

## Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebenção da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil)

Eliane Brabo de Sousa<sup>1,3</sup>, Vanessa Bandeira da Costa<sup>1</sup>, Luci Carneiro Cajueiro Pereira<sup>2</sup> e Rauquírio Marinho da Costa<sup>1</sup>

Recebido em 03/01/2008. Aceito em 31/03/2009

**RESUMO** – (Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebenção da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil)). As variações sazonal e nictemeral do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos foram estudadas em uma estação fixa (00°46'37.2"S-046°43'24.5"W) localizada na Ilha Canela (Bragança-Pará) em setembro e dezembro de 2004 e março e junho de 2005. Amostras subsuperficiais de água foram coletadas para os estudos qualitativos, quantitativos e para a determinação das concentrações de clorofila *a*. Simultaneamente, foram medidos os parâmetros físico-químicos da água: salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e percentual de saturação. Foram identificados 64 táxons entre Cyanophyta (um táxon), Bacillariophyta (54 táxons) e Dinophyta (nove táxons). A concentração de clorofila *a* variou de 4,67 mg m<sup>-3</sup> (período seco) a 5,44 mg m<sup>-3</sup> (período chuvoso) e acompanhou a densidade fitoplanctônica, que foi mais elevada durante o período chuvoso (média=1.870 x 10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>). Os fitoflagelados dominaram quantitativamente o fitoplâncton local, seguidos pelas diatomáceas. *Dimeregramma minor* e *Skeletonema* sp. constituíram espécies muito freqüentes e muito abundantes. A ressuspensão de sedimentos provocadas pelos intensos ventos e a arrebenção das ondas favoreceram a dominância de *D. minor* durante o período seco. No período chuvoso, a elevada pluviometria, os moderados ventos, bem como a influência das águas estuarinas do Taperaçu e Caeté, propiciaram a redução da salinidade e o desenvolvimento de outras espécies fitoplanctônicas.

**Palavras-chave:** Plâncton, composição, biomassa, densidade, costa amazônica

**ABSTRACT** – (Phytoplankton dynamics and hydrological temporal variation in the surf zone of Canela Island (Bragança, Pará state, Brazil)). Seasonal and nictemeral variations of the phytoplankton and hydrological parameters were studied at a fixed station (00°46'37.2"S-046°43'24.5"W) situated in Canela Island (Bragança-Pará) in September and December, 2004 and in March and June, 2005. Subsurface water samples were taken for qualitative and quantitative phytoplankton studies and to determine chlorophyll *a* concentrations. Simultaneously physical and chemical parameters were measured: salinity, temperature, pH, dissolved oxygen and percent of oxygen saturation. A total of 64 taxa belonging to Cyanophyta (one taxon), Bacillariophyta (54 taxa) and Dinophyta (nine taxa) were identified. Chlorophyll *a* concentrations ranged from 4.67 mg m<sup>-3</sup> (dry season), to 5.44 mg m<sup>-3</sup> (rainy season) and follow phytoplankton densities, which were higher during the rainy period (mean values of 1,870 x 10<sup>3</sup> cell L<sup>-1</sup>). Phytoflagellates quantitatively dominated the local phytoplanktonic community followed by diatoms. *Dimeregramma minor* and *Skeletonema* sp. were abundant and very frequent species over the studied period. Resuspension processes originated by the strong winds and waves in the surf zone favored the dominance of *D. minor* during the dry period. In the rainy period, high rainfall, moderate winds as well as the influence of estuarine waters from Taperaçu and Caeté propitiated the decrease of salinity and the development of other phytoplankton species.

**Key words:** Plankton, composition, biomass, density, Amazon coast

### Introdução

Nos ambientes costeiros amazônicos ocorrem complexos processos hidrodinâmicos resultantes das correntes costeiras, da ação dos ventos, da elevada precipitação e de uma enorme descarga de água, solutos e material particulado provenientes, principalmente, do rio Amazonas (Nittrouer & DeMaster 1996). Estes processos são visivelmente atuantes no litoral nordeste paraense, situado a 150 km sudeste do rio Amazonas (Lara 2003), influenciando a dinâmica e a distribuição da biota da região, e particularmente, dos produtores primários, uma vez que são organismos sensíveis a alterações físicas e químicas do ambiente (Valiela 1995).

O fitoplâncton é o principal produtor primário dos ambientes costeiros, sendo responsável pelo início do fluxo de matéria e energia da rede trófica destes ambientes, contribuindo para a sua fertilização, sustentando diretamente os herbívoros e indiretamente os animais dos níveis tróficos superiores, incluindo espécies economicamente importantes (Dring 1992).

Em zonas de arrebenção de praias de alta energia, encontra-se elevada concentração de produtores primários (fitoplâncton e fitobentos), os quais constituem suprimento

alimentar básico para diversos consumidores primários dos ecossistemas costeiros e marinhos adjacentes. Nestas zonas, os processos de ressuspensão provocados pelos ventos, arrebenção das ondas e correntes litorâneas são responsáveis pelo intercâmbio de recursos na interface sedimento/água na qual as microalgas bentônicas passam a fazer parte do plâncton, alterando, desta forma, a estrutura da comunidade fitoplanctônica local. Estudos realizados na zona de arrebenção das praias do Cassino (Rio Grande) e do Pontal do Sul (Paraná) demonstraram o importante papel dos processos climáticos (precipitação pluviométrica e intensidades dos ventos) sobre a dinâmica de ambientes costeiros e, conseqüentemente, sobre a composição e biomassa do fitoplâncton local, promovendo o aumento das concentrações de clorofila *a*, a co-dominância de diferentes espécies e, em algumas ocasiões, a dominância numérica de pequenos flagelados (Odebrecht *et al.* 1995; Rezende & Brandini 1997; Odebrecht *et al.* 2003).

Embora sejam de extrema importância para o conhecimento dos padrões espaciais e temporais da composição e da biomassa fitoplanctônica de ambientes costeiros, estudos na zona de arrebenção de praias arenosas na costa do estado do Pará são ainda insipientes. Desta forma, o presente estudo

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Bragança, Departamento de Biologia, Laboratório de Plâncton e Cultivo de Microalgas, Bragança, PA, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará; Campus Universitário de Bragança, Laboratório de Oceanografia Costeira, Bragança, Pará, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: elianebrabos@hotmail.com

tem por objetivo determinar a variação nictemeral e sazonal da composição, densidade e biomassa do fitoplâncton e sua relação com alguns fatores hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança-Pará), constituindo um passo inicial para a compreensão da estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica desta “Área de Proteção Ambiental (APA)” da costa amazônica.

## Material e métodos

**Área de estudo** - A península bragantina está localizada no litoral do Nordeste do Estado do Pará, na costa Norte do oceano Atlântico, e estende-se desde a ponta do Maiaú até a foz do rio Caeté, apresentando uma linha de costa com cerca de 40 km. Situa-se entre as coordenadas (00°46'00"-1°00'00"S e 46°36'00"-46°44'00"W), perfazendo uma área de aproximadamente 1.570 km<sup>2</sup> (Souza Filho & El-Robrini 1996).

As praias arenosas de macromarés desta região são planas, lineares e alongadas, estando limitadas por canais de maré e estuários, podendo ser compartimentadas, segundo os níveis de maré, em três zonas: zona de supramaré, intermaré (superior, média e inferior) e infra-maré (Souza Filho & El-Robrini 2000).

A região é dominada por um clima do tipo Am, segundo classificação de Köppen, caracterizado por ser quente e úmido, com pluviosidade média anual variando de 2.500 a 3.000 mm, umidade relativa do ar oscilando entre 80 e 91% e temperatura média anual entre 25,2 °C e 26,7 °C (Martorano *et al.* 1993), com o período seco (ou menos chuvoso) ocorrendo entre os meses de agosto a dezembro e uma estação chuvosa de janeiro a julho (Moraes *et al.* 2005).

Nesta península encontra-se a Ilha Canela (00°46'45"-00°47'06"S e 46°41'02"-46°43'04"W), uma pequena ilha litorânea com cerca de 5 km<sup>2</sup> de extensão, situada ao norte da desembocadura do estuário do Taperaçú e a 15 km do estuário do rio Caeté (Fig. 1), sendo submetida a uma variação

de altura de maré de 3-5 m (Schories & Gorayeb 2001). É cercada por uma área de superfície arenosa e lamosa-arenosa e possui vários canais de marés, estreitos e pouco profundos que atravessam a ilha. Sua vegetação é predominantemente formada por floresta de mangue jovem com domínio da espécie *Rhizophora mangle* Linnaeus, abrigando inúmeras espécies de aves marinhas, além de funcionar como local de descanso e reprodução para uma numerosa população de guarás, *Eudocimus ruber* Linnaeus (Schories & Gorayeb 2001).

Dados climatológicos, amostragens e análises laboratoriais - Os dados pluviométricos da área de estudo foram cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Pará (INMET-PA) e coletados na estação pluviométrica de Tracuateua/PA (01°04'S-46°54'W), situada a 17 km sudoeste do município de Bragança.

