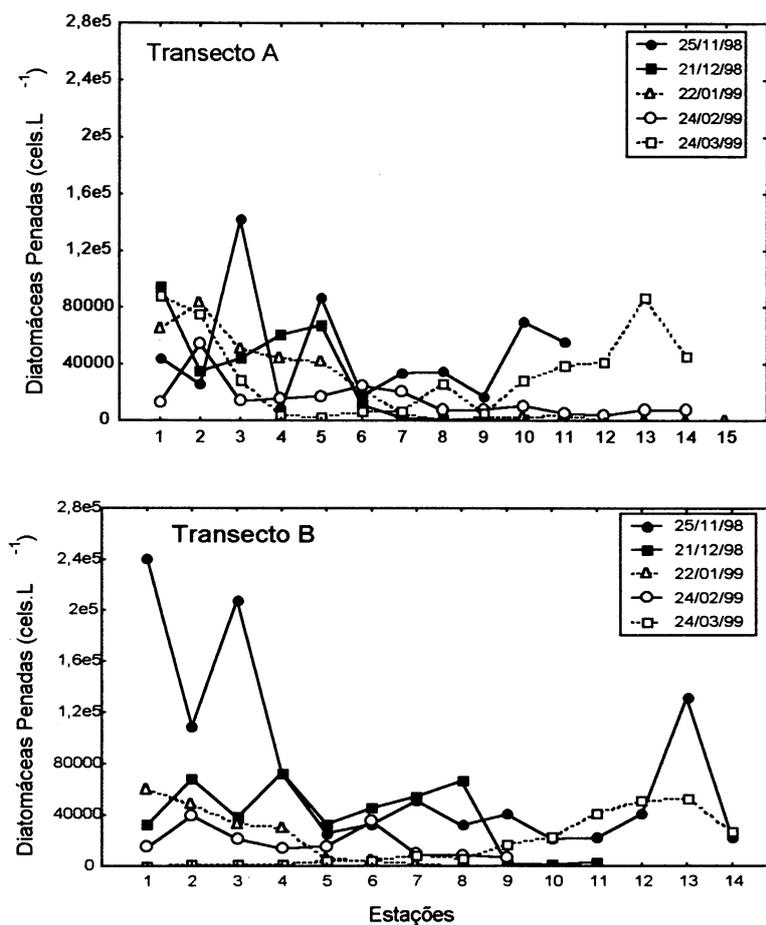


Figura 16. Diatomáceas penadas nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

⇒ Dinoflagelados

O valor médio dos dinoflagelados no transecto A foi de 471 céls.L⁻¹, inferior ao do transecto B (796 céls.L⁻¹). O menor valor de dinoflagelados foi de 110 céls.L⁻¹ observado na estação 5 do transecto A, no dia 21 de dezembro/98 e o maior, de 2.250 céls.L⁻¹, na estação 8 (transecto B), no dia 24 de março/99 (Fig. 17). De um modo geral, a densidade dos dinoflagelados foi relativamente constante ao longo de todas as estações do transecto A. No transecto B pode ser observado um aumento quantitativo destes organismos nas estações 2 a 8 em março/99 (início de outono).

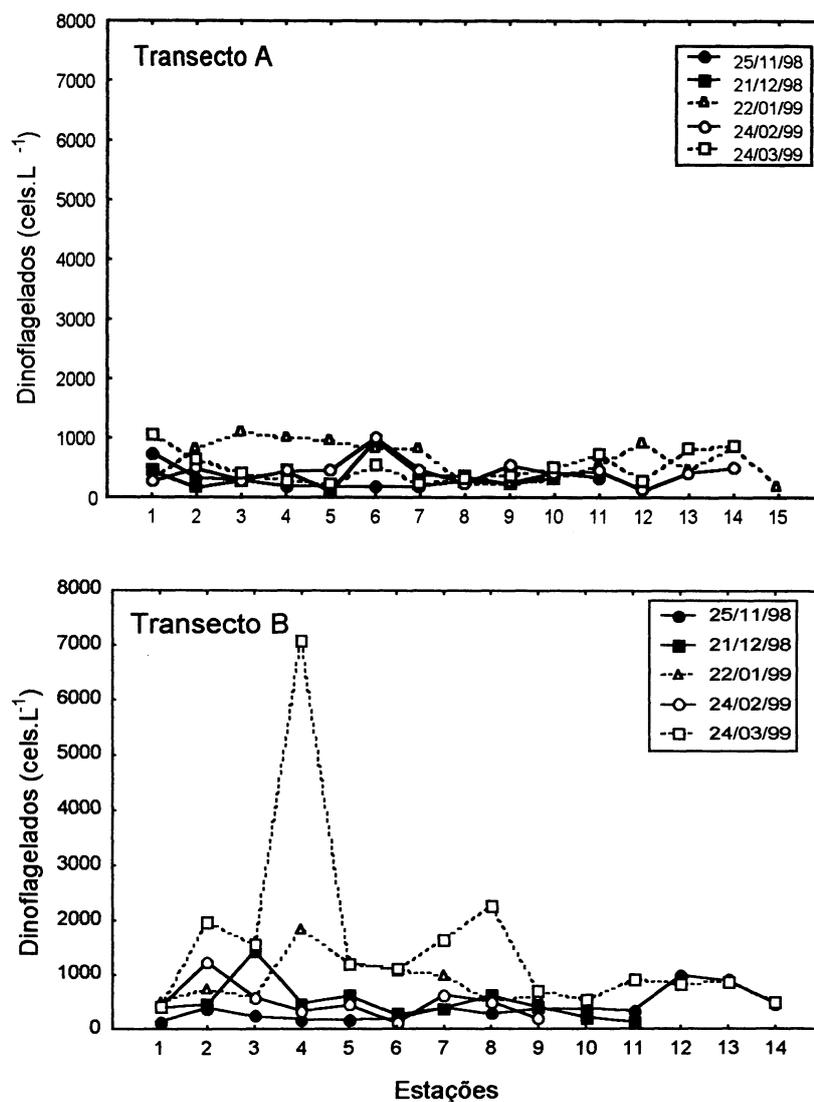


Figura 17. Dinoflagelados nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

Densidade das cianobactérias e dos blooms:

⇒ *Trichodesmium erythraeum*

A cianobactéria *T. erythraeum*, responsável pelos blooms, não foi encontrada em todas as estações (Tabs. III a XII e Fig. 18), ocorrendo em maior abundância nos blooms e em regiões próximas aos mesmos. Blooms desta espécie puderam ser detectados no final da primavera (novembro/98) e início do verão (dezembro/98 e janeiro/99) em estações mais distantes da costa. Grandes manchas puderam ser vistas no mar a olho nú.

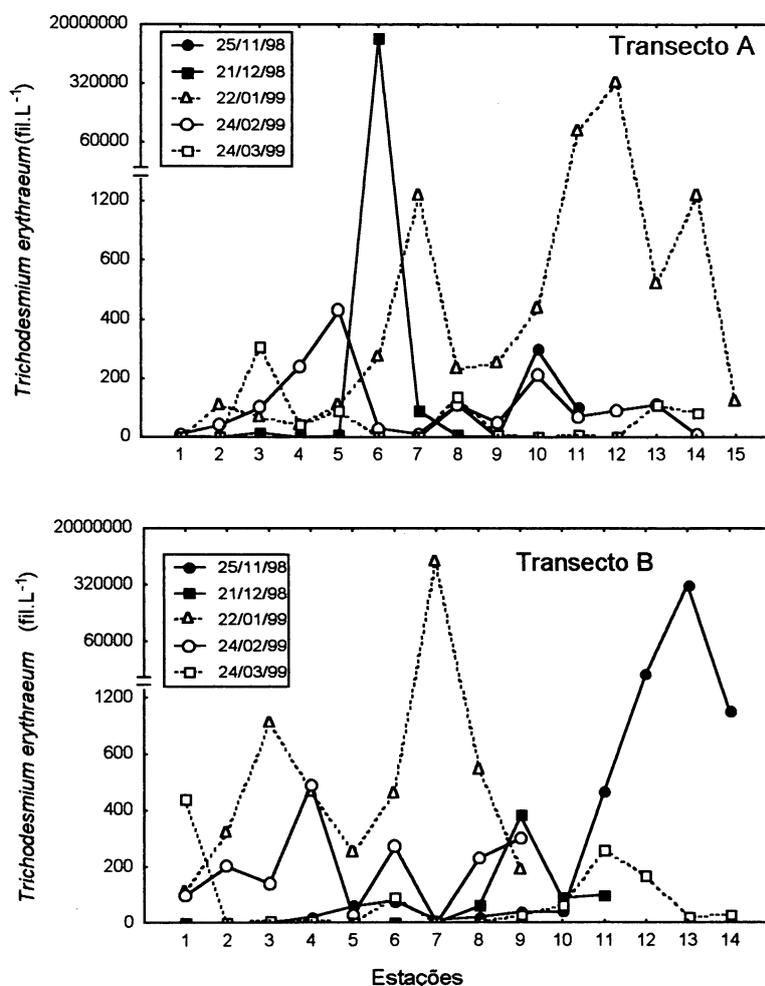


Figura 18. Cianobactéria *T. erythraeum* nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

A média geral de *T. erythreum* no transecto A foi de 305.461 fil.L⁻¹, e no transecto B de 61.969 fil.L⁻¹. Seu valor máximo (19.140.800 fil.L⁻¹) foi registrado na estação 6 (transecto A), no dia 21 de dezembro/98, e o mínimo (dentre as estações onde foi encontrada) foi de 10 fil.L⁻¹ observado em várias estações.

A média do comprimento dos cinquenta filamentos isolados, escolhidos aleatoriamente ao longo do período estudado, foi de 263 µm e, em média, foram observadas 52 células por filamento.

⇒ *Anabaena* sp.

A cianobactéria *Anabaena* sp. não foi encontrada em todas as estações (Tabs. III a XII e Fig. 19).

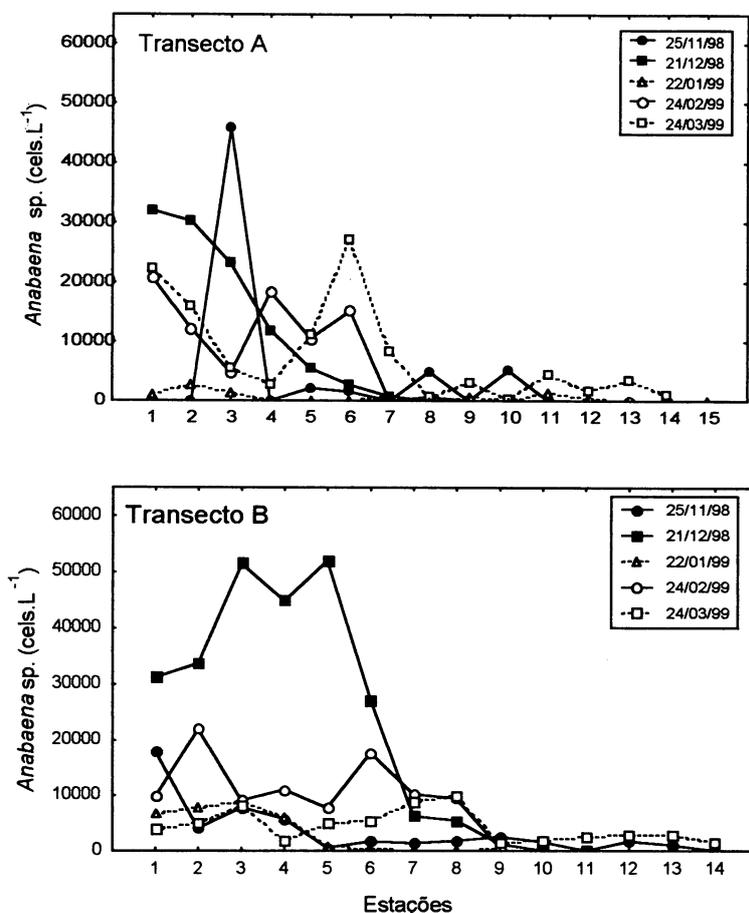


Figura 19. Cianobactéria *Anabaena* sp. nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

O valor médio foi de 5.716 céls.L⁻¹ no transecto A e 8.626 céls.L⁻¹ no transecto B, sendo que valores bem mais elevados foram observados, em ambos os transectos, principalmente nos meses mais quentes do verão nas estações costeiras, diminuindo drasticamente a medida que se afastava da costa.

Conforme pode ser observado na figura 19, o valor máximo foi de 50.060 céls.L⁻¹ na estação 5 (transecto B), no dia 21 de dezembro/98 e o mínimo, dentre as estações onde foi encontrada, de 20 céls.L⁻¹ na estação 7 (transecto A), nos dias 25 de novembro/98 e 24 de fevereiro/99.

⇒ *Merismopedia* sp.

A cianobactéria *Merismopedia* sp. tampouco foi encontrada em todas as amostras coletadas (Tabs. III a XII e Fig. 20).

