



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

---



**Fitoplâncton do estuário do rio dos Passos (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil).**

**EVELINE PINHEIRO DE AQUINO**

**Recife, PE**

**2012**

**EVELINE PINHEIRO DE AQUINO**

**Fitoplâncton do estuário do rio dos Passos (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (PPGO) da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Biológica.

**Orientador: Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante**

**Coorientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha**

Recife, PE

2012

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

A657f Aquino, Eveline Pinheiro de.  
Fitoplâncton do estuário do Rio dos Passos (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). / Eveline Pinheiro de Aquino. - Recife: O Autor, 2012.  
87 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante.  
Co-Orientadora: Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2012.  
Inclui Referências Bibliográficas, Anexos e Apêndice.

1. Oceanografia. 2. Diversidade algal. 3. Dinâmica estuarina. 4. Variação sazonal. 5. Variáveis ambientais. I. Passavante, José Zanon de

**Fitoplâncton do estuário do rio dos Passos (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil).**

EVELINE PINHEIRO DE AQUINO

Dissertação aprovada em: 28 de fevereiro de 2012

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante**

Universidade Federal de Pernambuco  
Orientador

---

**Profa. Dra. Maria Luise Koenig**

Universidade Federal de Pernambuco  
Membro Titular

---

**Prof. Dr. Marcos Honorato da Silva**

Universidade Federal de Pernambuco  
Membro Titular

---

**Profa. Dra. Sírléis Rodrigues Lacerda**

Universidade Regional do Cariri  
Membro Suplente

---

**Profa. Dra. Enide Eskinazi-Leça**

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Membro Suplente

*Ofereço*

*Ao meu noivo Thiago, por tê-lo como  
exemplo de pesquisador da nossa geração.*

*Dedico*

*À minha mãe, Alice, por sempre confiar e  
acreditar que sou capaz de alcançar meus  
objetivos.*

## **AGRADECIMENTOS**

### **Instituições:**

*À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES  
Ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco –  
DOCEAN*

### **Orientadores:**

*Ao Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante  
À Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha*

### **Agradecimentos especiais:**

*Ao meu orientador, Prof. Zanon, agradeço pelo apoio desde o início. O conhecimento sobre as belezas da Oceanografia foi melhor assimilado a partir de sua orientação. Mas, também pude alcançar fronteiras que vão além dos estudos científicos, pois aprendi outras belezas da vida com suas simples atitudes e formas de pensar: “Mudança se faz com educação, dedicação e amor”.*

*À minha co-orientadora, Profa. Glória, por me mostrar as particularidades das microalgas, em especial as diatomáceas. Não há como não aprender com o seu jeito suave de ensinar! Agradeço pela confiança, carinho, amizade e apoio nos momentos certos, que tem sido essencial.*

*Aos membros da banca, Prof. Marcos Honorato, Profa. Luise Koenig, Profa. Sírleis Lacerda e Profa. Enide Eskinazi-Leça. Em especial à Profa. Sírleis, minha mãe científica, que teve paciência desde o início da minha formação acadêmica e ainda a tem, pois para mim não deixou de ser orientadora.*

*A todos os professores do Departamento de Oceanografia, em especial à Profa. Luise Koenig, por abrir as portas desde o meu primeiro contato com o Docean, bem como pelo carinho até os dias atuais; e ao Prof. Fernando Feitosa, pelos momentos de companhia no laboratório, ensinamentos e conselhos.*

*À disponibilidade da Profa. Ariadne Moura, do Programa de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, bem como sua equipe de pesquisadores: Emanuel C. do Nascimento, Juliana S. Severiano e Micheline K. C. Araújo. Sou grata pela ajuda nas identificações das cianobactérias.*

*Aos colegas do Docean: Lucas, Marcos, Douglas, Lillyan, Jucicleide, Marina, Nani, Leo, Mari, Diego, Pedro e Valdylene. Em especial, à Lucas, pois sem a sua colaboração esse trabalho talvez tivesse outro foco.*

*À secretária Myrna, profissional que não deixa nenhum aluno e professor do Docean em falta, ajudando sempre com atenção e respeito. Aos demais funcionários, em*

*especial ao “seu Mano”, D. Edileuza e Zinaldo, pelas inúmeras ajudas e momentos de distração.*

*A toda a minha família pela paciência em escutar o blá blá blá das microalgas. Mas, acima de tudo, sou imensamente grata pela confiança de meu pai e minha mãe desde o início da minha vinda à Recife, bem como o apoio das minhas queridas irmãs e cunhados; ao meu sobrinho por ser a alegria de todos os dias e ao anjinho que está protegendo a família; por fim, aos tios e primos pelo apoio e compreensão. Sem o amor de todos esses não teria forças para estar esse tempo distante (geograficamente, mas sempre presente no coração).*