Os dados de ventos foram obtidos em uma estação meteorológica da Universidade Federal do Pará (UFPA), situada próximo à praia de Ajuruteua, e cedidos pelo Projeto Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA).

As amostragens destinadas às análises quali-quantitativas do fitoplâncton, bem como a análise da concentração de clorofila *a* e dos fatores físico-químicos da água foram realizadas em uma estação fixa, na zona de arrebentação, (00°46'37.2"S - 046°43'24.5"W) localizada na Ilha Canela, durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005), em marés de sizígia de lua nova. As coletas foram realizadas em intervalos de três horas, durante um período de 24 horas, compreendendo dois ciclos sucessivos de maré.

Os fatores físico-químicos: temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido e o percentual de saturação do oxigênio foram medidos *in situ*, na superfície da água, com um equipamento Multi-parâmetros WTW (modelo 340i).

Para a análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton, as amostras foram coletadas na superfície da coluna d'água, através de recipientes plásticos de 250 mL e posteriormente preservadas em solução de Lugol. O método de sedimentação de Utermöhl (1958) foi empregado para identificação dos táxons e determinação do número de células por litro, a qual foi realizada por meio da contagem da área total da cubeta (volume de 6 mL). Todas as amostras contadas foram previamente coradas com Rosa de Bengala (Thronsen 1978) e analisadas em um invertoscópio Olympus - IX 70, sob um aumento de 400x. Os fitoflagelados foram identificados em nível de grupo.

A composição do microfítoplâncton foi determinada a partir da análise de montagens lâmina-laminulas (lâminas temporárias), visualizadas sob um microscópio óptico binocular Zeiss (Axioscop 40). Para identificação, nomenclatura e enquadramento ecológico das espécies e morfo-espécies foram utilizadas bibliografias especializadas (Moreira Filho *et al.* 1990; Tomas 1997; entre outros). A confirmação das espécies de diatomáceas foi realizada através de lâminas permanentes confeccionadas, segundo Müller-Melchers & Ferrando (1956).

A composição florística baseou-se nos sistema de Round *et al.* (1990), para as diatomáceas; Steindinger & Tangen (1997) para os dinoflagelados e Desikachary (1959) para as cianofíceas.

A abundância relativa das espécies foi calculada a partir da relação entre o número de cada táxon na amostra e o número total de táxons da mesma. O resultado foi expresso em porcentagem, sendo consideradas as categorias: dominante (> 70%), abundante (≤ 70% e > 40%), pouco abundante (≤ 40% e > 10%) e rara (≤ 10%).

A frequência de ocorrência dos táxons foi calculada segundo Mateucci & Colma (1982) utilizando a relação entre o número de amostras, nas quais cada táxon ocorreu, e o número total de amostras analisadas, tendo sido estabelecidas as seguintes categorias: muito freqüente (≥ 75%), freqüente (< 75% e ≥ 50%), pouco freqüente (< 50% e ≥ 25%) e esporádica (< 25%).

As amostras para a determinação de clorofila *a* foram coletadas na superfície da água em recipientes plásticos de 500 mL e analisados espectrofotometricamente (Parsons & Strickland 1963). A diversidade das espécies foi baseada no índice de Shannon (1948) e a equitabilidade determinada segundo Pielou (1977).

Análises estatísticas - Após a identificação e contagem dos organismos fitoplanctônicos foram realizadas análises para determinar a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias, através dos testes de Lilliefors (Conover, 1971) e Bartlett's (Sokal & Rohlf, 1969), respectivamente, com auxílio do programa STATISTICA 6.0 (StatSoft, 2001). Quando os dados não foram normais, utilizaram-se transformações log (x+1) para se obter as distribuições próximas da normalidade.

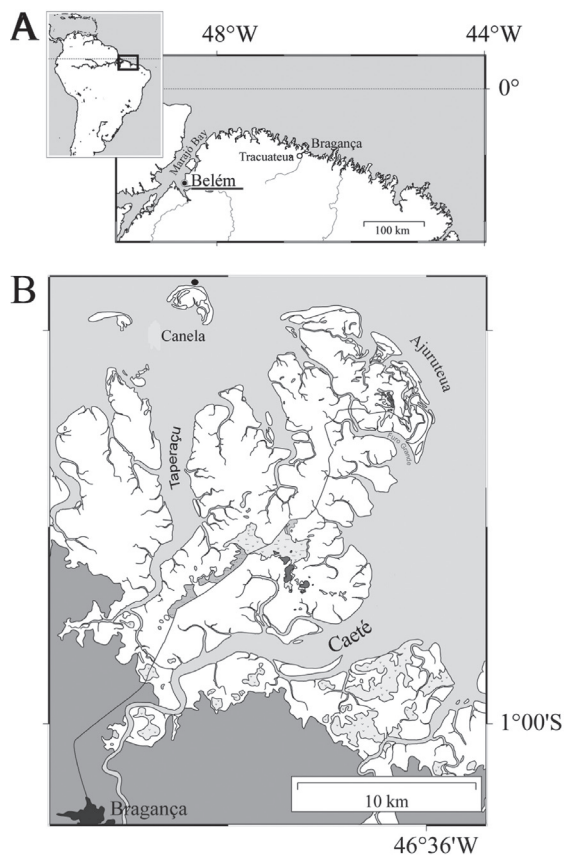


Figura 1. Área de estudo com a localização da estação de coleta (●), na Ilha Canela, Bragança, Pará, Brasi) (Modificado do Projeto MADAM, dados não publicados).

A análise de variância (ANOVA – fator único) foi aplicada para testar a seguinte hipótese: as características físico-químicas (temperatura e oxigênio dissolvido) e biológicas (as concentrações de clorofila *a*, a densidade, a diversidade e a equitabilidade das espécies) variaram de acordo com os diferentes períodos sazonais, os meses de estudo e o ciclo diurno. O teste post-hoc de Tukey HSD (*Honestly Significantly Differences*) foi executado para apontar as diferenças existentes entre as médias dos tratamentos utilizados na ANOVA. Para ambos os testes foi utilizado o nível de significância de 0,05. Para o agrupamento das amostras foram construídas matrizes de densidades (cél  $L^{-1}$ ) das espécies com frequência superior a 25%, transformadas em  $\log(x + 1)$ . Para esta análise, utilizou-se o cálculo de similaridade de Bray & Curtis (1957), sendo a construção de dendrograma baseado no método WPGMA (*Weighted Pairs Group Method Average Arithmetics*). Quando da normalidade dos dados, aplicou-se o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson (*r*) para correlacionar as concentrações de clorofila *a*, os índices de diversidade e equitabilidade e as densidades totais dos grupos fitoplanctônicos e das espécies mais abundantes aos diferentes fatores físico-químicos analisados, empregando-se para tal, o programa STATISTICA, versão 6.0.

## Resultados

**Climatologia** - Os dados de precipitação pluviométrica registrados durante o período estudado mostraram valores mensais inferiores a 60 mm no período seco (setembro e dezembro de 2004), enquanto que no período chuvoso (meses de março e junho de 2005) estes valores foram superiores a 180 mm mensais (Tab. 1).

Os ventos sopraram com maiores intensidades no período seco (ano de 2004), com velocidades médias mensais próximas a  $4,00 \text{ m s}^{-1}$ . No período chuvoso (ano de 2005), a velocidade dos ventos foi igual ou inferior a  $3,00 \text{ m s}^{-1}$ . Nos meses de coleta, as maiores intensidades médias foram observadas em setembro, enquanto que as menores intensidades foram registradas em março de 2005 (Tab. 1). Com relação à direção, os ventos predominantes foram de este e nordeste (agosto/2004 a abril/2005), seguidos pelos ventos de este e sudeste (maio/2005 a julho/2005) (Tab. 1).

**Hidrologia** - A temperatura na superfície da água manteve-se estável ao longo do período de coleta com valores que oscilaram entre  $26,0 \text{ }^\circ\text{C}$  (05:30 h, junho/2005) e  $31,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (14:00 h, março/2005), evidenciando valores significativamente mais elevados ( $F=16,05$ ;  $p=0,0007$ ) durante as horas de maior intensidade luminosa, em todos os meses de coleta (Fig. 2A).

A salinidade variou entre 26,1 (junho/2005, as 05:30 h) e 39,0 (dezembro/2004, as 17:30 e 20:30 h), apresentando uma variação sazonal definida ( $F=43,182$ ;  $p=0,001$ ), com valores significativamente mais elevados durante o período seco (média= $35,29$ ;  $p<0,001$ ). Entre os meses de estudo, observou-se também uma variação significativa da salinidade ( $F=100,85$ ;  $p=0,001$ ), sendo os menores e os maiores valores registrados nos meses de junho/2005 (média= $28,14$ ;  $p<0,001$ ) e dezembro/2004 (média= $36,87$ ;  $p<0,001$ ), respectivamente (Fig. 2B).

O pH manteve-se alcalino durante todo o período de estudo e apresentou um valor mínimo de 7,1 (14:30 h) e máximo de 8,2 (23:30 h), nos meses de junho/2005 e setembro/2004, respectivamente (Fig. 2C).

As concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram entre  $5,0 \text{ mg L}^{-1}$  (setembro/2004, às 05:30 h) e  $7,3 \text{ mg L}^{-1}$  (dezembro/2004, às 08:30 h), apresentando percentuais de saturação respectivos de 110,0% e 160,6%. Foram registrados no mês de setembro/2004 as menores concentrações de oxigênio dissolvido e, conseqüentemente os menores percentuais de saturação (média= $5,47 \text{ mg L}^{-1}$ ;  $p<0,001$ ) (Fig. 2D e 2E).

**Composição do fitoplâncton** - Foram identificados 64 táxons pertencentes às divisões Cyanophyta (um táxon), Dinophyta (nove táxons) e Bacillariophyta (54 táxons), correspondendo, respectivamente, a 1,6%, 14,0% e 84,4%,

Tabela 1. Precipitação total (mm) referente aos anos de 2004 a 2005 (Fonte: INMET, 2006, dados não publicados), velocidade média mensal ( $\text{m s}^{-1}$ ) e direção predominante dos ventos referentes aos períodos seco (2004) e chuvoso de 2005 registrados na Planície Costeira Brasileira (Fonte: LBA).

Período	2004			2005		
	*Direção Ventos	Intensidade Ventos ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Pluviometria (mm)	*Direção Ventos	Intensidade Ventos ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Pluviometria (mm)
Janeiro	NE	2,21	246,20	NE	3,03	96,30
Fevereiro	NE	1,95	501,70	NE	2,58	193,00
Março	NE	2,02	750,30	NE	2,05	501,60
Abril	NE/E	2,12	390,40	NE/SE	2,07	268,50
Mai	E/SE	2,64	171,80	E/SE	1,84	285,00
Junho	E/SE	2,53	226,00	SE/E	2,40	188,10
Julho	E	2,62	158,90	E/SE	2,70	195,00
Agosto	E	3,38	84,0	*	*	*
Setembro	E	3,85	8,90	*	*	*
Outubro	E	3,90	0,40	*	*	*
Novembro	E/NE	3,73	0,20	*	*	*
Dezembro	NE	3,45	50,40	*	*	*

\* Direção predominante dos ventos;

\*\* Meses sem valores medidas de intensidade e direção dos ventos.

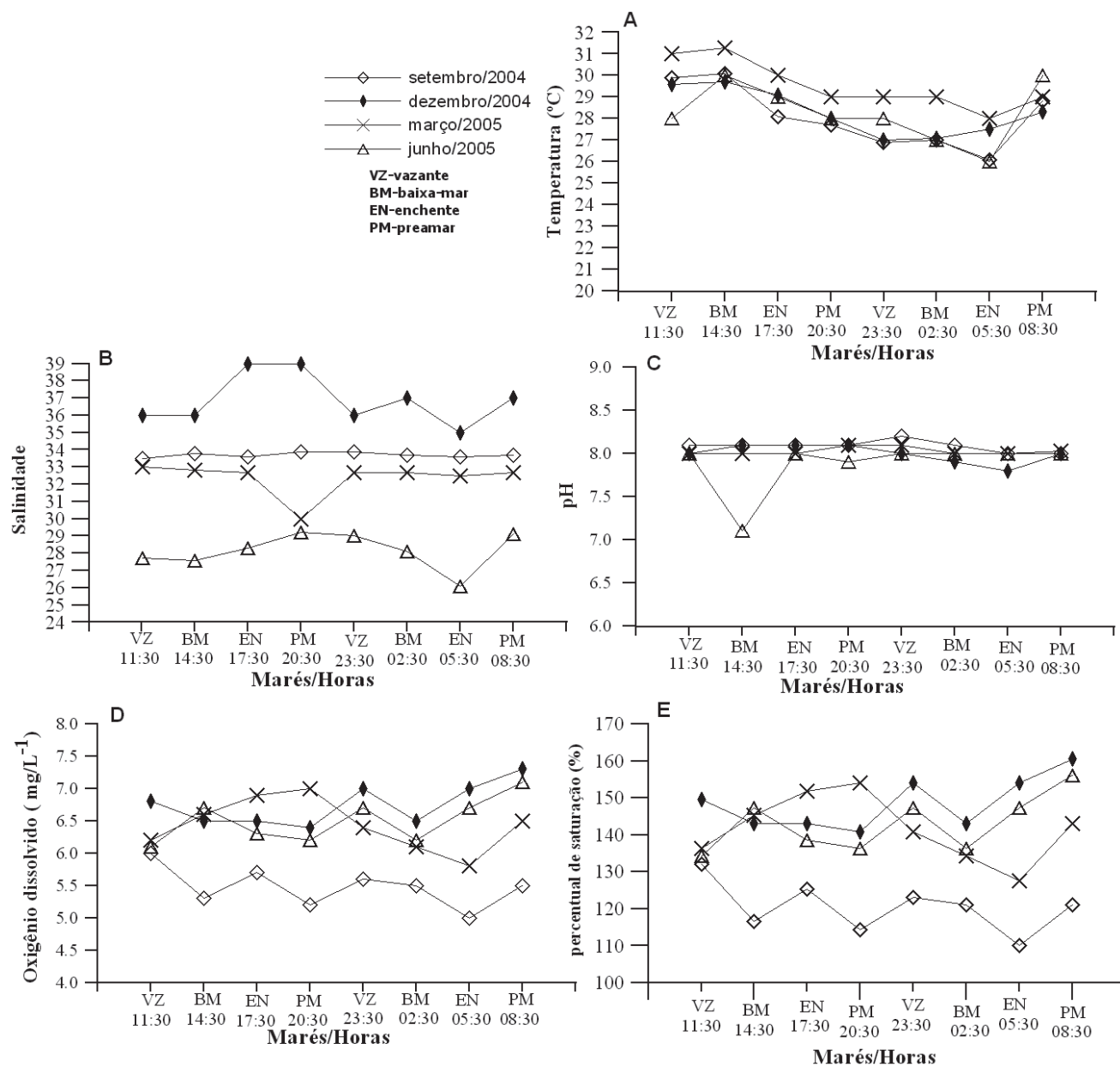


Figura 2. Variação da temperatura (A), salinidade (B), pH (C), oxigênio dissolvido (D) e percentual de saturação do oxigênio (E) da água durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005), na Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil).

do total de táxons identificados. Os fitoflagelados foram identificados em nível de grupo.

As diatomáceas foram taxonomicamente as microalgas mais representativas em todos os meses de estudo, compreendendo três classes, nove sub-classes, 16 ordens, duas sub-ordens, 23 famílias, 31 gêneros, 40 espécies e 14 morfo-espécies. As divisões Dinophyta e Cyanophyta constituíram componentes de menor representatividade, apresentando uma classe, quatro ordens, seis famílias, seis gêneros, uma espécie e oito morfo-espécies de dinoflagelados; e uma classe, uma ordem, uma família e uma morfo-espécie de cianofíceas.

A espécie que esteve presente em 100% das amostras foi *Dimeregramma minor* (Gregory) Ralfs. Os táxons *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, *Campylosira cymbelliformis* Grunow, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin e Reimann, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Skeletonema* sp., *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Hallegraeff, *T. nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky e *Thalassiosira subtilis* (Ostenfeld) Gran foram consideradas muito freqüentes. Os demais táxons foram freqüentes (sete spp.), pouco freqüentes (13 spp.) e esporádicos (35 spp.).

Do total dos táxons identificados na Ilha Canela, 70,7% constituíram espécies marinhas planctônicas e 29,3% marinhas litorais. Entre as espécies marinhas planctônicas, 51,7% são neríticas, 27,6% oceânicas e 20,7% neríto-oceânicas. As espécies ticoplanctônicas representaram 26,8% da flora. Com relação à tolerância às variações de salinidade, 14,6% são espécies eurialinas, 34,1% polialóbias e 7,3% mesoalóbias. As demais espécies (44,0%) não apresentaram categorias ecológicas definidas em função deste parâmetro.

As espécies *Dimeregramma minor* e *Skeletonema sp.* foram as mais abundantes nos dois períodos sazonais. Durante o período seco, *D. minor* oscilou entre 28% (17:30 h, dezem-

bro/2004) e 96% (05:30 h, setembro/2004), enquanto que *Skeletonema sp.* variou de 11% (11:30 h, dezembro/2004) a 43% (17:30 h, dezembro/2004).

No período chuvoso, *Dimeregramma minor* variou de 24% (08:30 h, março/2005) a 45% (02:30 h, junho/2005) e *Skeletonema sp.* oscilou entre 2% (02:30 h, junho/2005) e 34% (20:30 h, março/2005). Ainda neste período, as espécies *Asterionellopsis glacialis*, *Campylosira cymbelliformis* e *Cylindrotheca closterium* foram pouco abundantes (>20 < 10%), em alguns horários (Fig. 3).