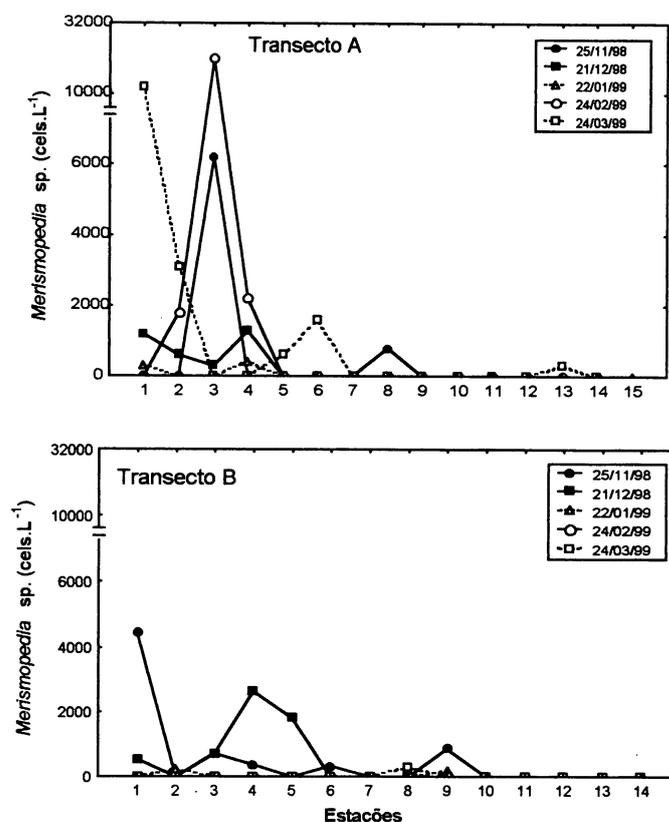


Figura 20. Cianobactéria *Merismopedia* sp. nas estações durante o período estudado, nos transectos A e B.

A média observada no transecto A foi de 938 céls.L⁻¹, valor este superior ao encontrado no transecto B, que foi de 228 céls.L⁻¹. A cianobactéria ocorreu principalmente nos meses de dezembro/98, fevereiro e março de 1999 no transecto A, e novembro e dezembro de 1998 no transecto B. Dentre as estações em que ela ocorreu, pode ser registrado um mínimo de 160 céls.L⁻¹ na estação 9 do transecto B, no dia 22 de janeiro/99 e um máximo de 29.050 céls.L⁻¹ na estação 3 (transecto A) em fevereiro/99 (Fig.20). A cianobactéria *Merismopedia* sp. ocorreu principalmente nas estações costeiras nos meses de dezembro/98, fevereiro e março de 1999 no transecto A, e novembro e dezembro de 1998 no transecto B.

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para evidenciar a interrelação entre a cianobactéria *T.erythraeum* e os parâmetros bióticos e abióticos estudados, foram efetuadas duas Análises dos Componentes Principais. A primeira foi efetuada com todos os parâmetros em todas as estações estudadas (PCA1 A/B - dos transectos A e B) e a segunda só com as estações distantes da costa (PCA2 A/B – dos transectos A e B) evidenciadas por uma Análise de Cluster.

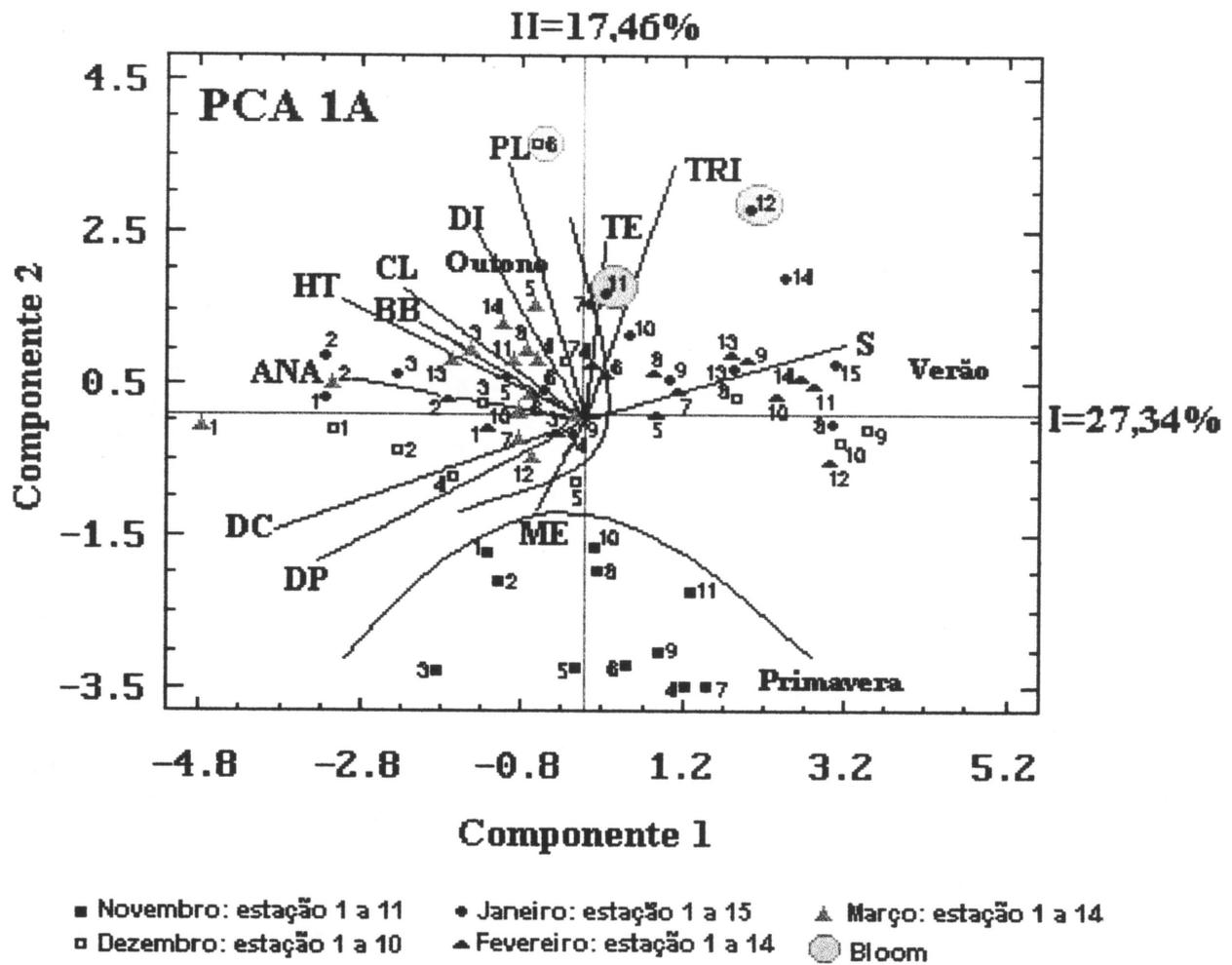
Como pode ser observado na Figura 21, o primeiro componente do transecto A (PCA 1A), explicou aproximadamente 27,34% da variabilidade e evidenciou correlação positiva apenas com a salinidade nas estações 8, 9 e 10 (dezembro/98), 8, 9, 13 e 15 (janeiro/99) e 5, 8, 9, 10, 12 e 13 em fevereiro/99.

O mesmo componente apresentou correlação negativa com as diatomáceas cêntricas e penadas, a cianobactéria *Anabaena* sp., as bactérias heterotróficas totais, a biomassa bacteriana e a clorofila “a” principalmente nas estações 1, 2 e 3 (dezembro/98, janeiro/99, fevereiro/99 e março/99), 4 (dezembro/98) e 13 (março/99). Menores influências puderam

ser observadas na estação 5 (dezembro/98), 4, 5 e 6 em janeiro/99 e em março/99 nas estações 7, 9, 10, 11 e 12.

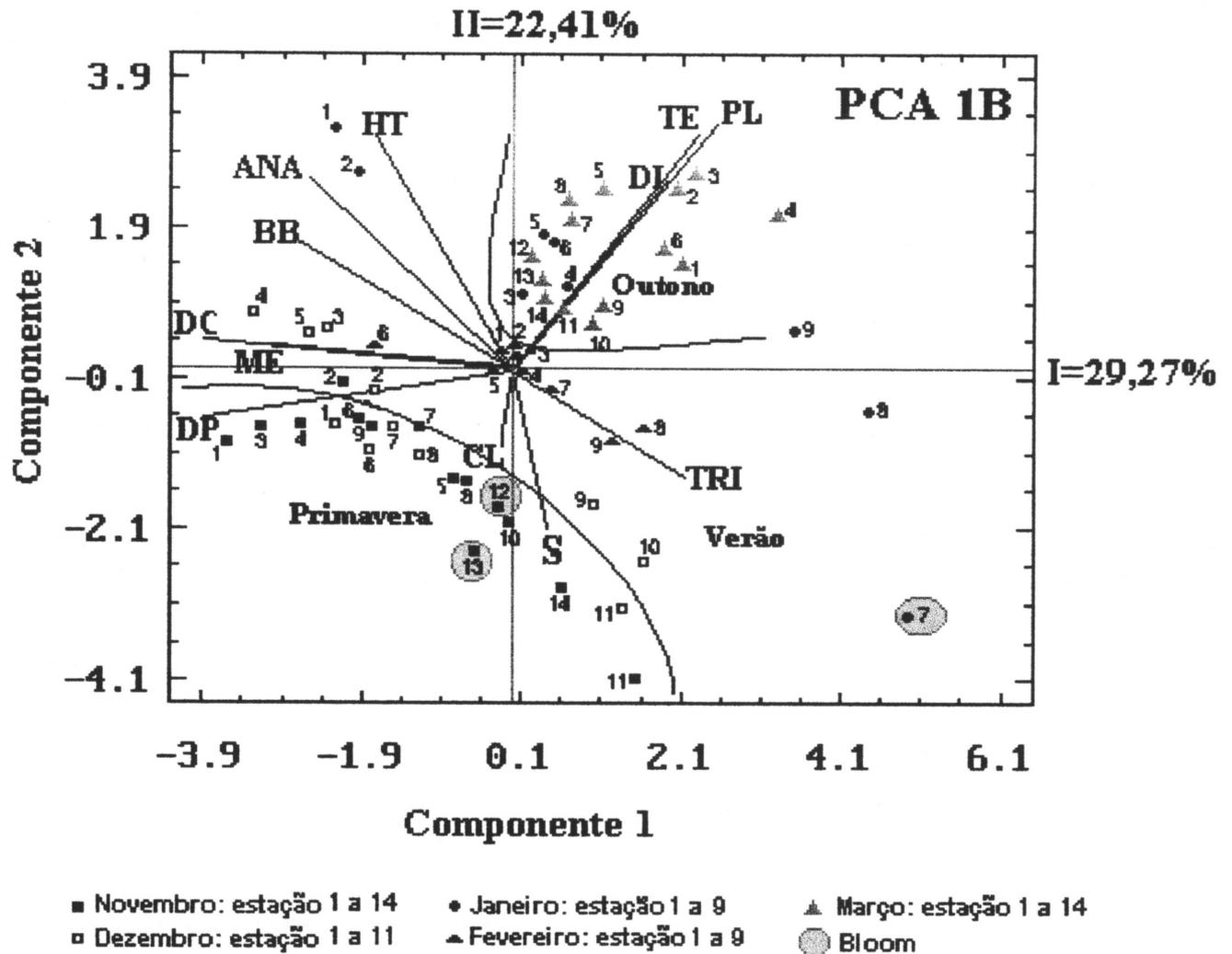
O segundo componente explicou aproximadamente 17,46% da variabilidade e apresentou correlação positiva com a pluviosidade, os dinoflagelados, a temperatura e com a cianobactéria *T. erythraeum* principalmente nas estações 11 e 12 (bloom) em janeiro/99. Menores influências puderam ser observadas na estação 7 (dezembro/98 e janeiro/99), 10 (janeiro/99), 4, 6, 7, 8 e 9 em fevereiro/99 e 4, 5, 6, 8 e 14 em março/99 (outono) e correlação negativa, com a cianobactéria *Merismopedia* sp. em novembro/98 (primavera).

No transecto B (Fig. 22), o primeiro componente explicou aproximadamente 29,27% da variabilidade e evidenciou correlação positiva apenas com a cianobactéria *T. erythraeum* principalmente nas estações 7, 8 e 9 em janeiro/99, e correlação negativa com a biomassa bacteriana, as diatomáceas cêntricas e penadas e com a cianobactéria *Merismopedia* sp. em novembro/98 e dezembro/98 nas estações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, em dezembro na estação 8 e em menor escala 5 e 6 em fevereiro/99. O segundo componente explicou aproximadamente 22,41% da variabilidade e apresentou correlação positiva com as bactérias heterotróficas totais, os dinoflagelados, a temperatura e com a pluviosidade nas estações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 em janeiro/99 e em todas as estações no em março/99. O mesmo componente apresentou correlação negativa com a salinidade e com a clorofila “a” nas estações 5, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 em novembro/98 e nas estações 8, 9, 10 e 11 em dezembro/99. A *Anabaena* sp. é explicada pelos dois componentes. O resultado dos 12 componentes principais nos transectos A e B, com as variâncias individuais e cumulativas apresentam-se na tabela XVII do apêndice.