Clorofila *a* - As concentrações de clorofila *a* variaram entre 2,43 mg m<sup>-3</sup> (02:30 h, dezembro/2004) e 8,70 mg m<sup>-3</sup>

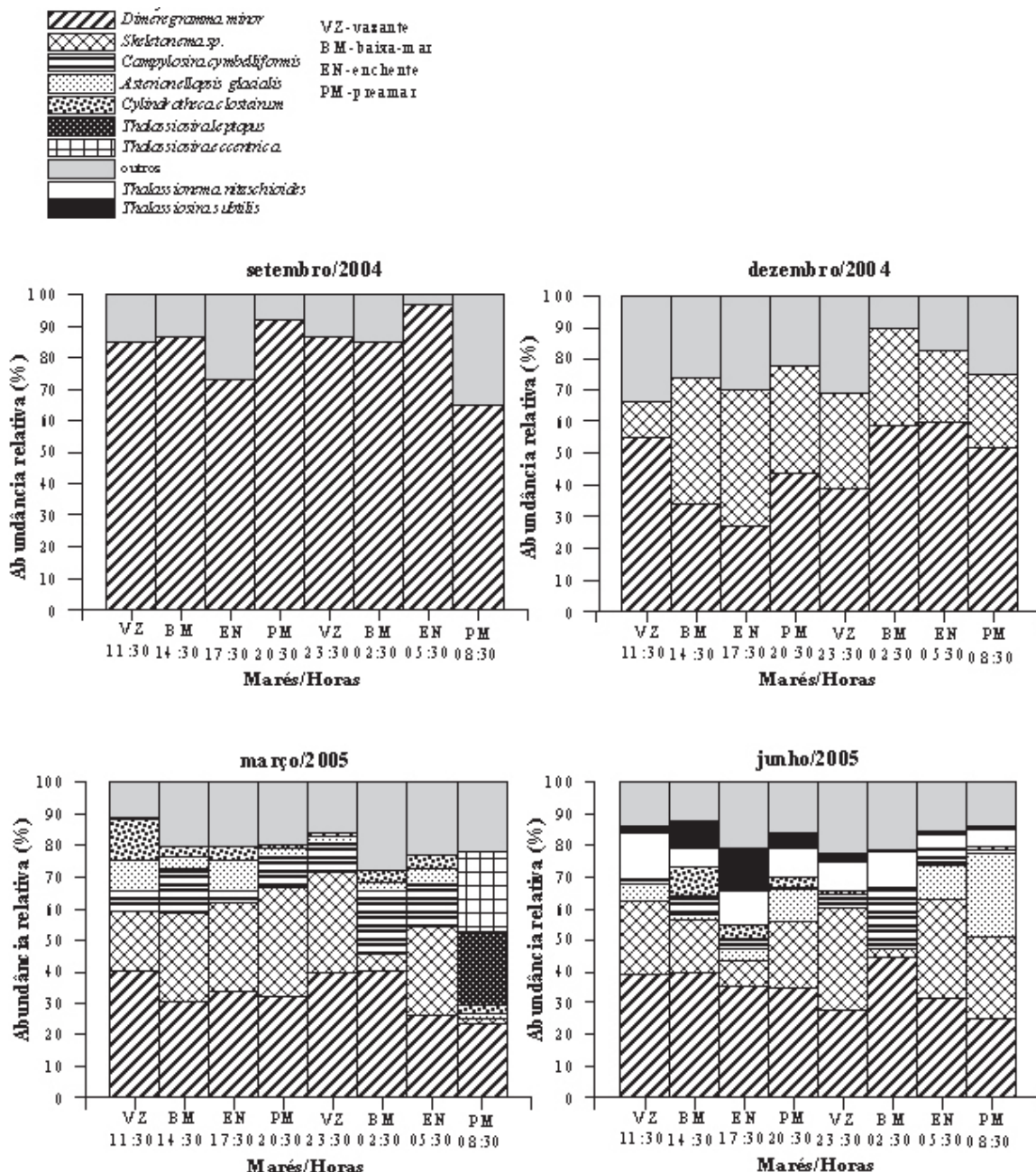


Figura 3. Abundância relativa das espécies fitoplanctônicas da Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil), durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005).

(08:30 h, setembro/2004). Entre os períodos sazonais, os valores médios de clorofila *a* oscilaram entre 4,67 mg m<sup>-3</sup>, durante o período seco, e 5,44 mg m<sup>-3</sup>, no período chuvoso. Foram observadas diferenças significativas nas concentrações de clorofila *a* entre os meses estudados ( $F=4,31$ ;  $p=0,0127$ ), observando-se em dezembro/2004 as menores concentrações de clorofila *a* (média=3,35 mg.m<sup>-3</sup>;  $p<0,001$ ), quando comparadas às registradas no mês de setembro/2004 (média=5,99 mg m<sup>-3</sup>) (Fig. 4).

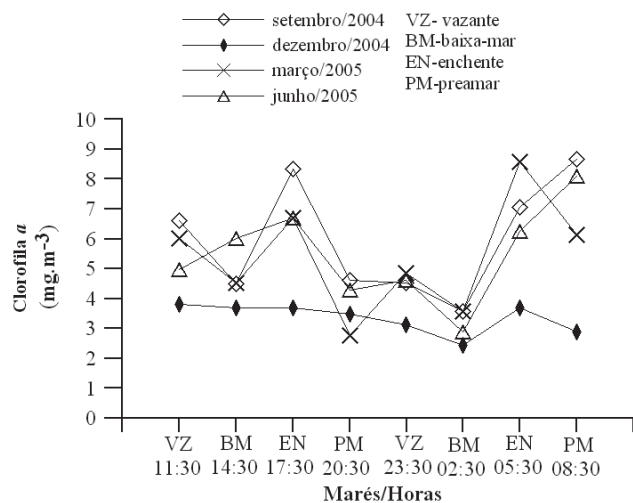


Figura 4. Variação da clorofila *a* (mg m<sup>-3</sup>) da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil), durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005).

Densidade fitoplânctônica-O fitoplâncton total apresentou variação sazonal definida ( $F=16,43$ ;  $p=0,0003$ ) com valores que oscilaram entre 784.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (20:30 h, dezembro/2004) e 2.552.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (11:30 h, março/2005), sendo significativamente mais elevado durante o período chuvoso (média=1.870.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>;  $p<0,001$ ). O mês de dezembro/2004 apresentou a menor densidade média (média=1.046.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>,  $p<0,001$ ) quando comparado às densidades médias dos meses chuvosos: março/2005 (média=1.804.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>) e junho/2005 (média=1.936.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>).

O mesmo padrão sazonal e mensal observado no fitoplâncton total foi identificado para o grupo dos fitoflagelados ( $F=12,79$ ;  $p=0,0012$ ), os quais apresentaram densidades médias significativamente mais elevadas durante o período chuvoso (média=1.322.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>;  $p<0,001$ ). Os fitoflagelados apresentaram densidades que variaram entre 409.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (17:30 h, dezembro/2004) e 2.004.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (11:30 h, março/2005), sendo em dezembro/2004 registrado a menor densidade média (média=861.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>,  $p<0,001$ ) quando comparada às densidades médias dos meses de março/2005 (média=1.375.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>) e junho/2005 (média=1.268.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>).

As densidades médias das diatomáceas variaram entre os períodos ( $F=6,08$ ;  $p=0,0195$ ) e entre os meses de

estudo. Dentre os períodos sazonais estudados, observou-se densidades mais elevadas durante o período chuvoso (média=548.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>;  $p<0,001$ ). O mês de junho/2005 apresentou densidade média, significativamente, mais elevada (média=667.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>,  $p<0,001$ ) que os demais meses de estudos. As densidades deste grupo oscilaram entre 221.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (08:30 h, dezembro/2004) e 1.015.10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup> (08:30 h, junho/2005) (Fig. 5).

Diversidade e Equitabilidade das espécies - Durante os diferentes períodos estudados, a diversidade ( $H'$ ) variou de muito baixa a alta, oscilando entre 0,25 bits cel.<sup>-1</sup> (05:30 h, setembro/2004) e 3,34 bits cel.<sup>-1</sup> (17:30 h, junho/2005). No período chuvoso, os índices de diversidade foram significativamente mais elevados (média=2,8 bits cel.<sup>-1</sup>,  $p<0,001$ ) que aqueles obtidos no período seco (média=1,73 bits cel.<sup>-1</sup>). O mês de setembro/2004 apresentou a menor diversidade média (média=1,12 bits cel.<sup>-1</sup>,  $p<0,001$ ) em relação aos demais meses de estudo devido a dominância da espécie *Dimeregramma minor* (Fig. 6A).

Os valores de equitabilidade ( $J'$ ) variaram significativamente entre os períodos sazonais ( $F=28,30$ ;  $p=0,0001$ ), sendo mais elevados durante o período chuvoso (média=0,63;  $p<0,01$ ). O menor valor registrado foi de 0,11 (setembro/2004, 05:30 h) e o mais elevado foi de 0,70 (junho/2005, 17:30 h). O mês de setembro/2004 apresentou a menor equitabilidade média (média=0,28;  $p<0,01$ ) em relação aos demais meses. Por outro lado, o mês junho/2005 apresentou a maior equitabilidade média (média=0,66;  $p<0,001$ ) quando comparado com os meses do período seco (Fig. 6B).

Associação das Amostras - O dendrograma evidenciou a formação de dois grupos bem definidos (nível de similaridade de 70%) em relação ao período sazonal e aos meses de estudo. O grupo 1 foi composto pelas amostras do período seco, coletadas exclusivamente no mês de setembro/2004 ao longo de todo o ciclo diurno.

O grupo 2 associou todas as amostras do período chuvoso e as do mês de dezembro/2004, divididas em dois sub-grupos: o sub-grupo 2a e o sub-grupo 2b. O sub-grupo 2a agrupou as amostras do período seco, exclusivamente do mês de dezembro/2004, exceto a vazante das 11:30 h. O sub-grupo 2b associou as amostras do período chuvoso, meses de março e junho/2005 e a amostra das 11:30 do mês de dezembro/2004 (Fig. 7).

Coefficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) - As análises de correlação mostraram correlação negativa altamente significativa entre a salinidade e densidade ( $r=-0,611$ ;  $p=0,0000$ ), diversidade ( $r=-0,362$ ;  $p=0,0400$ ) e equitabilidade ( $r=-0,380$ ;  $p=0,0320$ ). Observou-se também, uma correlação positiva entre o oxigênio dissolvido, *Skeletonema* sp. ( $r=0,416$ ;  $p=0,0180$ ), diversidade ( $r=0,515$ ;  $p=0,0030$ ) e equitabilidade ( $r=0,525$ ;  $p=0,0020$ ) e uma correlação negativa deste parâmetro com a densidade de *Dimeregramma minor* ( $r=-0,688$ ;  $p=0,000$ ) e clorofila *a* ( $r=-0,411$ ;  $p=0,0190$ ).

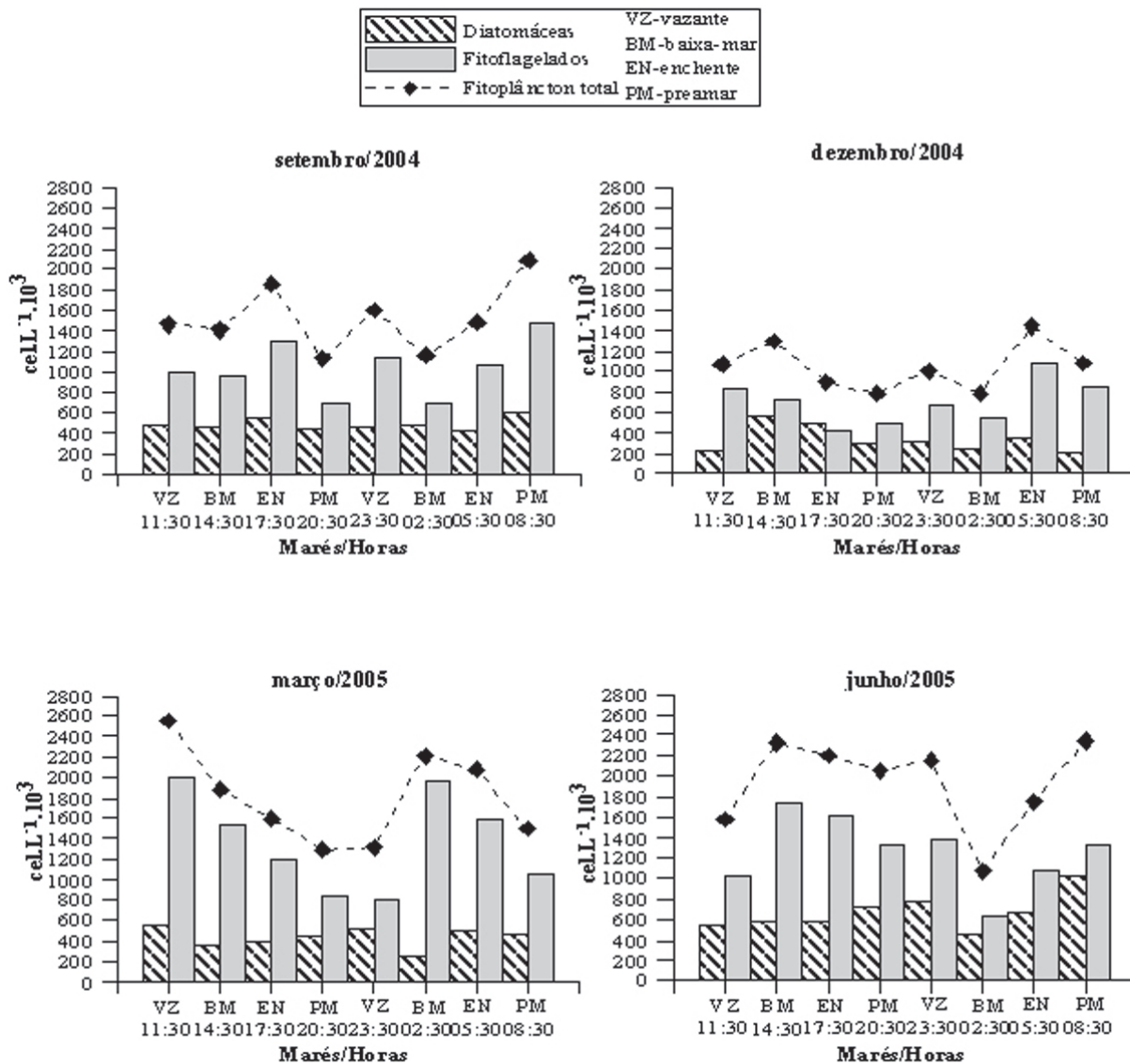


Figura 5. Densidade do fitoplâncton (cél L<sup>-1</sup> · 10<sup>3</sup>) da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil), durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005).

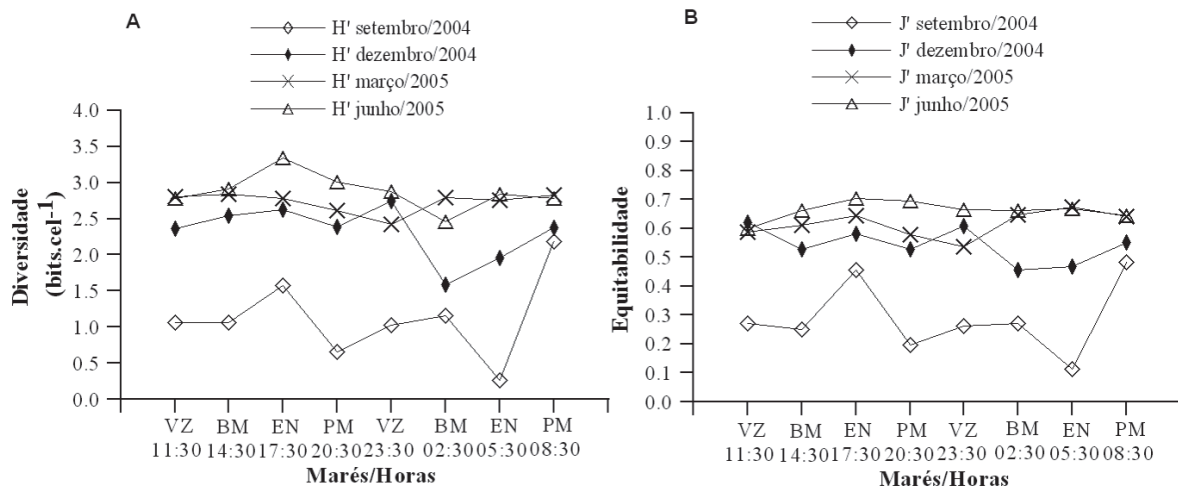


Figura 6. Diversidade específica (A) e equitabilidade (B) do fitoplâncton da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil), durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005): VZ-vazante; BM-baixa-mar; EN-enchente e PM-preamar.