S = Salinidade; TE = Temperatura; PL = Pluviosidade; CL = Clorofila "a"; DC = Diatomáceas Cêntricas; DP = Diatomáceas Penadas; DI = Dinoflagelados; ANA = *Anabaena* sp.; ME = *Merismopedia* sp.; TRI = *Trichodesmium erythraeum*; HT = Bactérias Heterotróficas Totais; BB = Biomassa Bacteriana.

Figura 21. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos durante o período estudado no transecto A, no espaço dos componentes principais.



S = Salinidade; TE = Temperatura; PL = Pluviosidade; CL = Clorofila "a"; DC = Diatomáceas Cêntricas; DP = Diatomáceas Penadas; DI = Dinoflagelados; ANA = *Anabaena* sp.; ME = *Merismopedia* sp.; TRI = *Trichodesmium erythraeum*; HT = Bactérias Heterotróficas Totais; BB = Biomassa Bacteriana.

Figura 22. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos durante o período estudado no transecto B, no espaço dos componentes principais.

A Análise de Cluster da somatória dos parâmetros bióticos do transecto A, mostrou, no nível de 10% de dissimilaridade, quatro agrupamentos distintos, como mostra a figura 23A. No primeiro agrupamento localizam-se as 5 estações próximas à costa. Nos demais agrupamentos encontram-se as estações mais distantes da costa.

No transecto B, a somatória dos parâmetros bióticos, no nível de 6% de dissimilaridade, mostrou seis agrupamentos, com quatro estações costeiras localizadas no primeiro. As mais distantes da costa encontram-se nos demais agrupamentos (Fig. 23B).

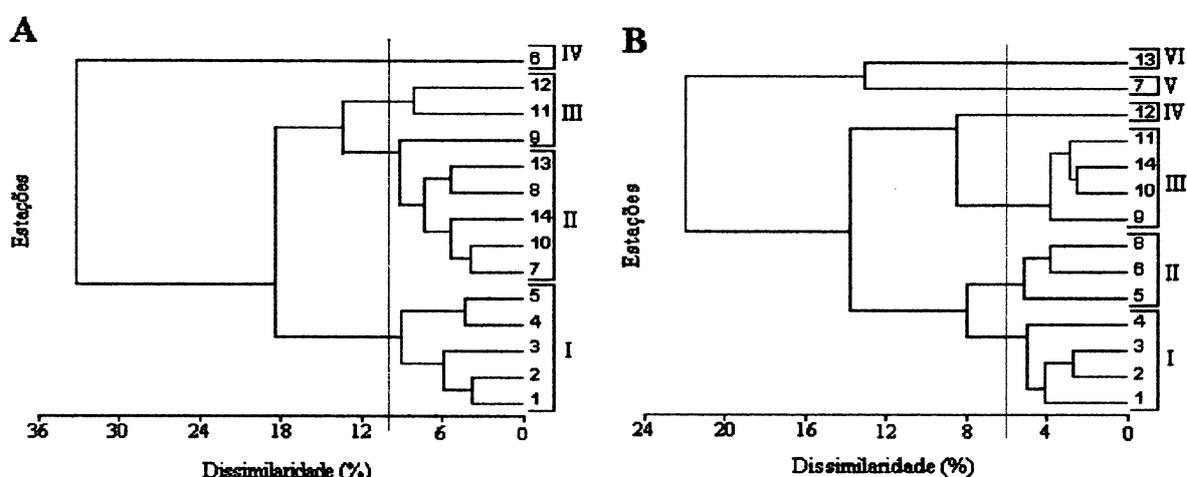


Figura 23. Distribuição dos pontos amostrados correlacionados com os valores bióticos durante o período estudado, nos transectos A e B, na representação gráfica da Análise de Cluster. Os números I, II, III, IV, V e VI indicam os grupos de estações.

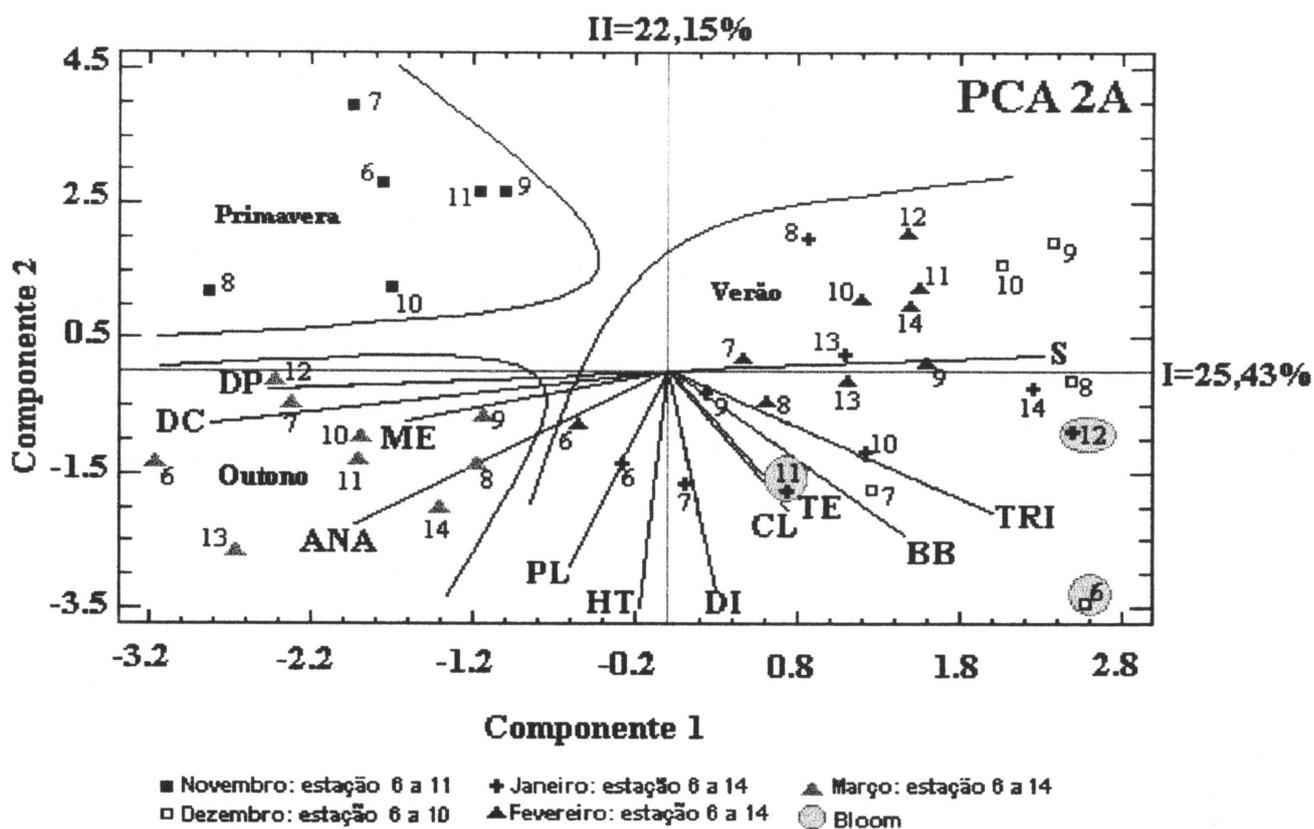
A Análise dos Componentes Principais (PCA), levando-se em consideração apenas as estações distantes da costa (estações 6 a 14 do transecto A e 5 a 14 do transecto B), foi executada de maneira semelhante da descrita para todas as estações. Como pode ser observado na figura 24, o primeiro componente do transecto A (PCA 2A), explicou aproximadamente 25,43% da variabilidade e evidenciou correlação positiva com a salinidade, o *T. erythraeum* e, em menor escala a biomassa bacteriana, a

temperatura e a clorofila na maioria das estações durante o verão. Correlação negativa foi evidenciada com as diatomáceas cêntricas e penadas, *Merismopedia* sp. e com a *Anabaena* sp. na estação 6 em fevereiro/99 e em todas as estações do mês de março/98.

O segundo componente explicou aproximadamente 22,15% da variabilidade e não apresentou nenhuma correlação positiva. O mesmo componente apresentou correlação negativa com a pluviosidade, as bactérias heterotróficas totais, os dinoflagelados e, em menor escala, com a clorofila “a”, a temperatura e a biomassa bacteriana nas estações 6 e 7 em janeiro/99.

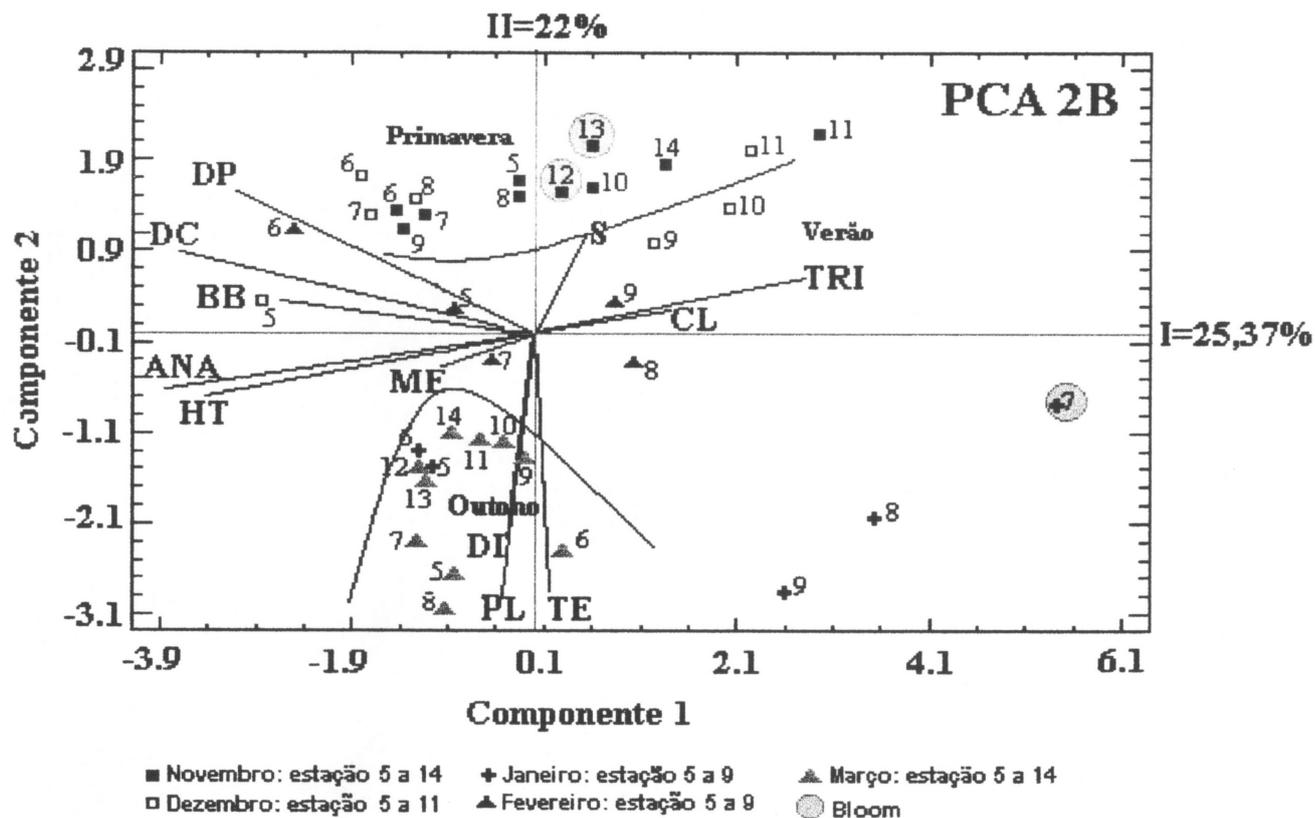
Na Análise dos Componentes Principais executada com as estações mais distantes da costa do transecto B (PCA 2B) (Fig. 25), o primeiro componente explicou aproximadamente 25,37% da variabilidade e evidenciou correlação positiva com *T. erythraeum* e a clorofila “a” nas estações 7 e 8 em janeiro/99 e 8 e 9 em fevereiro/99 e, em menor escala nas estações 11 em novembro/98 e 9, 10 e 11 em dezembro/98. O mesmo componente apresentou correlação negativa com as diatomáceas cêntricas e penadas, a biomassa bacteriana, a *Anabaena* sp., as bactérias heterotróficas totais e com a *Merismopedia* sp. nas estações 6, 7 e 9 de novembro/98, 5, 6, 7 e 8, em dezembro/98, e 5, 6 e 7 em fevereiro/99.

O segundo componente explicou aproximadamente 22% da variabilidade e apresentou correlação positiva apenas com a salinidade nas estações 5, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 de novembro/98 e 9, 10, e 11 de dezembro/98 e 9 de fevereiro/99. O mesmo componente apresentou correlação negativa com os dinoflagelados, a temperatura e a pluviosidade em todas as estações de março/99 (outono) e nas estações 5, 6 e 9 em janeiro/99. O resultado dos 12 componentes principais nos transectos A e B, com as variâncias individuais e cumulativas apresentam-se na tabela XVIII do apêndice.



S = Salinidade; TE = Temperatura; PL = Pluviosidade; CL = Clorofila "a"; DC = Diatomáceas Cêntricas; DP = Diatomáceas Penadas; DI = Dinoflagelados; ANA = *Anabaena* sp.; ME = *Merismopedia* sp.; TRI = *Trichodesmium erythraeum*; HT = Bactérias Heterotróficas Totais; BB = Biomassa Bacteriana.

Figura 24. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos das estações das estações distantes da costa, durante o período estudado no transecto A, no espaço dos componentes principais.



S = Salinidade; TE = Temperatura; PL = Pluviosidade; CL = Clorofila "a"; DC = Diatomáceas Cêntricas; DP = Diatomáceas Penadas; DI = Dinoflagelados; ANA = *Anabaena* sp.; ME = *Merismopedia* sp.; TRI = *Trichodesmium erythraeum*; HT = Bactérias Heterotróficas Totais; BB = Biomassa Bacteriana.

Figura 25. Distribuição dos pontos amostrados, e dos valores bióticos e abióticos das estações distantes da costa, durante o período estudado no transecto B, no espaço dos componentes principais.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Entre novembro de 1998 e janeiro de 1999 foram observados seis blooms de *T. erythraeum*, todos em estações mais distantes da costa. Isto coincide com as descrições de Capone *et al.* (1997), sobre a ocorrência de *Trichodesmium* em águas oligotróficas superficiais em regiões distantes da costa nos mares tropicais e sub-tropicais.

Em águas da plataforma continental do Estado de São Paulo foi registrado um bloom de *Trichodesmium* em novembro de 1990 (Giansella-Galvão *et al.*, 1995). No Paraná, ocorre maior número de cianobactérias filamentosas, quando águas quentes oligotróficas dominam a superfície (Brandini & Fernandes, 1996). Fernandes & Brandini (1999), encontraram cianobactérias em novembro de 1992, quase que exclusivamente compostas por *T. erythraeum*, dominando o norte da Água Subtropical. Rörig *et al.* (1998) monitoraram a costa de Santa Catarina entre 1994 e 1996, e registraram blooms de *Trichodesmium* ssp. entre o final da primavera (novembro) e início do outono (abril). O maior bloom de *T. erythraeum* registrado na costa sul-sudeste brasileira foi identificado em fevereiro de 2000 (CETESB, 2000). Não existem citações de ocorrências de blooms deste organismo na costa paranaense durante os meses de inverno. A variação sazonal na ocorrência destes microorganismos provavelmente é provocada pela variação da temperatura das águas oceânicas nos meses de inverno, com mínima em julho-agosto de 1982 (Brandini, 1988) entre 18 e 19°C na plataforma continental paranaense e nos meses de verão com máxima de 30°C registrada na presente pesquisa em janeiro de 1999. Este levantamento mostra que os blooms de *Trichodesmium* ocorrem na região sul-sudeste brasileira somente durante o verão.

Giansella-Galvão *et al.* (1995) encontraram um bloom de *T. erythraeum* nas proximidades de Ubatuba (SP) em um dia de céu claro e poucas ondulações, trinta horas depois de uma turbulência, causada por ventos do quadrante sul. Os autores discutem a opinião de Feldman (1932) de que *T. erythraeum* é um organismo bêntico que é introduzido na coluna d'água e cresce durante períodos calmos. Na presente pesquisa tais observações não puderam ser confirmadas. Como pode ser visto nas figuras 10 e 11, todos os blooms foram registrados em períodos sem, ou com pouquíssima pluviosidade, mesmo nos dias que antecederam ao dia da coleta. As médias diárias das intensidades dos ventos nos períodos em que foram registrados blooms, também não ultrapassaram a 22 km/h, considerados ventos fracos (Marone, *com.pess.*). Os resultados da presente pesquisa confirmam assim a opinião de Bryceson & Fay (1981) e Carpenter (1983) de que existe uma relação inversa entre a organização em feixes e a intensidade do vento.

Noernberg (*com. pess.*) mediu, na região próxima à costa externa da Ilha do Mel uma velocidade média da Corrente de Deriva de 11 cm/s na direção do quadrante norte, o que equivaleria, caso não houvesse frentes frias durante o período, a uma distância de aproximadamente 285 km em trinta dias. Levando-se em consideração que a corrente se desloca carregando os blooms de *T. erythraeum*, é pouco provável que tenha sido estudado o mesmo bloom em meses diferentes. Por outro lado, como pode ser visto na figura 18, nos dias 25/11/98 e 22/01/99 foram localizados, respectivamente nos transectos B e A, blooms em estações consecutivas. Estes sim, poderiam ter sido manchas separadas de *T. erythraeum*, originadas de um mesmo bloom maior que tenha se formado anteriormente mais ao sul.

Além dos blooms, foram observados filamentos isolados de *T. erythraeum* ao longo de todo o período estudado, com quantidades maiores de tricomas em janeiro/99 e fevereiro/99. Somente neste período foram identificados filamentos em estações mais

próximas à costa, o que indica que os meses mais quentes do ano são os ideais para o desenvolvimento desta cianobactéria. Brandini *et al.* (1988) encontraram cianobactérias, com predominância de *Trichodesmium* sp., em novembro de 1985. Os autores efetuaram pesquisas em um transecto perpendicular à linha da costa, na plataforma continental em frente ao Complexo Estuarino Baía de Paranaguá, e observaram que as cianobactérias eram mais freqüentes em águas superficiais localizadas entre a isóbata dos 25 m e a dos 50 m, com mais de 3.000 filamentos, diminuindo rapidamente em direção ao mar aberto. Na presente pesquisa, poucos foram os filamentos de *T. erythraeum* encontrados em regiões costeiras, principalmente nos meses de novembro/98 e dezembro/98. Nos demais meses os valores de filamentos, com exceção das estações em que foram registrados os blooms, se mantiveram relativamente constantes ao longo dos dois transectos estudados. Relação inversa pode ser observada para *Anabaena* sp. e *Merismopedia* sp., que ocorreram com grande freqüência nas estações costeiras. Esses resultados coincidem com os encontrados por Brandini & Moraes (1986) e mostram que, enquanto *T. erythraeum* se desenvolve muito bem em águas oligotróficas, as demais cianobactérias estudadas necessitam de águas mais ricas em nutrientes.

Com relação ao fitoplâncton, consistentemente foram verificadas concentrações mais elevadas de diatomáceas cêntricas e penadas nas estações próximas do continente. De acordo com Fernandes & Brandini (1999) estes organismos necessitam de concentrações altas de nutrientes para atingirem o máximo de crescimento. Nas estações sem blooms as concentrações de dinoflagelados foram relativamente constantes, com exceção de março no transecto B, onde as densidades celulares foram mais altas nas estações costeiras. Ao longo do período estudado houve um aumento destes organismos no verão e início do outono. Valores mais elevados que os das estações adjacentes foram detectados nas estações em que ocorreram blooms de *Trichodesmium* (Tabs. III a

XII). Muitas espécies de dinoflagelados são heterótrofos e alimentam-se de bactérias e algas planctônicas (Strasburger, 1983). Apesar de insistentes buscas não puderam ser encontrados registros de que dinoflagelados se alimentam de *T. erythraeum*, entretanto, os altos valores dos mesmos, encontrados em águas com blooms, sugerem que os mesmos pudessem estar utilizando a cianobactéria, bactérias heterotróficas ou nanoflagelados heterótrofos como alimento ou que, assim como o *T. erythraeum*, encontraram ambiente propício ao seu desenvolvimento, multiplicando-se de forma mais intensa.

Levando-se em consideração os altos valores de fitoplâncton, *Anabaena* sp. e *Merismopedia* sp. em estações próximas à costa, camuflando assim uma possível relação destes organismos com os blooms de *Trichodesmium*, decidiu-se separar as regiões da plataforma continental interna, influenciadas pelo continente, das mais distantes. A Análise de Cluster (Fig. 23) mostrou que, no transecto A, há influência continental até regiões mais distantes da costa que no transecto B. Como pode ser visto na figura 9, as águas costeiras do transecto A devem ser influenciadas pela drenagem do Complexo Estuarino Baía de Paranaguá, ricas em nutrientes, enquanto o transecto B, localizado em linha perpendicular à praia oceânica denominada Praia de Leste, sofreu menos influência continental. Portanto, de acordo com a Análise dos Componentes Principais das estações mais distantes da costa (Figs. 24 e 25), no transecto A, além da correlação positiva dos blooms de *Trichodesmium* com a salinidade, temperatura e clorofila, também houve uma correlação positiva com a biomassa bacteriana. De acordo com Pomeroy (1984), fitoplâncton vivo repele bactérias, mas quando fenece em períodos de limitação de nutrientes, são invadidos por bactérias e são diretamente convertidos em detrito e biomassa bacteriana. Isto é especialmente evidente após o bloom de primavera, nas altas latitudes, e daqueles de *Oscillatoria* (*Trichodesmium* sp.),

nos trópicos (Mesquita, 1993). De acordo com a autora, estas cianobactérias apresentam vacúolos gasosos e, mesmo em senescência, permanecem na camada superficial da água. Como nas estações de blooms, tanto do transecto A, como do transecto B, não houve variação significativa da quantidade de bactérias heterotróficas em relação às demais estações oceânicas, conclui-se que os blooms se encontravam no auge do seu desenvolvimento e que devem ter se desenvolvido no próprio local de coleta.

Conclui-se que, durante o período da presente pesquisa, os blooms de *T. erythraeum* ocorreram em períodos calmos, no final da primavera e no verão. Na primavera e final do verão puderam ser registradas temperaturas e salinidades mais baixas ao longo dos transectos, o que caracteriza águas mais ricas em nutrientes. Durante este período os blooms de *T. erythraeum* ocorreram em regiões mais distantes da costa. A Corrente de Brasil, com águas oligotróficas, se mistura, durante o verão, com as Águas Costeiras da Plataforma Continental Paranaense, tornando estas mais pobres em nutrientes e gerando condições propícias para o maior desenvolvimento de blooms de *T. erythraeum*. Desta forma, à medida que a temperatura e a salinidade das massas d'água superficiais aumentaram, como pode ser observado no início do verão (dezembro), caracterizando assim águas mais pobres em nutrientes, o maior bloom desta cianobactéria foi verificado em águas mais próximas do continente. Estes resultados reforçam a opinião de Lee (1989), Bell (1992) e Rörig *et al.* (1998) de que a cianobactéria *T. erythraeum*, por fixar nitrogênio atmosférico, não necessitar de silicato e efetuar a fotossíntese em altas intensidades de luz é, ao contrário das demais microalgas e cianobactérias, extremamente adaptada à sobrevivência em regiões em que há poucos competidores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, E.; GAETA, S. A.; GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F.; KUTNER, M. B. & TEIXEIRA, C. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-*a* e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. **Publ. Espec. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 10, p. 9-43, 1993.

ALLANSON, B. R.; HART, R. C. & LUTJEHARMS, J. R. E. Observations on the nutrients, chlorophyll and primary production of the Southern Ocean south of Africa. In: FERNANDES, L. F. & BRANDINI, F. P. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.** v. 47, n. 2, p.189-205, 1999.

ANAGNOSTIDIS, K. & KOMAREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes; 3- Oscillatoria. In: CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

BALOWS, A.; TRÜPER, H. G.; DWORKIN, M.; HARDER, W. & SCHLEIFER, K.H. **The Prokaryotes**. 2. ed. Basel: Springe Verlag. vol. II., p. 1029-2140, 1991

BELL, P. R. F. Eutrophication and coral reefs: some examples in the Great Barrier Reef lagoon. **Water Res.**, v. 26, n. 5, p. 553-568, 1992.

BERGMAM, B. & CARPENTER, E. J. Nitrogenase confined to randomly distributed trichomes in the marine cianobacterium *Trichodesmium thiebautii*. **J. Phycol.** v. 27, p. 158 – 165, 1991.

BEN-PORATH, J.; CARPENTER, E. J. & ZEHR, J. P. Genotypic relationship in *Trichodesmium* (Cyanophyceae) based on nifH sequence comparisons. **J. Phycol.** v. 29, p. 806, 1993.

BIANCHINI, A.; GIULIVI, C. F. & PIOLA, A. R. Mixing in the Brazil-Malvinas Confluence. **Deep. Sea Res.**, v. 40, n.7, p. 1345-1358, 1993.

BIDDANDA, B. *Trichodesmium* bloom in Gulf of Mexico, summer 1995. **Harmful Algae News (IOC)**, n.12/13, p.2, 1997.

BJORNBERG, T. K. S. Observations on the development and the biology of the Miracidae Dana (Copepoda: crustacea). In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

BJØRNSSEN, P. K. & KUPARINEN, A. Determination of bacterioplankton biomass, net production and growth efficiency in the southern ocean. In: DELILE, D. ; FIALA, M. & RAZOULS, S. Seasonal changes in bacterial and phytoplankton biomass in a subantarctic coastal area (Kerguelen Islands). **Hydrobiologia**. v. 330, p. 143-150, 1991.