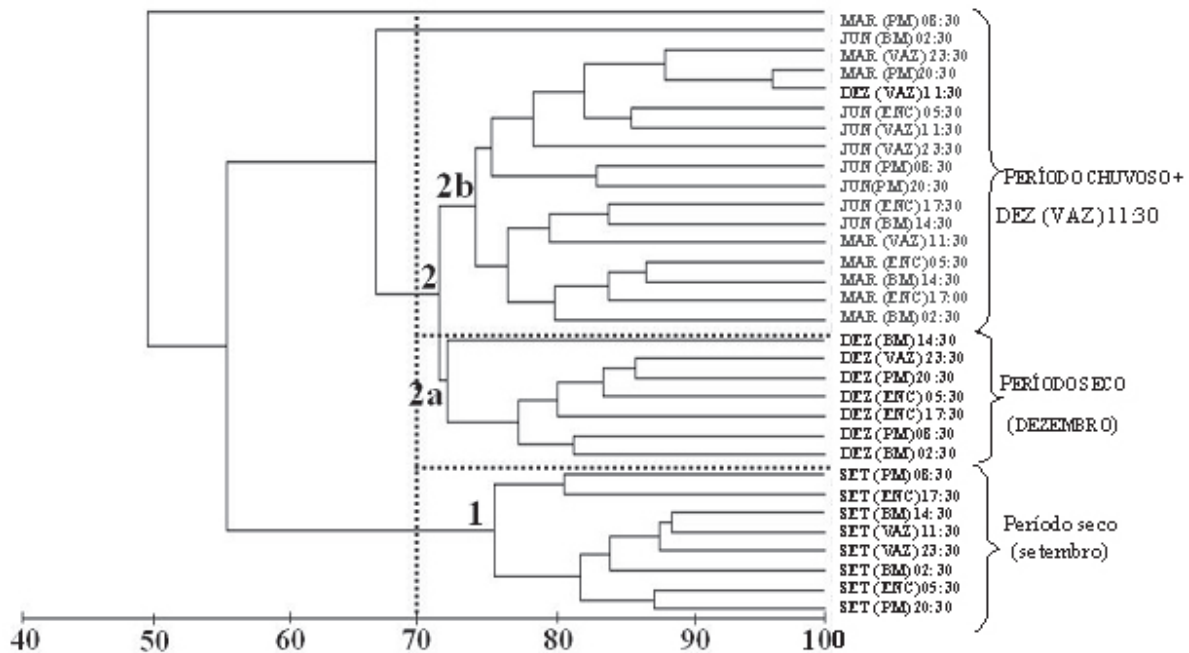


Figura 7. Dendrograma da associação das amostras da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil), durante os períodos seco (setembro e dezembro/2004) e chuvoso (março e junho/2005).

## Discussão

A Ilha Canela está localizada na região de influência do Oceano Atlântico e dos estuários do Taperaçu e Caeté, os quais, apesar da ausência de estudos específicos, certamente exercem uma influência nos processos hidrodinâmicos, físico-químicos e biológicos da ilha. Segundo Espírito Santo *et al.* (2005) o rio Caeté, com seus manguezais e ambientes estuarinos, mantém um ciclo de exportação de matéria orgânica em decomposição e nutrientes provenientes do mangue para o ambiente marinho, elementos que podem ser direta ou indiretamente incorporados na cadeia alimentar. Este fato caracteriza a região bragantina como muito produtiva. A vazão dos estuários do Taperaçu e Caeté é condicionada pelos períodos de maior ou menor precipitação pluviométrica, sendo mais intensa durante o período chuvoso.

Apesar dos índices pluviométricos determinarem um padrão típico de distribuição de chuvas da região amazônica com dois períodos sazonais definidos (chuvoso e seco), no presente estudo, não se observou uma variação sazonal significativa dos fatores físico-químicos (temperatura, pH, oxigênio dissolvido e percentual de saturação do oxigênio), exceto salinidade. Este fato está diretamente relacionado à sua situação geográfica (região equatorial) e ao ambiente de alta energia hidrodinâmica ao qual está submetida durante todo o ano (Sousa *et al.* 2008).

Foi possível observar uma variação diurna da temperatura na área estudada, sendo os maiores valores registrados durante as horas de maior intensidade luminosa. Este fator pode influenciar o metabolismo dos organismos fitoplanc- tônicos, aumentando as taxas fotossintéticas e, consequen-

temente, o crescimento e a reprodução destes organismos, como observado em algumas regiões temperadas (Philips *et al.* 2002). No entanto, sua influência sobre estas comunidades é mais discreta em águas tropicais (Eskinazi-Leça *et al.* 1984; Koenig & Macedo 1999). Por outro lado, águas marinhas da província nerítica tropical apresentam menores variações de temperatura que as observadas em regiões estuarinas, demonstrando, para estas zonas, a predominância de organismos fitoplanc- tônicos estenotérmicos e euritérmicos, respectivamente (Passavante & Feitosa 2004).

Na Ilha Canela, o potencial hidrogeniônico manteve-se alcalino durante o período de estudo, evidenciando a influência marinha sobre as águas da ilha. Para Flores Montes *et al.* (1998), a variação do pH é influenciada pelo ciclo de marés e pela taxa de fotossíntese e ou respiração, quando a primeira é a mais acentuada há um consumo de dióxido de carbono pelo fitoplâncton e os valores de pH acompanham o aumento de oxigênio liberado, porém no período de maior respiração ocorre o processo contrário. Logo, os dados de pH, além de confirmarem a forte influência marinha, a qual exerce um efeito tampão sobre as águas circunjacentes a ilha, sugerem também uma alta atividade fotossintética no local de estudo.

Os elevados valores de oxigênio dissolvido encontrados permitiram classificar as águas da Ilha Canela como saturadas (Macedo & Costa 1978), devido a forte hidrodinâmica local e ao efeito das ondas sobre as águas da zona de arrebentação (zona de alta energia), o que permite uma maior interação atmosfera oceano, favorecendo a oxigenação da coluna d'água como observado em outros ambientes



costeiros rasos, turbulentos e com forte influência marinha (Campelo *et al.* 1999).

No presente estudo, a salinidade foi o único fator que apresentou nítida variação sazonal com valores mais baixos durante o período de maior precipitação pluviométrica. Este padrão de variação tem sido evidenciado por muitos autores no Nordeste paraense (Magalhães *et al.* 2006). Segundo o Sistema de Veneza (1958), o ambiente em estudo pode ser caracterizado como eualino, no período seco, e eualino a polialino, durante o período chuvoso. Os maiores valores de salinidade encontrados durante o mês de dezembro foram decorrentes da baixa precipitação pluviométrica observada nos quatro meses anteriores ao mesmo (143,9 mm, ou seja, 5,5% do total pluviométrico anual) e, conseqüentemente, da baixa vazão dos estuários do Taperaçu e Caeté, bem como da predominância de fortes ventos nordeste que atuam na região bragantina, chegando a alcançar uma velocidade média de  $3,5 \text{ m s}^{-1}$  neste mês, o que provoca altas taxas de evaporação e, conseqüentemente, altos valores de salinidade.

Durante todo o período de estudo, as diatomáceas constituíram o grupo de maior riqueza taxonômica do microfitoplâncton na Ilha Canela, e têm sido descritas como representativas de águas costeiras (Garg & Bhaskar 2000; Gin *et al.* 2000; Huang *et al.* 2004) freqüentemente associadas a regiões de frentes oceânicas com elevado estresse causado por uma coluna d'água não estratificada, turbulenta e sob a influência de correntes costeiras com altas velocidades (Smayda 1980; 2002; Tilstone *et al.* 2000).

No entanto, a estrutura específica das diatomáceas esteve definida pela presença da espécie *Dimeregramma minor*, sendo a mais freqüente da Ilha Canela, com registros em todos os períodos sazonais e com maior abundância durante o período seco, por se tratar de uma espécie polialóbia. Esta espécie tem sido freqüentemente associada ao microfitobentos de ambientes costeiros arenosos rasos, onde contribui significativamente para produção primária, exibindo altas taxas de fotossíntese (Cook & Roy 2006; Hassan *et al.* 2006) e a estuários pouco profundos, com ocorrência ocasional no plâncton (Valente-Moreira *et al.* 1994; Fernandes *et al.* 1999).

Durante o período chuvoso, além de *Dimeregramma minor*, destacaram-se as espécies *Asterionellopsis glacialis*, *Campylosira cymbelliformis*, *Cylindrotheca closterium* e *Skeletonema* sp., que foram muito freqüentes e pouco abundantes na área de estudo, sendo bem representadas em regiões costeiras amazônicas (M. Souza; R. Paiva, dados não publicados). Estas espécies são bastante representativas no nordeste paraense (Santana, dados não publicados) com exceção de *D. minor* que foi citada pela primeira vez em estudo recentemente publicado (Sousa *et al.* 2008)

Entre as características destas espécies pode ser destacado o pequeno tamanho de suas células (aproximadamente  $20 \mu\text{m}$ ), as quais se encontram envolvidas por uma camada espessa de mucilagem, formando grandes agregados celulares. Hutchings *et al.* (1995) têm afirmado que as diatomáceas que formam cadeias ou colônias de tamanho entre 5 e 30

$\mu\text{m}$  podem ter uma maior habilidade para explorar ambientes de águas turbulentas já que mantêm uma alta eficiência em termos de captação de luz, incorporação de nutrientes e crescimento, dado que cada célula conserva sua individualidade favorecida por uma maior relação superfície/volume.