BLANKENSTEYN, A.; CUNHA, F. D. & FREIRE, A. S. Distribuição, estoques pesqueiros e conteúdo protéico do caranguejo do mangue *Ucides cordatus* (L. 1763) (Brachyura, Ocypodidae) nos manguezais da Baía das Laranjeiras e adjacências, Paraná, Brasil. **Arq. Biol. Tecnol.** v.40, n. 2, p. 331-349, 1997.

BORSTAD, G. A. & BORSTAD, L. E. The *Oscillatoria erythraea* (Cyanophyta) community of associates. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

BORSTAD, G. A. & BRINCKMANN-VOSS, A. On *Pelagiana trichodesmiae* n. gen. n. sp., family Pandeidae (Anthomedusae/Athecase Cnidaria), new hydrozoan associated with the planktonic cyanophyte *Trichodesmium thiebautii*. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983a.

BOUROCHE, J. M. & SAPORTA, G. **Análise de dados**. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1982.

BRANDINI, F. P. & MORAES, C. L. B. Composição e distribuição do fitoplâncton em áreas costeiras e oceânicas da Região Sueste do Brasil. **Nerítica**, Pontal do Sul, v.1, n.3, p. 9-19, 1986.

BRANDINI, F. P. Composição e distribuição do fitoplâncton na região Sueste do Brasil e suas relações com as massas de água (Operação Sueste – julho/agosto 1982). **Cienc. Cult.**, v. 40, n. 4, p. 334-341, 1988.

BRANDINI, F. P.; THAMM, C. A. & VENTURA, I. Ecological studies in the Bay of Paranaguá. III. Seasonal and spatial variation of nutrients and chlorophyll-a. **Nerítica**, v. 3, n. 1, p. 1-30, 1988.

BRANDINI, F. P.; MORAES, C. L. B.; THAMM, C. A. Shelf break upwelling, subsurface maxima of chlorophyll and nitrite, and vertical distribution of a subtropical nano- and microplankton community off southeastern Brazil (November 1985). **Memórias do III. Encontro Brasileiro de Plâncton**. Caiobá/PR. 47-55. 1988.

BRANDINI, F. P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). **Hydrobiologia**, v.196, p. 111-148, 1990.

BRANDINI, F. P. & FERNANDES, L. F. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, Southeastern Brazil: a review of studies. **Rev. bras. oceanogr.** v. 44, n. 1, p. 69-88, 1996.

BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L. & SASSI, R. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil**. *Revizee* – Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, 196 p. 1997.

BRYCESON, I. Nitrogen fixation and the autecology of *Oscillatoria erythraea* (Ehrenberg) Kuetzing, a planktonic cyanophyte from the coastal waters of Tanzania: a preliminary investigation. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

BRYCESON, I. & FAY, P. Nitrogen fixation in *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraea* in relation to bundle formation and trichome differentiation. In: CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

BUCHANAN, R. E. & GIBBONS, N. E. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology**. 8. ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1974.

CALEF, G. W. & GRICE, G. D. Relationship between the blue-green alga *Trichodesmium thiebautii* and the copepod *Macrosetella gracilis* in the plankton off northeastern South America. **Ecol.** v. 47, p. 855-856, 1966.

CAPONE, D. G. & CARPENTER, E. J. Nitrogen fixation in the marine environment. **Sci.**, v. 217, p. 1140-1142, 1982.

CAPONE, D. G.; FERRIER, M. D. & CARPENTER, E. J. Amino acid cycling in colonies of the Planktonic Marine Cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. **Appl. Environ. Microbiol.** v. 60, p. 3989-3995, 1994.

CAPONE, D. G.; ZEHR, J. P. & PAERL, H. W.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. *Trichodesmium*, a Globally Significant Marine Cyanobacterium. **Sci.** v. 276, p. 1221-1229, 1997.

CARPENTER, E. J. & Mc CARTHY, J. J. Nitrogen fixation and uptake of combined nitrogenous nutrients by *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *thiebautii* in the western Sargasso Sea. **Limnol. Oceanogr.** v. 20, p. 389-401, 1975.

CARPENTER, E. J. & PRICE, C. C. IV. Marine *Oscillatoria* (*Trichodesmium*): Explanation for aerobic nitrogen fixation without heterocysts. **Sci. N.Y.** v. 191, p. 1278-1280, 1976.

CARPENTER, E. J. & PRICE, C. C. IV. Nitrogen fixation, distribution, and production of *Oscillatoria (Trichodesmium)* in the northwestern Atlantic Ocean and Caribbean Sea. In: CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

CARPENTER, E. J.; CHANG, J.; COTTRELL, M.; SCHUBAUER, J.; PAERL, H. W.; BEBOUT, B. M. & CAPONE, D. G. Re-evaluation of nitrogenase oxygen-protective mechanisms in the planktonic marine cyanobacterium *Trichodesmium*. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 65, p. 151-158, 1990.

CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

CASTRO FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. & MYIAO, S. Y. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.

CASTRO FILHO, B. M. **Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo**. São Paulo. 247 f. Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1997.

CASTRO FILHO, B. M. & MIRANDA, L. B. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located Between 4°N and 34°S coastal segment. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (Ed.). **The Sea**. London: John Wiley & Sons, v. 11, p. 209-249. 1998.

CLARK, K. R. & WARWICH, R. M. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Natural Environment Research Council, UK. 144 p. 1994.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Florações de Algas Azuis (*Trichodesmium erythraeum*) no Litoral dos Estados de São Paulo e Paraná**. São Paulo, **Relatório Técnico**. 2000.

CORRÊA, I. C. S.; MARTINS, L. R. S.; KETZER, J. M. M.; ELIAS, A. R. D. & MARTINS, R. **Evolução Sedimentológica e Paleogeográfica da Plataforma Continental Sul e Sueste do Brasil**. **Notas Tecn.**, v. 9, p. 51-61, 1996.

CORREDOR, J. E. Aspects of phytoplankton dynamics in the Caribbean Sea and adjacent regions. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

DEVANESAN, D.W. Plankton studies in the fisheries branch of the Department of Industries and Commerce. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

DEVANESAN, D.W. & CHIDAMBARAM, K. The Common Food Fishes of the Madras Presidency. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

DEVASSY, V. P.; BHATTATHIRI, P. M. A. & QUASIM, S. Z. *Trichodesmium* phenomenon. In: CARR, N. G., WHITTON, B. A. **The Biology of Cyanobacteria**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1982. p. 491-513.

DUGDALE, R. C., MENZEL, D. W. & RYTHER, J. H. Nitrogen fixation in the Sargassos Sea. In: BRANDINI, F. P. Composição e distribuição do fitoplâncton na região Sueste do Brasil e suas relações com as massas de água (Operação Sueste – julho/agosto 1982). **Cienc. Cult.**, v. 40, n. 4, p. 334-341, 1988.

EHRENBERG, E. O. Neue Beobachtungen über blauartige Erscheinungen in Aegypten und Siberien nebst einer Uebersicht und Kritik der früher bekannten. In: GOLUBIC, S. Speciation in *Trichodesmium*: occupation of an oceanic pelagic niche. **Schweiz. Z. Hydrol.** v. 39, p. 141-143, 1977.

EMILSSON, I. Alguns aspectos físicos e químicos das águas marinhas brasileiras. In: BRANDINI, F. P. & FERNANDES, L. F. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, Southeastern Brazil: a review of studies. **Rev. bras. oceanogr.** v. 44, n. 1, p. 69-88, 1996.

EMILSSON, I. The shelf and coastal waters off southern Brasil. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 11, p. 101-112, 1961.

ENDEAN, R.; MONKS, S. A.; GRIFFITH, J. K. & LLEWELLYN, L. E. Apparent relationships between toxins elaborated by the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* and those present in the flesh of the Narrow-Barred Spanish Mackerel *Scomberomorus commersoni*. **Toxicon.** v. 31, n. 9, p. 1155-1165, 1993.

FELDMANN, J. Sur la biologie des *Trichodesmium*. In: GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F.; COSTA, M.P.F. & KUTNER, M. B. Bloom de *Oscillatoria (Trichodesmium) erythraea* (Ehr.) Kutz. In coastal waters of the Southwest Atlantic. **Publ. Esp. Inst. Oceanograf.**, São Paulo, v. 11, p.133-140, 1995.

FERNANDES, L. F. & BRANDINI, F. P. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.** v. 47, n. 2, p.189-205, 1999.

FREDRIKSSON, C. & BERGMAN, B. Nitrogenase quantity varies diurnally in a subset of cells within colonies of the non-heterocystous cyanobacteria *Trichodesmium* spp. **Microbiology**. v.141, p. 2471-2478, 1995.

FOGG, G. E. Marine Plankton. In: CARR, N.G., WHITTON, B. A. (eds.) **The Biology of Cyanobacteria**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 491-513. 1982.

GALLON, J. R. The oxygen sensitivity of nitrogenase: a problem for biochemists and micro-organisms. **Trends biochem. Sci.** v. 6, p. 19-23, 1981.

GEITLER, L. Cyanophyceae von Europa unter Berücksichtigung der anderen Kontinente. In: GOLUBIC, S. Speciation in *Trichodesmium*: occupation of an oceanic pelagic niche. **Schweiz. Z. Hydrol.** v. 39, p. 141-143, 1977.

GIANESELLA-GALVÃO, S. M. F.; COSTA, M.P.F. & KUTNER, M. B. Bloom de *Oscillatoria (Trichodesmium) erythraea* (Ehr.) Kütz. In coastal waters of the Southwest Atlantic. **Publ. Esp. Inst. Oceanograf.**, São Paulo, v. 11, p.133-140, 1995.

GIESELAN, J. A. Marine colonial hydroid inclusion discovered within planktonic *Oscillatoria* colonies. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

GLIBERT, P. M. & BRONK, D. A. Release of dissolved organic nitrogen by marine diazotrophic cyanobacteria, *Trichodesmium* spp. **Appl. Environ. Microbiol.** v. 60, p. 3996-4000, 1994.

GOLUBIC, S. Speciation in *Trichodesmium*: occupation of an oceanic pelagic niche. **Schweiz. Z. Hydrol.** v. 39, p. 141-143, 1977.

HARA, S. & TANOUE, E. Protist along 150°E in the Southern Ocean: Its composition, stock and distribution. In: FERNANDES, L. F. & BRANDINI, F. P. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.** v. 47, n. 2, p.189-205, 1999.

HAYES, P. K. & WALSBY, A. E. The inverse correlation between width and strength of gas vesicles in cyanobacteria. **Br. Phycol. J.** v. 21, p. 7-191, 1986.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba. Curitiba, **IPARDES**. v. 2, 257 f., 1990.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba. **IPARDES/IBAMA**. Versão preliminar. 166 f., 1995.

JANSON, S.; CARPENTER, E. J. & BERGMAN, B. Compartmentalisation of nitrogenase in a non-heterocystous cyanobacterium: *Trichodesmium contortum*. In: FREDRIKSSON, C. & BERGMAN, B. Nitrogenase quantity varies diurnally in a

subset of cells within colonies of the non-heterocystous cyanobacteria *Trichodesmium* spp. **Microbiology**. v.141, p. 2471-2478, 1995.

JANSON, S.; SIDDIQUI, P. J. A.; WALSBY, A. E.; ROMANS, K. M.; CARPENTER, E. J. & BERGMAN, B. Cytomorphological characterisation of the planktonic diazotrophic cyanobacteria *Trichodesmium* spp. from the Indian Ocean, Caribbean and Sargasso Seas. **J. Phycol.** v. 31, p. 463-477, 1995.

JANSON, S. **Cyanobacteria**. Disponível em: <[http:// www.ng.hik.se/~njasv/](http://www.ng.hik.se/~njasv/)> Acesso em 2000.

JONES, G. B.; BURDON-JONES, C.; THOMAS, F. G. & COOK, J. Influence of *Trichodesmium* red tides on trace metal cycling at a coastal station in the Great Barrier Reef Lagoon, **Int. Symp. on Coastal Lagoons**, UNESCO, Paris, France, Bordeaux. vol. 5, n. 4 suppl. pp. 319-226, 1982.

KOSAKI, S.; TAKAHASHI, M.; YAMAGUSHI, Y. & ARUGA, Y. Size characteristics of chlorophyll particles in the Southern Ocean. In: FERNANDES, L. F. & BRANDINI, F. P. Comunidades microplancônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.** v. 47, n. 2, p.189-205, 1999.

KUTNER, M. B. & SASSI, R. Dinoflagellates from the Ubatuba region (Lat. 20°30'S – 45°60' W). In: BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L. & SASSI, R. **Planctologia na Plataforma Continental do Brasil**. *Revizee – Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva*, 196p. 1997.

LALLI, C. M. & PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: An Introduction**. Oxford: Pergamon Press, 1993.

LEE, R. E. **Phycology**. 2.ed. Cambridge University Press, Ney York, pp. 55-93, 1989.

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier Scientific Publ. Company, 1983.

LUDWIG, J. A. & REYNOLDS, J. F. **Statistical ecology**. A primer methods and computing. John Wiley & Sons, 337 p. 1988.