A biomassa fitoplanctônica, em termos de clorofila *a*, não apresentou variação sazonal significativa embora tenham sido identificadas altas concentrações durante o período chuvoso (média= $5,44 \text{ mg m}^{-3}$ ). Observou-se também picos de clorofila *a* nas marés enchente de todos os meses de coleta, e decréscimo nas baixa-mares dos meses de março e setembro. O mês de setembro apresentou concentrações de clorofila *a* significativamente mais elevadas, possivelmente, em função da acumulação de células do fitoplâncton e, principalmente, do fitobentos (*Dimeregramma minor*) na zona de arrebenção da praia provocado por intensos ventos de este durante este mês (velocidade média= $3,8 \text{ m s}^{-1}$ ). Esta acumulação de células na zona de arrebenção foi também observada por Odebrecht *et al.* (1995) e Rorig & Garcia (2003), os quais observaram o empilhamento de células fitoplanctônicas associadas às altas concentrações de clorofila *a* durante o período de ventos mais intensos na zona de surf da praia do Cassino (RG), sugerindo ser o vento o principal fator controlador da biomassa fitoplanctônica nesta área.

Embora, também tenham sido registrados ventos intensos durante o mês de dezembro (média= $3,5 \text{ m s}^{-1}$ ), este apresentou menor biomassa devido, possivelmente, aos altos valores de salinidade observados neste mês, o que poderia ter limitado o crescimento de algumas populações de microalgas. A relação inversa entre as concentrações de clorofila *a* e a salinidade é comum em ambientes costeiros com forte influência marinha, uma vez que estas águas apresentam menor concentração de nutrientes dissolvidos, os quais são necessários para o aumento de biomassa, como observado por Feitosa *et al.* (1999), no sistema estuarino do rio Goiana (PE) e por Campelo *et al.* (1999) na praia da Carne da Vaca (PE). De maneira geral, os valores de clorofila *a* estiveram dentro do padrão esperado para um ambiente praial de zona de surf e arrebenção, o qual apresenta biomassa oscilando entre  $0,13 \text{ mg m}^{-3}$  a  $18,94 \text{ mg m}^{-3}$  (Odebrecht *et al.* 1995; Campelo *et al.* 1999).

Na Ilha Canela, a densidade fitoplanctônica apresentou uma variação sazonal significativa com os maiores valores registrados durante o período chuvoso, demonstrando um padrão típico de ambientes costeiros com forte influência marinha, onde as condições ótimas para o florescimento do fitoplâncton são favorecidas, provavelmente, pelos nutrientes oriundos da lavagem do manguezal existente na ilha e nos estuários do Taperaçu e do Caeté. Resultados similares foram encontrados por Odebrecht *et al.* (2003), na praia do Cassino (RG) e Rezende & Brandini (1997), na praia de Pontal do Sul (PR).

Os fitoflagelados dominaram quantitativamente o fitoplâncton local, sendo observadas densidades mais elevadas durante o período chuvoso, no qual chegaram a compor

76% da comunidade fitoplanctônica local. Melo *et al.* (2006) em estudos realizados na zona de arrebentação da praia de Ajuruteua, situada na Planície Costeira Bragantina, constataram a dominância dos fitoflagelados, os quais compuseram 82% da comunidade. O domínio dos fitoflagelados tem sido referido em diferentes ambientes costeiros do Brasil, como observado por Rezende & Brandini (1997) na zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul (PR). Não obstante, o domínio destes organismos está comumente relacionado, ao contrário do que ocorreu no ambiente costeiro do presente estudo, a ambientes costeiros rasos de águas calmas e transparentes (Smayda 1980), podendo também dominar em ambientes estuarinos, frequentemente, durante o período seco como observado por Lacerda *et al.* (2004), no estuário do rio Botafogo, Itamaracá (PE); Brandini (1982), em Cananéia, SP; e Santana (dados não publicados) no estuário do rio Marapanim (PA).

Em estuários equatoriais e tropicais, os elevados valores de densidade apresentados pelas diatomáceas e fitoflagelados contribuem para redução dos índices locais de diversidade (Lacerda *et al.* 2004; Sousa *et al.* 2008), fato este observado também para Ilha Canela, a qual sofre influência de águas estuarinas, principalmente, durante o período chuvoso. Durante o presente estudo, a espécie *D. minor* condicionou claramente a estrutura da comunidade fitoplanctônica, através das mudanças provocadas nos índices de diversidade e equitabilidade, os quais variaram significativamente durante os períodos sazonais estudados. No período seco, *Dimeregramma minor* constituiu, de maneira geral, uma espécie dominante (> 70%), possivelmente em função das elevadas salinidades (média=35,3) e fortes ventos (média=3,7 m s<sup>-1</sup>) de este e nordeste que trazem água marinha na direção da ilha e limitam a influência estuarina na estação de coleta, diminuindo a diversidade e a equitabilidade local. No período chuvoso, ventos menos intensos (média=2,3 m s<sup>-1</sup>) de nordeste (março) e de sudeste e este, no mês de junho, além de menores salinidades (média=30,2) permitiram uma maior contribuição das águas estuarinas na estação de coleta, elevando a abundância de outras populações algais (*Skeletonema* sp., *Asterionellopsis glacialis*, *Campylosira cymbelliformis*, *Cylindrotheca closterium*, entre outras) e a complexidade evolutiva da comunidade fitoplanctônica, contribuindo para os altos índices locais de diversidade e equitabilidade observados. Diversos autores têm mencionado a importância dos processos climáticos (precipitação pluviométrica e intensidades dos ventos) na dinâmica de ambientes costeiros, os quais promovem, em menor ou maior intensidade, a homogeneização da coluna d'água e a co-dominância de diferentes grupos algais (Losada *et al.* 2000, Odebrecht *et al.* 2003).

A formação dos grupos de similaridade foi definida pelas condições climatológicas apresentadas nos meses de coleta, que por sua vez, influenciaram os fatores físico-químicos e biológicos (biomassa e densidade). O grupo formado pelas amostras do mês de setembro apresentou maiores

concentrações de clorofila *a*, menores teores de oxigênio e dominância da espécie *Dimeregramma minor*, promovendo baixas diversidade e equitabilidade. O sub-grupo do mês dezembro foi constituído por amostras que apresentaram menores concentrações de clorofila *a*, maiores salinidades, abundância de *D. minor* e *Skeletonema* sp., altas diversidade e equitabilidade, e as menores densidades, tendo este mês representado um período de transição em função do início das chuvas, o que levou ao agrupamento de uma de suas amostras junto as amostras do período chuvoso; o sub-grupo formado pelos meses de março e junho, constituíram amostras típicas do período chuvoso com valores de salinidade mais baixos, elevadas concentrações de clorofila *a*, altas diversidade, equitabilidade e densidade. As correlações ratificaram a influência dos fatores climáticos e físico-químicos sobre as densidades fitoplanctônicas, bem como, sobre algumas populações do microfitoplâncton.

Podemos concluir que, a Ilha Canela é um ambiente dinâmico, onde os processos de ressuspensão provocados pelos ventos, arrebentação das ondas e correntes litorâneas causam a homogeneização da coluna d'água e promovem o intercâmbio entre populações planctônicas e litorais ticoplanctônicas. No período seco, quando se observam os mais elevados valores de salinidade e a predominância de ventos de maiores intensidades, *Dimeregramma minor*, espécie ticoplanctônica polialóbia, constitui a espécie dominante, provocando a redução dos índices de diversidade e equitabilidade. No período chuvoso, os elevados valores de precipitação e o maior aporte de água doce oriunda dos estuários do Taperaçu e Caeté (e conseqüente redução da salinidade), bem como a redução da energia hidrodinâmica local (ventos de menores intensidades médias) permitem o desenvolvimento de outras espécies de diatomáceas, aumentando, desta forma, a diversidade da comunidade fitoplanctônica local.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado à primeira Autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de pesquisa concedidas aos autores Luci C. C. Pereira (# 304392/2005-7) e Rauquীরio Marinho da Costa (# 308953/2006-1).

## Referências bibliográficas

- Brandini, F.P. 1982. Variação nictemeral de alguns fatores ecológicos na região de Cananéia. **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 25: 313-327.
- Bray, R.J. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecology monographs** 27: 325-345.
- Campelo, M.J.A.; Passavante, J.Z.O. & Koenig, M.L. 1999. Biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) e parâmetros ambientais na praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 27 (2): 27-41.
- Conover, W.J. 1971. **Practical nonparametric statistics**. New York: John Wiley.
- Cook, P.M.L. & Roy, H. 2006. Advective relief of CO<sub>2</sub> limitation in microphytobenthos in highly productive sandy sediments. **Limnology and Oceanography** 51 (4):1594-1601.
- Desikachary, T.S. 1959. **Cyanophyta**. New Delhi, Indian Council of Agricultural Research.

- Dring, M.J. 1992. **The biology of marine plants**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Eskinazi-Leça, E.; Barros-França, L.M. & Macedo, S.J. 1984. Estudos ecológicos da área de Itamaracá (Pernambuco-Brasil) XXIV "standing-stock" do fitoplâncton do estuário do rio Botafogo, durante janeiro a dezembro/75. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 18: 153-191.
- Espírito Santo, R.V.do.; Isaac, V.J.; Silva, A.L.M.; Martinelli, J.M.; Higuchi, H. & Saint-Paul, U. 2005. **Peixes e camarões do litoral bragantino**. Pará-Brasil. Belém. MADAM.
- Feitosa, F.A.N.; Silva-Cunha, M.G.G.; Passavante, J.Z.O.; Neumann-Leitão, S. & Lins, I.C. 1999. Estrutura do microfíttoplâncton no sistema estuarino do rio Goiania, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 27 (2): 15-25.
- Fernandes, L.F.; Brandini, F.P.; Gutseit, K.S.; Fonseca, A.L. & Pelizzari, F.M. 1999. Benthic diatoms growing on glass slides in the Paranaguá Bay, Southern Brazil: taxonomic structure and seasonal variation. **Insula** 28: 53-100.
- Flores Montes, M.J.; Macêdo, S.J.; Koenig, M.L. & Correia, I.L. 1998. Variação nictemeral do fitoplâncton e elementos nutrientes do Canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE-Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 26: 13-26.
- Garg, A. & Bhaskar, P.V. 2000. Fluxes of diatoms in the Dona Paula Bay, west coast of India. **Journal of Plankton Research** 22 (11): 2125-2136.
- Gin, K.Y.H., Lin, X. & Zhang, S. 2000. Dynamics and size structure of phytoplankton in the coastal waters of Singapore. **Journal of Plankton Research** 22: 1465-1484.
- Hassan, G.S.; Espinosa, M.A. & Islã, F.I. 2006. Modern diatom assemblages in surface sediments from estuarine systems in the southeastern Buenos Aires Province, Argentina. **Journal of Paleolimnology** 35: 39-53.
- Huang, L.; Jian, W.; Song, X.; Huang, X.; Liu, S.; Qian, P.; Yin, K. & Wu, M. 2004. Species diversity and distribution for phytoplankton of the Pearl river estuary during rainy and dry seasons. **Marine Pollution Bulletin** 49: 88-596.
- Hutchings, L.; Pitcher, G.; Probyn, T. & Bailey, G. 1995. The chemical and biological consequences of coastal upwelling. Pp. 65-83. In: C.P. Summerhayes; K.C. Emers; M.V. Angel; R.L. Smith & B. Zeitzchel (eds.). **Upwelling in the ocean: Modern processes and ancient records**. Berlin, John Wiley and Sons.
- Koenig, M.L. & Macedo, S.J. 1999. Hydrology and phytoplankton community structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology** 42 (4): 381-390.
- Lacerda, S.R.; Koenig, M.L.; Neumann-Leitão, S. & Flores-Montes, M.J. 2004. Phytoplankton nictemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá-Pernambuco-Brazil). **Brazilian Journal Biology** 64 (1): 81-94.
- Lara, R.J. 2003. Amazonian mangroves-a multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: introduction. **Wetlands Ecology and Management** 11: 217- 221.
- Losada, A.P.M.; Feitosa, F.A.N. & Correia-Lins, I. 2000. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos Rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco** 28 (2): 117-138.
- Macedo, S.J. de & Costa, K.M.P. 1978. Estudos ecológicos da região de Imamaracá, Pernambuco, Brasil. considerações hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência e Cultura** 30 (7): 346-368.
- Magalhães, A.; Costa, R.M.; Liang, T.H.; Pereira, L.C.C. & Ribeiro, M.J.S. 2006. Spatial and temporal distribution in density and biomass of two *Pseudodiaptomus* species (Copepoda: Calanoida) in the Caeté river estuary (Amazon Region-North of Brazil). **Brazilian Journal Biology** 66 (2A): 421-430.
- Martorano, L.G.; Perreira, L.C.; César, E.G.M. & Pereira, I.C.B. 1993. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite Mather)**. Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS.
- Mateucci, S.D. & Colma, A. 1982. La Metodología para el estudio de la vegetación. **Collección de Monografías Científicas. Série Biología** 22 (1): 1-168.
- Melo, N.F.A.C.; Paiva, R.S. & Silva, M.M.T.da. 2006. Variação diurna da densidade planctônica na região intertidal da praia de Ajuruteua (Bragança-Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais** 1 (2): 153-180.
- Moraes, B.C.; Costa, J.M.N.; Costa, A.C.L. & Costa, M.H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. **Acta Amazonica** 35 (2): 207-214.
- Moreira Filho, H.; Valente-Moreira, I.M.; Souza-Mosimann, R.M. & Cunha, J.A. 1990. Avaliação florística e ecológica das diatomáceas (*Chrysophyta, Bacillariophyceae*) marinhas e estuarinas nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. **Estudos de Biologia** 25:5-48.
- Müller-Melchers, F.C. & Ferrando, H. 1956. Técnicas Para el Estudio de las Diatomeas. **Boletim Instituto Oceanográfico** 7 (1,2): 151-160.
- Nittrouer, C.A. & DeMaster, D.J. 1996. The Amazon shelf setting: tropical, energetic, and influenced by a large river, **Continental Shelf Research** 16: 553-574.
- Odebrecht, C.; Abreu, P.C.; Fugita, C.C. & Bergesch, M. 2003. The impact of mud deposition on the long Term variability of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round at Cassino Beach, Brazil. **Journal of Coastal Research** 35: 486-491.
- Odebrecht, C.; Segatto, A.Z. & Freitas, C.A. 1995. Surf-zone Chlorophyll *a* variability at Cassino Beach, Southern Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 41: 81-90.
- Parsons, T.R. & Strickland, J.D.H. 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments with revised equations of ascertaining chlorophyll *a* and carotenoids. **Journal of Marine Research** 21 (3): 155-163.
- Passavante, J.Z.O. & Feitosa, F.A.N. 2004. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. Pp: 425-439. In: E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão & M.F. Costa (eds.). **Oceanografia: um cenário tropical**. UFPE. Recife.
- Phillips, E.J.; Badylak, S. & Grosskopf, T. 2002. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian river lagoon, Florida, USA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 55: 385-402.
- Pielou, E.C. 1977. **Mathematical ecology**. New York, Wiley.
- Rezende, K.R.V. & Brandini, F.P. 1997. Variação sazonal do fitoplâncton na zona de arrebentação na Praia de Pontal do Sul (Pontal do Paraná, PR). **Nerítica** 11: 50- 78.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. New York, Cambridge University Press.
- Rörig, L.R. & Garcia, V.M.T. 2003. Accumulations of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (CASTRACANE) ROUND in Cassino Beach, SouthernBrazil, and its Relationship with Environmental Factors. **Journal of Coastal Research** 35: 167-177.
- Schoris, D. & Gorayeb, I. 2001. **A Biodiversidade e a comunidade de pescadores na Ilha Canela**. Belém: Pará. CD-Rom.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Tecnology Journal** 27: 379-423.
- Sistema de Veneza. 1958. Symposium on the classification of brackish waters. **Archives Limnology and Oceanography** 11: 1-248.
- Smayda, T.J. 1980. **Phytoplankton species succession**. Pp. 493-570. In: I. Morris (ed.). Berkeley, University of California Press.
- Smayda, T.J. 2002. Turbulence, watermass stratification and harmful algal blooms: an alternative view and frontal zones as "pelagic seed banks". **Harmful Algae** 1: 95-112.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F. J. 1969. **Biometry. The principles and practice of numerical classification in biological research**. San Francisco, W. H. Freeman.
- Sousa, E.B. de; Costa, V.B. da; Pereira, L.C.C. & Costa, R.M. da. 2008. Microfíttoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil). **Acta Botanica Brasilica**, 22(3): 626-636.
- Souza Filho P.W.M. & El-Robrini, M. 2000. Bragança coastal zone, northeastern Pará state. **Revista Brasileira de Geociências** 30 (3): 518-522.
- Souza Filho, P.W.M. & El-Robrini, M. 1996. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina - Nordeste do Pará (Brasil). **Geonomos** 4: 1-16.

- STATSOFT, I. N. C. 2001. STATISTICA (Data analysis software system), version 6. <http://www.statsoft.com>.
- Steindinger, K.A. & Tangen, K. 1997. Dinoflagellates. Pp 387-598. In: C.R. Tomas (ed.). **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. San Diego, Academic Press.
- Thronsen, J. 1978. Preservation and storage: Monographs on oceanographic methodology. Pp 69-74. In: A. Sournia (ed.). **Phytoplankton manual**. Norwich, Unesco.
- Tilstone, G.H.; Míguez, B.M.; Figueiras, F.G. & Fermin, E.G. 2000. Diatom dynamics in a coastal ecosystem affected by upwelling: coupling between species succession, circulation and biogeochemical processes. **Marine Ecology Progress Series** 205: 23-41.
- Tomas, C.R. 1997. **Identifying marine diatoms and dinoflagellates**. San Diego: Academic Press.
- Utermöhl H. 1958. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-Methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie** 9:1-38.
- Valente-Moreira, I.M.; Moreira Filho, H. & Cunha, J.A. 1994. Diatomáceas (*Chrysophyta*, *Bacillariophyceae*) em biótopo de manguezal do rio Perequê, em Pontal do Sul, Paranaguá, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Biológica Paranaense** 23 (1, 2, 3, 4): 55-72.
- Valiela, I. 1995. **Marine ecological processes**. New York, Springer-Verlag.