LUTJEHARMS, J. R. E.; WALTERS, N. M. & ALLANSON, B. R. Oceanic frontal systems and biological enhancement. In: SIEGFRIED, W. R.; CONDY, P. R. & LAWS, R. M. **Antarctic nutrient cycles and food webs**. Berlin: Springer Verlag, p.12-21, 1985.

MARGALEF, R. The pelagic ecosystem of the Caribbean Sea. In: Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and Adjacent Regions, Willemstad, Curacao 1968. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

MARGALEF, R. In: CARR, N.G., WHITTON, B. A. **The Biology of Cyanobacteria**. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 491-513. 1982.

MATSUURA, Y. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). **Cienc. Cult.**, v. 38, n. 8, p. 1439-1450, 1986.

MATSUURA, Y. Exploração Pesqueira. In: Os ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento. Subsídios ao planejamento da gestão ambiental. Brasília: **Ministério do Meio Ambiente - MMA/PNMA**. p. 39-47. 1995.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of the brazilian sardine *Sardinella aurita* population during the 1974/75 spawning season. **S. Afr. J. mar. Sci.**, v. 17, p. 29-35, 1996.

MARUYAMA, Y.; TAGA, N. & MATSUDA, O. Distribution of nitrogen fixing bacteria in the central Pacific Ocean. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria (Trichodesmium)*. **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

MARUYAMA, Y. In: CARR, N.G., WHITTON, B. A. **The Biology of Cyanobacteria**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1982. p. 491-513.

MESQUITA, A. R. **Contribuição à oceanografia da região costeira sudeste do Brasil (Lat. 24 S Subprojeto hidrodinâmica costeira: execução e resultados)**. São Paulo, 187 f. Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1983.

MESQUITA, H. S. L. Densidade e distribuição do bacterioplâncton nas águas de Ubatuba (23°S 45°W), Estado de São Paulo. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 10, p. 45-63, 1993.

MIRANDA, L. B. **Análise das massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP)**. São Paulo, 1982. 200 f. Tese (Livre Docência) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

MITSUI, A.; KUMAZAWA, S.; TAKAHASHI, A.; IKEMOTO, H.; CAO, S.; ARAI, T. & WOOD, F. Strategy by which nitrogen-fixing unicellular cyanobacteria grow photoautotrophically. In: OHKI, K. & FUJITA, Y. Aerobic nitrogenase activity measured as acetylene reduction in the marine non-heterocystous cyanobacterium *Trichodesmium* spp. grown under artificial conditions. **Mar. Biol.**, v. 98, p. 111-114, 1988.

NAVAS-PEREIRA, D. Eutrofização e floração de fitoplâncton marinho. **Rev. Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 38-48, 1994.

NAGASAWA, S. & MARUMO, R. Taxonomy and distribution of *Trichodesmium* in Kuroshio water. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

NEMOTO, Y. Possibility of predation on *Trichodesmium* by salpo. In: MARUMO, R. Studies on the Community of Marine Pelagic Blue-green Algae. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

OHKI, K. & FUJITA, Y. Aerobic nitrogenase activity measured as acetylene reduction in the marine non-heterocystous cyanobacterium *Trichodesmium* spp. grown under artificial conditions. **Mar. Biol.**, v. 98, p. 111-114, 1988.

PAERL, H. W. & BEBOUT, B. M. Direct measurement of O₂-depleted microzones in marine *Oscillatoria*: relation to N₂ fixation. **Sci.** v. 241, p. 442-445, 1988.

PAIVA, M. P. **Recursos Pesqueiros Estuarinos e Marinheiros do Brasil**. Fortaleza: EUFC, 1977.

PARSONS, T. R.; MAITA, Y. & LALLI, C. M. Direct Counting of Bacteria by Fluorescence Microscopy. In: **A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis**. Pergamon Press, 1984.

PETERSON, R. G. & STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Prog. Oceanog.**, v. 26, p. 1-73, 1991.

POMEROY, L. R. Significance of microorganisms in carbon and energy flow in marine ecosystems. In: MESQUITA, H. S. L. Densidade e distribuição do bacterioplâncton nas águas de Ubatuba (23°S 45°W), Estado de São Paulo. **Bol. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 10, p. 45-63, 1993.

RAMAMURTHY, V. D. Studies on red water phenomenon in Portonovo waters (11°29'N-79°49'E, S. India) caused by *Trichodesmium erythraeum* (Marine blue-green alga). In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

RAMAMURTHY, V. D. Antibacterial activity of the marine blue-green alga *Trichodesmium erythraeum* in the gastrointestinal contents of the seagull, *Larus brunicephalus*. **Mar. Biol.**, v. 6, p. 74-76, 1970 (b).

RAYMONT, J. E. G. **Plankton and productivity in the oceans**. 2.ed., v.1: Phytoplankton. Pergamon Press., 1980.

REZENDE, K. R. V. **Dinâmica temporal do fitoplâncton de zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul (Paranaguá-PR)**. São Paulo, 1995. 71 f. Dissertação

(Mestrado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

RHEINHEIMER, G. **Mikrobiologie der Gewässer**. VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 1985.

RIPPKA, R.; WATERBURY, J. B. & COHEN-BAZIRE, G. A. Cyanobacterium which lacks thylakoids. **Arch. Microbiol.**, v. 100, p. 419-436, 1974.

RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J. B.; HERDMAN, M. & STANIER R. Y. Generic assignments, strain histories and properties of pure culture of cyanobacteria. In: SIDDIQUI, P. J. A.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. Filamentous cyanobacterial associates of the marine planktonic cyanobacterium *Trichodesmium*. **Phycologia**, v. 31, p. 326-337, 1992.

RICHARDSON, K. Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. **Adv. Mar. Biol.** v. 31, p. 301-385, 1997.

ROMAN, M. R. Ingestion of the blue-green alga *Trichodesmium* by the harpacticoid copepod, *Macrosetella gracilis*. **Limnol. Oceanogr.**, v. 23, p. 1245-1248, 1978.

RÖRIG, L. R.; YUNES, J. S.; KUROSHIMA, K. N.; SCHETTINI, C. A. F.; PEZZUTO, P. R. & PROENÇA, L. A. O. Studies on the ecology and toxicity of *Trichodesmium* spp. Blooms in southern brazilian coastal waters. **Harmful Algae**. UNESCO, 1998.

ROSA, Z. M. & BUCELATO, T. C. Sobre a ocorrência de floração de *Gyrodinium aureolum* Hulbert (Dynophyceae) no litoral sul do Estado do Rio Grande do Sul. In: BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L. & SASSI, R. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil**. *Revizee – Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva*, 196 p. 1997.

SAINO, T. & HATTORI, A. Diel variation in nitrogen fixation by a marine blue-green alga, *Trichodesmium thiebautii*. **Deep-Sea Res.**, v. 25, p. 1259-1263, 1978.

SAINO, T. & HATTORI, A. Nitrogen fixation by *Trichodesmium* and its significance in nitrogen cycling in the Kuroshio area and adjacent waters. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

SAINO, T. & HATTORI, A. Aerobic nitrogen fixation by the marine non-heterocystous cyanobacterium *Trichodesmium* (*Oscillatoria*) spp.: its protective mechanism against oxygen. **Mar. Biol.**, v. 70, p. 251-254, 1982.

SATÔ, S.; PARANAGUÁ, M. N. & ESKINAZI, E. On the mechanism of the red tide *Trichodesmium*. In: Recife northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease "Tamararé Fever". **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE**, v. 5, p. 7-49, 1963.

SARTORI, L. P. **Variação espaço-temporal das associações de copépodas pelágicas na plataforma continental interna do Paraná, Brasil**. Curitiba. 44 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 2000.

SCHLEGEL, H. G. **General Microbiology**. 7. ed. Cambridge University Press., 655 p. 1993.

SIDDIQUI, P. J. A.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. Filamentous cyanobacterial associates of the marine planktonic cyanobacterium *Trichodesmium*. **Phycologia**, v. 31, p. 326-337, 1992.

SOARES, C. R.; ANGULO, R. J. & LESSA, G. C. Roteiro de excursão ao litoral do estado do Paraná. Morfodinâmica de ambientes atuais, evolução da planície durante o quaternário e problemas de erosão costeira. In: Congresso da associação brasileira de estudos do quaternário e reunião sobre o quaternário da América do Sul. **Anais. Curitiba**. p. 1-127. 1997.

SOURNIA, A. La cyanophyceae *Oscillatoria* (= *Trichodesmium*) dans la plancton marine. In: CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

STAL, L. J. & KRUMBEIM, W. E. Aerobic nitrogen fixation in pure cultures of a benthic marine *Oscillatoria* (cyanobacteria). In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

STAL, L. J. & KRUMBEIM, W. E. Nitrogenase activity in the non-heterocystous cyanobacterium *Oscillatoria* sp. grow under alternating light-dark cycles. **Arch. Microbiol.** v. 143, p. 67-71, 1985.

STRASBURGER, E.; NOLL, F.; SCHENCK, H. & SCHIMPER, A. F. W. **Lehrbuch der Botanik**. Gustav Fischer Verlag – Stuttgart – New York. 1983.

STRICKLAND, J. L. H. & PARSONS, T. R. A. Practical Handbook of Sea water Analysis. FERNANDES, L. F. & BRANDINI, F. P. Comunidades microplanctônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. **Rev. bras. oceanogr.** v. 47, n. 2, p.189-205, 1999.

TOKIOKA, T. & BIERI, R. Juveniles of *Macrosetella gracilis* (Dana) from clumps of *Trichodesmium* in the vicinity of Seto. In: CARPENTER, E. J. Physiology and ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Mar. Biol. Lett.** v. 4, p. 69-85, 1983.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton Methodik. In: BRANDINI, F. P. & MORAES, C. L. B. Composição e distribuição do fitoplâncton em áreas costeiras e oceânicas da Região Sueste do Brasil. **Nerítica**, Pontal do Sul, v.1, n.3, p. 9-19, 1986.

ZEMBRUSCKI, S. G. Geomorfologia da margem continental brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: CORRÊA I.C.S., MARTINS L.R.S., KETZER J.M.M., ELIAS A.R.D. & MARTINS R. Evolução Sedimentológica e Paleogeográfica da Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil. **Notas Tecn.**, v. 9, p. 51-61, 1996.

ZEHR, J.,P.; WYMAN, M.; MILLER, V.; DUGUAY, L. & CAPONE, D. G. Modification of the Fe-protein of nitrogenase in natural populations of *Trichodesmium thiebautii*. **App. Environ. Microbiol.**, v. 59, p. 669-676, 1993.

WALSBY, A. E. The properties and buoyancy providing role of gas vacuoles in *Trichodesmium* Ehrenberg. In: CARPENTER, E. J.; O'NEIL, J. M.; DAWSON, R.; CAPONE, D. G.; SIDDIQUI, P. J. A.; ROENNEBERG, T. & BERGMAN, B. The tropical diazotrophic phytoplankter *Trichodesmium*: biological characteristics of two common species. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v. 95, p. 295-304, 1993.

WALSBY, A. E. & BLEYTHING, A. The dimension of cyanobacterial gas vesicles in relation to their efficiency in providing buoyancy and withstanding pressure. **J. Gen. Microbiol.**, v. 134, p. 2635-45, 1988.

WOOD, E. J. F. Marine microbial ecology. In: CARR, N.G., WHITTON, B. A. **The Biology of Cyanobacteria**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1982. p. 491-513.

YUNES, J. S.; SUZUKI, M. T.; SILVERA, A. G.; CAMARGO, M. & WERNER, V. R. Cianobactérias fixadoras de nitrogênio do estuário da Lagoa dos Patos, RS: *Nostoc muscorum*. **Cienc. Cult.**, v. 42, n. 5/6, p. 375-383, 1990.

APÊNDICES

Tabela III. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 25/11/98 - Transecto A.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos				Valores Bióticos							
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	<i>T. erythraeum</i> (fil.L ⁻¹)	<i>T. erythraeum</i> (cel.L ⁻¹)	<i>Anabaena</i> sp. (cel.L ⁻¹)	<i>Merismopedia</i> sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°33'S	48°20'W	24	32	46.510	44.340	30	1.590	0	0	750	1,76	2,1	92,3
2	25°36'1"S	48°14'6"W	24	32	40.750	25.460	0	0	0	0	340	1,58	2,4	97,9
3	25°38'0"S	48°12'5"W	24	32	82.800	142.100	0	0	45.900	6.040	290	1,35	1,8	72,7
4	25°39'7"S	48°12'1"W	24	32	3.680	8.940	0	0	0	0	200	0,42	1,6	76,0
5	25°41'8"S	48°10'1"W	25	34	77.760	86.720	0	0	2.180	0	200	0,46	1,6	61,4
6	25°43'9"S	48°09'1"W	25	34	17.340	17.620	0	0	1.590	0	190	0,58	1,4	66,8
7	25°45'8"S	48°08'0"W	25	34	22.380	33.570	0	0	20	0	200	0,65	1,1	49,1
8	25°47'7"S	48°06'2"W	25	33	43.080	34.680	140	7.420	4.940	640	280	0,59	1,5	66,6
9	25°49'2"S	48°04'4"W	25	34	13.150	17.260	0	0	0	0	240	0,68	1,7	66,9
10	25°50'2"S	48°02'2"W	25	34	33.000	69.920	320	16.960	5.260	0	420	0,72	1,5	61,5
11	25°50'4"S	48°00'0"W	25	34	26.300	55.940	100	5.300	0	0	340	0,63	1,4	52,8
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela IV. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 25/11/98 - Transecto B.

Est	Coordenadas	Valores Abióticos		Valores Bióticos									
		T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
				Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil. L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°46'6"S 48°25'0"W	26	34	156.080	240.830	0	0	17.950	4.440	140	1,11	1,8	80,4
2	25°46'3"S 48°23'4"W	26	33	48.390	108.810	0	0	4.110	0	390	0,72	2,1	97,1
3	25°44'5"S 48°19'3"W	26	33	125.590	208.110	0	0	7.780	720	230	1,23	1,7	83,8
4	25°45'1"S 48°16'7"W	26	34	56.780	72.450	20	1.060	5.730	360	180	0,99	2,2	99,3
5	25°45'5"S 48°14'2"W	26	33	15.100	26.010	60	3.180	490	0	170	0,77	1,7	82,3
6	25°45'9"S 48°12'0"W	26	33	18.180	33.010	80	4.240	1.630	320	200	0,83	2,2	100,7
7	25°46'4"S 48°09'5"W	26	34	24.610	50.910	10	530	1.320	0	390	0,76	2,1	81,6
8	25°47'0"S 48°07'0"W	26	34	23.500	31.890	20	1.060	1.740	0	280	0,75	1,6	63,7
9	25°48'0"S 48°04'6"W	26	34	25.450	40.560	40	2.120	2.420	860	370	0,76	1,9	90,2
10	25°48'0"S 48°02'2"W	25	34	9.230	21.260	40	2.120	1.510	0	380	0,71	1,4	53,9
11	25°48'7"S 48°00'0"W	25	35	9.510	22.090	470	24.910	0	0	340	0,94	1,2	34,4
12	25°50'2"S 47°57'9"W	25	35	27.400	41.000	29.400	155.820	1.700	0	980	0,72	1,5	70,9
13	25°49'8"S 47°56'2"W	25	34	60.980	131.740	515.200	2.730.560	930	0	890	4,88	1,5	64,9
14	25°50'0"S 47°57'4"W	25	34	18.200	22.400	900	47.700	0	0	470	0,68	1,5	64,0

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela V. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 21/12/98 - Transecto A.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°37'18"S	48°16'25"W	27	33	161.950	94.540	0	0	32.050	1.260	440	3,33	2,4	126,8
2	25°38'57"S	48°13'47"W	27	34	70.490	34.960	0	0	30.150	600	170	1,90	3,0	117,6
3	25°40'40"S	48°10'57"W	27,5	35	69.650	43.910	70	3.170	23.140	350	280	1,46	2,1	101,0
4	25°42'28"S	48°08'14"W	27,5	35	110.210	60.700	0	0	11.950	1.340	440	0,93	2,1	110,6
5	25°44'13"S	48°05'40"W	28	37	77.760	67.690	10	5.300	5.480	0	110	0,77	1,6	100,4
6	25°44'50"S	48°04'39"W	27,5	38	2.540	11.060	19.140.800	1.014 x10¹²	2.710	0	970	65,05	1,8	89,0
7	25°45'37"S	48°03'08"W	27	38	20.500	1.950	88	46.640	850	0	390	1,86	2,2	112,3
8	25°47'27"S	48°00'24"W	27	38	1.090	940	12	6.360	0	0	350	0,59	2,1	100,8
9	25°40'00"S	47°57'43"W	27	38	350	610	2	1.060	0	0	230	0,81	1,4	72,8
10	25°50'15"S	47°55'48"W	26,5	38	560	860	1	530	0	0	340	0,35	1,6	79,8
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela VI. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 21/12/98 - Transecto B.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos				Valores Bióticos							
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°44'31"S	48°20'04"W	25	35	65.730	32.450	0	0	31.190	540	400	0,93	1,6	78,9
2	25°45'14"S	48°17'28"W	26	35	90.070	67.690	0	0	33.780	0	450	0,93	1,7	87,6
3	25°45'52"S	48°14'48"W	25,5	34	85.030	37.760	0	0	51.520	600	1.450	1,77	1,8	105,0
4	25°46'35"S	48°12'27"W	26	34	114.680	72.730	0	0	44.860	2.640	470	1,38	2,4	118,7
5	25°46'22"S	48°12'15"W	26	36	73.280	33.010	0	0	52.060	1.810	620	0,91	2,2	105,4
6	25°47'10"S	48°09'53"W	25,5	38	80.560	45.310	0	0	27.200	0	270	1,13	1,8	90,2
7	25°47'54"S	48°07'35"W	26	38	62.100	54.260	0	0	6.260	0	380	0,81	1,8	89,1
8	25°48'11"S	48°04'52"W	25,5	38	85.030	66.570	60	3.180	5.430	0	620	0,93	1,8	85,9
9	25°48'45"S	48°03'16"W	25	38	2.040	2.360	390	20.670	1.200	0	410	0,41	1,6	81,0
10	25°49'41"S	48°00'56"W	25	38	2.300	1.280	90	4.770	0	0	220	0,33	1,9	77,7
11	25°50'24"S	47°58'48"W	25	38	1.930	3.140	100	5.300	0	0	130	0,47	1,5	82,8
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela VII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 22/01/99 - Transecto A.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismo-pedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°35'38"S	48°18'23"W	25	31	101.730	65.290	30	1.590	1.100	320	300	2,14	3,0	139,8
2	25°36'23"S	48°17'43"W	25	31	141.290	82.790	170	9.010	2.670	0	840	1,88	2,7	117,7
3	25°38'16"S	48°15'34"W	25	32	100.450	50.540	70	3.710	1.320	0	1.110	1,10	2,3	105,0
4	25°39'41"S	48°13'04"W	26	32	65.990	44.390	40	2.120	0	380	1.020	1,57	1,4	62,7
5	25°40'52"S	48°10'83"W	26	32	66.600	41.750	170	9.010	0	0	950	1,03	2,0	86,9
6	25°42'03"S	48°08'73"W	26	34	37.150	22.570	250	13.250	0	0	810	0,46	2,2	97,0
7	25°43'39"S	48°06'57"W	26	35	7.150	4.630	1.260	66.780	810	0	820	0,84	2,1	79,4
8	25°44'80"S	48°04'54"W	26	35	5.800	320	230	12.190	0	0	240	0,65	1,3	57,4
9	25°46'05"S	48°02'50"W	26	35	3.450	2.100	250	13.250	680	0	240	0,29	2,1	86,4
10	25°47'71"S	48°00'10"W	26	35	6.620	2.800	440	23.320	0	0	340	0,49	2,4	124,7
11	25°48'54"S	48°03'37"W	25	35	3.040	4.160	65.800	348.740	1.490	0	530	0,57	2,2	103,7
12	25°48'54"S	48°03'37"W	25	35	156	292	334.600	1.773.380	180	0	890	5,52	1,5	66,9
13	25°48'80"S	48°56'72"W	25	35	490	450	530	28.090	150	0	470	0,99	1,8	64,0
14	25°49'67"S	47°56'72"W	26	35	320	460	1.630	86.390	0	0	850	0,86	1,7	79,2
15	25°50'27"S	47°55'78"W	26	35	280	170	120	6.360	0	0	200	0,30	1,9	89,6

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela VIII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 22/01/99 - Transecto B.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°44'27"S	48°22'61"W	28	32	90.030	59.510	110	5.830	6.680	0	500	1,45	4,7	217,0
2	25°44'50"S	48°22'61"W	28	32	111.980	48.380	340	18.020	7.640	240	760	0,87	3,2	152,0
3	25°45'15"S	48°17'25"W	28	32	75.640	32.430	820	43.460	8.680	0	580	0,77	1,9	70,5
4	25°45'58"S	48°15'18"W	28	33	33.800	29.780	470	24.910	6.120	0	1.840	0,89	1,6	81,9
5	25°46'77"S	48°10'79"W	27	33	7.460	6.250	250	13.250	600	0	1.220	0,66	2,7	137,3
6	25°47'50"S	48°07'89"W	27	35	5.310	4.520	460	24.380	350	0	1.080	0,55	3,2	143,5
7	25°48'54"S	48°04'12"W	27	35	212	776	2.979.200	15.780.760	0	0	980	52,76	1,0	53,0
8	25°48'89"S	48°01'35"W	30	35	620	700	540	28.620	0	0	500	0,30	1,4	51,8
9	25°49'56"S	47°58'90"W	30	35	290	320	190	10.070	320	160	630	0,42	1,4	55,4
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela IX. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/02/99 - Transecto A.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos				Valores Bióticos							
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°35'26"S	48°18'64"W	26	36	179.400	13.400	10	530	20.870	0	270	-	1,9	86,9
2	25°37'40"S	48°16'38"W	27	33	106.530	54.457	40	2.252	12.180	1.860	490	-	1,9	77,1
3	25°38'68"S	48°14'28"W	27	34	39.670	13.970	120	6.360	4.740	29.050	290	-	1,7	67,7
4	25°39'89"S	48°12'46"W	27	33	35.180	15.700	240	12.720	18.400	2.220	440	-	1,8	84,3
5	25°41'51"S	48°10'99"W	27	36	22.220	17.160	430	22.790	10.520	0	460	-	1,4	54,3
6	25°42'50"S	48°08'22"W	27	38	20.460	24.740	30	1.590	15.170	0	1.000	-	1,6	69,7
7	25°43'57"S	48°03'37"W	27	39	3.530	20.150	10	530	20	0	460	-	1,8	67,2
8	25°44'91"S	48°04'51"W	27	37	2.890	7.440	110	5.830	680	0	240	-	2,1	84,0
9	25°46'11"S	48°02'39"W	27	39	2.220	7.700	50	2.650	0	0	540	-	1,7	84,0
10	25°47'38"S	48°00'30"W	27	39	3.560	10.720	210	11.130	0	0	400	-	1,5	67,8
11	25°48'68"S	47°58'29"W	27	40	1.540	5.220	70	3.710	0	0	440	-	1,5	58,7
12	25°49'85"S	47°56'30"W	27	40	2.100	4.050	90	4.770	0	0	120	-	1,6	67,2
13	25°49'35"S	47°59'38"W	27	40	1.620	7.800	170	9.010	170	0	420	-	1,9	71,5
14	25°48'70"S	48°01'90"W	28	40	1.820	7.560	10	530	0	0	500	-	1,4	62,5
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela X. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/02/99 - Transecto B.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°41'26"S	48°22'42"W	27	36	13.440	14.880	100	5.300	9.700	0	410	-	2,3	87,5
2	25°42'83"S	48°24'62"W	27	36	30.300	39.470	200	10.600	22.010	0	1.230	-	1,9	77,1
3	25°44'50"S	48°19'72"W	27	36	17.350	21.200	170	9.010	9.040	0	590	-	2,2	79,9
4	25°44'98"S	48°17'16"W	27	36	12.110	13.510	490	25.970	10.970	0	340	-	2,2	85,7
5	25°45'63"S	48°14'80"W	27	36	32.240	15.900	30	1.590	7.720	0	440	-	1,8	92,5
6	25°46'37"S	48°12'16"W	27	38	55.310	34.760	270	14.130	17.680	0	119	-	3,2	134,0
7	25°46'93"S	48°10'21"W	27	38	11.130	9.240	0	0	10.240	0	630	-	1,7	68,8
8	25°47'43"S	48°07'67"W	28	39	3.470	8.750	230	12.190	9.370	0	510	-	1,6	53,7
9	25°48'32"S	48°04'23"W	28	40	2.090	6.880	340	18.020	500	0	190	-	1,9	85,3
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela XI. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/03/99 - Transecto A.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	**BB
					Cêntricas	Penadas	<i>T. erythraeum</i> (fil.L ⁻¹)	<i>T. erythraeum</i> (cel.L ⁻¹)	<i>Anabaena</i> sp. (cel.L ⁻¹)	<i>Merismopedia</i> sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°34'00"S	48°20'00"W	26,5	25	339.850	88.390	0	0	22.300	10.130	1.030	3,61	2,4	84,8
2	25°36'17"S	48°17'15"W	27	30	173.590	74.620	0	0	15.900	3.120	620	3,58	2,2	79,5
3	25°37'24"S	48°16'21"W	26,5	31	47.550	28.810	310	16.430	5.640	0	420	1,20	2,0	77,8
4	25°38'46"S	48°14'45"W	26,5	31	9.130	4.300	40	2.120	2.740	0	260	0,78	2,3	77,3
5	25°39'43"S	48°12'39"W	26,5	33	5.460	3.110	90	4.470	11.290	640	250	0,89	2,7	92,5
6	25°41'15"S	48°10'34"W	26,5	32	10.440	6.980	0	0	27.110	1.760	550	0,81	2,0	62,0
7	25°42'14"S	48°08'56"W	26,5	31	24.650	6.000	0	0	8.290	0	250	0,79	2,0	68,3
8	25°43'27"S	48°06'49"W	27	35	57.230	26.560	140	7.420	730	0	300	1,06	2,1	73,9
9	25°44'38"S	48°04'46"W	27	35	36.050	5.050	10	530	3.190	0	350	0,86	1,8	63,2
10	25°45'50"S	48°02'44"W	27	35	58.460	28.810	0	0	430	0	510	0,88	2,0	65,6
11	25°47'14"S	48°00'47"W	27	35	81.680	38.360	10	530	4.630	0	720	1,10	1,8	58,9
12	25°48'08"S	48°58'29"W	27	34	60.320	41.190	0	0	1.740	0	290	0,83	1,8	61,1
13	25°49'40"S	47°56'38"W	27	35	98.800	86.840	110	5.830	3.540	340	840	0,99	2,1	72,0
14	25°50'15"S	47°55'48"W	27	35	62.060	45.830	80	4.240	940	0	880	0,84	2,0	70,5
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela XII. Dados abióticos e bióticos referente ao mês de coleta 24/03/99 - Transecto B.

Est	Coordenadas		Valores Abióticos		Valores Bióticos									
			T°	S	Diatomáceas (cel.L ⁻¹)		Cianobactérias				Dinofl. (cel.L ⁻¹)	Clo. a (µg.L ⁻¹)	*HT	*BB
					Cêntricas	Penadas	T. erythraeum (fil.L ⁻¹)	T. erythraeum (cel.L ⁻¹)	Anabaena sp. (cel.L ⁻¹)	Merismopedia sp. (cel.L ⁻¹)				
1	25°41'33"S	48°23'49"W	27,5	33	3.200	1.020	440	23.320	7.440	0	820	0,57	2,3	81,8
2	25°43'11"S	48°25'13"W	28	33	1.760	910	0	0	4.910	0	1.960	0,68	2,3	72,5
3	25°43'24"S	48°24'21"W	28	32	1.340	870	10	530	8.140	0	1.550	0,49	2,5	71,5
4	25°44'16"S	48°22'18"W	28	34	1.160	1.020	10	530	1.590	0	7.100	0,74	1,9	54,5
5	25°44'31"S	48°20'02"W	28	33	3.320	4.420	0	0	4.900	0	1.210	0,74	2,4	82,1
6	25°44'47"S	48°18'01"W	28,5	34	4.800	4.380	90	4.770	5.120	0	1.110	0,76	2,0	65,4
7	25°45'26"S	48°16'38"W	28	35	16.580	9.100	0	0	8.820	0	1.660	0,75	2,1	76,1
8	25°46'01"S	48°14'06"W	28	33	11.000	5.060	0	0	9.700	320	2.250	0,85	1,9	61,0
9	25°46'56"S	48°10'24"W	28,5	35	41.910	16.620	30	1.590	1.500	0	710	0,80	1,6	62,7
10	25°47'34"S	48°08'08"W	28,5	35	44.200	22.070	60	3.180	1.800	0	530	0,81	1,7	63,3
11	25°48'12"S	48°04'54"W	28	34	82.980	40.640	260	13.780	2.380	0	920	0,85	1,7	62,1
12	25°48'41"S	48°02'37"W	28	33	85.180	50.480	190	10.070	2.720	0	810	0,60	2,0	65,4
13	25°49'24"S	47°59'59"W	28	33	87.680	52.940	20	1.060	2.900	0	860	0,73	1,8	58,3
14	25°50'03"S	47°57'47"W	27,5	33	41.690	26.610	30	1.590	1.360	0	500	0,44	1,9	67,5

* HT = Bactérias Heterotróficas Totais (x10⁶.ml⁻¹).

** BB = Biomassa Bacteriana (µgC.L⁻¹)

Tabela XIII. Correlação entre os dados bióticos e abióticos de todas as estações do transecto A, ao longo do período estudado.

TE	1.0000 (64) .0000												
Sal	.4445 (64) .0002	1.0000 (64) .0000											
DC	-.0234 (64) .8541	-.5488 (64) .0000	1.0000 (64) .0000										
DP	-.0508 (64) .6904	-.3823 (64) .0018	.8685 (64) .0000	1.0000 (64) .0000									
Tri	.0707 (64) .5786	.2782 (64) .0260	-.3741 (64) .0023	-.3363 (64) .0066	1.0000 (64) .0000								
Ana	.1924 (64) .1277	-.3151 (64) .0112	.5361 (64) .0000	.4279 (64) .0004	-.0644 (64) .6131	1.0000 (64) .0000							
Meris	-.2241 (64) .0751	-.0881 (64) .4890	.0377 (64) .7677	.0493 (64) .6989	-.0929 (64) .4654	-.0764 (64) .5483	1.0000 (64) .0000						
Dino	.0173 (64) .8923	-.1861 (64) .1410	.1159 (64) .3617	.1598 (64) .2071	.3582 (64) .0037	.0318 (64) .8029	.1094 (64) .3895	1.0000 (64) .0000					
CL	.0988 (64) .4374	-.2342 (64) .0625	.2525 (64) .0441	.2404 (64) .0557	.2588 (64) .0389	.3488 (64) .0047	.1944 (64) .1238	.4021 (64) .0010	1.0000 (64) .0000				
HT	.0212 (64) .8677	-.3834 (64) .0018	.3311 (64) .0075	.1807 (64) .1531	-.0482 (64) .7053	.3391 (64) .0061	.0844 (64) .5075	.1377 (64) .2778	.2380 (64) .0582	1.0000 (64) .0000			
BB	.0093 (64) .9418	-.1477 (64) .2441	.1745 (64) .1679	.0708 (64) .5782	.0751 (64) .5551	.1176 (64) .3547	.1648 (64) .1933	.0449 (64) .7248	.2444 (64) .0516	.7845 (64) .0000	1.0000 (64) .0000		
PL	.4039 (64) .0009	-.2115 (64) .0934	.0477 (64) .7080	-.1512 (64) .2331	.1892 (64) .1344	.2264 (64) .0720	-.3135 (64) .0117	.3604 (64) .0034	.0490 (64) .7003	.3580 (64) .0037	-.0030 (64) .9809	1.0000 (64) .0000	
	TE	Sal	DC	DP	Tri	Ana	Meris	Dino	CL	HT	BB	PL	

Tabela XIV. Correlação entre os dados bióticos e abióticos de todas as estações do transecto B, ao longo do período estudado.

TE	1.0000 (57) .0000												
Sal	-.2310 (57) .0838	1.0000 (57) .0000											
DC	-.3007 (57) .0230	-.1785 (57) .1840	1.0000 (57) .0000										
DP	-.4250 (57) .0010	-.1149 (57) .3947	.9334 (57) .0000	1.0000 (57) .0000									
Tri	.0694 (57) .6079	.0317 (57) .8149	-.3262 (57) .0133	-.2150 (57) .1082	1.0000 (57) .0000								
Ana	.1234 (57) .3605	-.1379 (57) .3065	.5358 (57) .0000	.4226 (57) .0011	-.4863 (57) .0001	1.0000 (57) .0000							
Meris	-.1540 (57) .2527	-.2164 (57) .1060	.2932 (57) .0269	.2706 (57) .0418	-.3926 (57) .0025	.2791 (57) .0355	1.0000 (57) .0000						
Dino	.4282 (57) .0009	-.3436 (57) .0089	-.2009 (57) .1340	-.3241 (57) .0139	.0002 (57) .9985	.1676 (57) .2127	-.1500 (57) .2654	1.0000 (57) .0000					
CL	-.1620 (57) .2287	-.0801 (57) .5536	.0593 (57) .6610	.1648 (57) .2205	.2755 (57) .0381	-.0493 (57) .7158	.1029 (57) .4460	.1072 (57) .4272	1.0000 (57) .0000				
HT	.2162 (57) .1063	-.2541 (57) .0565	.2485 (57) .0623	.1151 (57) .3938	-.2115 (57) .1143	.4547 (57) .0004	.0924 (57) .4943	.0378 (57) .7799	-.2362 (57) .0769	1.0000 (57) .0000			
BB	-.1095 (57) .4176	-.0750 (57) .5794	.3734 (57) .0042	.2943 (57) .0263	-.1830 (57) .1730	.3928 (57) .0025	.2463 (57) .0648	-.1827 (57) .1737	-.0162 (57) .9050	.8115 (57) .0000	1.0000 (57) .0000		
PL	.8213 (57) .0000	-.1996 (57) .1365	-.2857 (57) .0312	-.5059 (57) .0001	.0299 (57) .8253	.1154 (57) .3927	-.2934 (57) .0268	.6069 (57) .0000	-.1113 (57) .4096	.2458 (57) .0653	-.0958 (57) .4784	1.0000 (57) .0000	
	TE	Sal	DC	DP	Tri	Ana	Meris	Dino	CL	HT	BB	PL	

Tabela XV. Correlação entre os dados bióticos e abióticos das estações mais distantes da costa do transecto A, ao longo do período estudado.

Sal	1.0000 (38) .0000												
Tem	.5875 (38) .0001	1.0000 (38) .0000											
HT	-.1435 (38) .3900	.2416 (38) .1439	1.0000 (38) .0000										
BB	.1805 (38) .2781	.1407 (38) .3993	.7107 (38) .0000	1.0000 (38) .0000									
DC	-.5003 (38) .0014	.0086 (38) .9594	.1918 (38) .2487	-.2022 (38) .2234	1.0000 (38) .0000								
DP	-.2117 (38) .2020	.0587 (38) .7263	.0112 (38) .9466	-.3001 (38) .0672	.8059 (38) .0000	1.0000 (38) .0000							
Dino	.0390 (38) .8161	.1746 (38) .2945	.2669 (38) .1052	-.1728 (38) .2994	.0011 (38) .9949	.0913 (38) .5857	1.0000 (38) .0000						
Ana	-.4350 (38) .0063	-.0375 (38) .8232	.3069 (38) .0609	-.0867 (38) .6046	.4841 (38) .0021	.3712 (38) .0218	.2287 (38) .1673	1.0000 (38) .0000					
Meris	-.3462 (38) .0332	-.0693 (38) .6793	.0772 (38) .6451	-.1219 (38) .4659	.2636 (38) .1098	.2357 (38) .1543	.1076 (38) .5201	.3384 (38) .0377	1.0000 (38) .0000				
CL	.0745 (38) .6566	.1727 (38) .2998	-.0039 (38) .9814	.0641 (38) .7023	-.1172 (38) .4834	-.0396 (38) .8136	.4375 (38) .0060	.2734 (38) .0967	-.0266 (38) .8740	1.0000 (38) .0000			
Tri	.2894 (38) .0780	-.0358 (38) .8310	.1603 (38) .3362	.4609 (38) .0036	-.4128 (38) .0100	-.3360 (38) .0392	.4493 (38) .0047	-.0204 (38) .9031	-.1319 (38) .4299	.5414 (38) .0004	1.0000 (38) .0000		
PL	-.1920 (38) .2481	.4136 (38) .0098	.5486 (38) .0004	.0643 (38) .7014	.1853 (38) .2654	-.0572 (38) .7332	.3567 (38) .0279	.3034 (38) .0641	.0900 (38) .5909	.0123 (38) .9414	-.0300 (38) .8580	1.0000 (38) .0000	
	Sal	Temp	HT	BB	DC	DP	Dino	Ana	Meris	CL	Tri	PL	

Tabela XVII. Resultado dos doze componentes principais (PCA) com as respectivas variâncias individuais e cumulativas de todas as estações (em porcentagem) nos transectos A (T-A) e B (T-B).

T-A			T-B		
Número do componente	Porcentagem de variância	Porcentagem cumulativa	Número do componente	Porcentagem de variância	Porcentagem cumulativa
1	27,337	27,337	1	29,266	29,266
2	17,461	44,798	2	22,409	51,675
3	13,507	58,305	3	11,909	63,585
4	11,455	69,759	4	9,900	73,485
5	9,509	79,268	5	7,973	81,458
6	6,370	85,639	6	6,515	87,972
7	5,581	91,220	7	4,751	92,724
8	3,798	95,018	8	2,929	95,652
9	2,323	97,341	9	2,322	97,975
10	1,360	98,701	10	1,116	99,091
11	0,735	99,436	11	0,759	99,850
12	0,564	100,000	12	0,150	100,000

Tabela XVIII. Resultados dos doze componentes principais (PCA) com as respectivas variâncias individuais e cumulativas das estações mais distantes da costa (em porcentagem) nos transectos A (T-A) e B (T-B).

T-A			T-B		
Número do componente	Porcentagem de variância	Porcentagem cumulativa	Número do componente	Porcentagem de variância	Porcentagem cumulativa
1	25,430	25,430	1	25,369	25,369
2	22,149	47,579	2	21,985	47,353
3	13,165	60,744	3	14,756	62,110
4	12,038	72,783	4	10,644	72,754
5	8,105	80,888	5	9,555	82,308
6	6,570	87,457	6	6,562	88,870
7	5,149	92,606	7	4,353	93,223
8	3,064	95,670	8	2,994	96,217
9	2,311	97,981	9	2,132	98,350
10	1,138	99,119	10	0,818	99,167
11	0,495	99,614	11	0,678	99,845
12	0,386	100,000	12	0,155	100,000