*Ao meu noivo, Thiago (a quem tenho um amor imenso), por ter feito o papel não só de companheiro, mas também de orientador, com conselhos, sugestões e leituras. Agradeço por me incentivar na pesquisa e nos estudos. Mas, muito mais que isso, obrigada por todos os dias ser amável, esposo dedicado, atencioso, fiel e paciente.*

*À querida amiga Ana Paula, apesar de não gostar de estudar as microalgas! Agradeço por ser mais uma irmã que tenho e por sempre nos transmitir alegria, com sua simplicidade.*

*Ao carinho das famílias D. Aldé, Sr. Honório, Ricardo, Beto, Fábio, Tatiana e Deyse, com os quais me sinto em casa e D. Luciane, Francisco e Levy.*

*À minha família de Recife, Marciana e Diego. É muito prazeroso ter a amizade destes e agradeço pela presença de todos os dias em nossas vidas (todos os dias mesmo!), pois chegaram para preencher o espaço que antes era de saudades de casa e dos amigos deixados no Ceará.*

*Aos amigos Lucas, Patrícia, Rosilda, Samuel, Renata, Escarião, Letícia, Sophia, Noélia e Simone. Sem a companhia desses a vida em Recife seria entediante.*

*Agradeço a todos aqueles que depositaram confiança nesse caminho percorrido.*

*Finalizo agradecendo à Deus, que protege a vida de todos. “Trago minhas vestes, minha coroa e ofereço a Ti, Senhor”.*

## RESUMO

Este trabalho objetivou investigar o fitoplâncton da área estuarina do rio dos Passos, Pernambuco, Brasil, no que se refere à sua biomassa, composição e variação espacial e sazonal, em resposta às características ambientais locais. As amostragens foram realizadas em frequência mensal, em quatro pontos do estuário, no período de agosto de 2009 a julho de 2010, durante as baixa-mares, em maré de sizígia. Foram obtidos os dados referentes à pluviosidade, profundidade local, temperatura, transparência e amostras da água com auxílio de garrafa de Kitahara para medidas de salinidade e clorofila *a*. As amostras fitoplanctônicas foram obtidas através de arrasto de rede horizontal (malha de 64µm) e em seguida fixadas em formol neutro a 4%, para posterior análise em microscópio óptico. Foram calculados os valores de abundância relativa, frequência de ocorrência, riqueza de espécies, diversidade específica e equitabilidade. Os dados foram tratados através de análise de variância e correlação canônica. Quanto à composição fitoplanctônica, foram identificados 129 táxons, representados pelas diatomáceas (73%), seguidas pelas cianobactérias (18%), clorofíceas (4%), dinoflagelados (4%) e euglenofíceas (1%), sendo que 32% apresentaram características ticoplanctônicas, seguidas pelas marinhas planctônicas oceânicas (28%) e neríticas (24%), dulciaquícolas (10,6%) e tipicamente estuarinas (5,3%). A distribuição das espécies foi uniforme, porém a diversidade foi baixa, em decorrência da dominância de poucas espécies: as diatomáceas *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann, *Chaetoceros subtilis* Cleve, *Bacillaria paxillifera* (O. F. Müller) Hendey e a cianobactéria *Johannesbaptistia* sp., as quais apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais. Estiveram relacionadas diretamente com a pluviosidade as espécies *C. subtilis* e *Johannesbaptistia* sp., e inversamente *C. closterium* e *B. paxillifera*. Esta última esteve em relação diretamente proporcional com a salinidade e transparência da água, enquanto que as demais estiveram em correlação inversa com estas variáveis, sendo esta condição semelhante para os valores de biomassa algal. Salinidade e transparência da água são as variáveis possivelmente condicionantes da biomassa e espécies fitoplanctônicas, necessitando de estudos futuros para ser analisada a clorofila *a* em função de outras variáveis físicas, químicas e biológicas, não abordadas neste estudo.

**Palavras-chave:** diversidade algal, dinâmica estuarina, variação sazonal, variáveis ambientais.

## **ABSTRACT**

The aim of the present study was to investigate the phytoplankton of Passos River Estuary, Pernambuco state, Brazil, according to concentration, composition and spatial and seasonal variation as a result to environmental characteristics. The samples were collected monthly in four points along the estuary, from August 2009 to July 2010. Were obtained *in situ* data of the depth, temperature, water transparency and water samples with the use of Kitahara bottle for measurements of salinity and chlorophyll *a*. The phytoplankton samples were obtained by plankton net (64µm) and then fixed with neutralized formaldehyde 4% for later analysis in an optical microscope. Were calculated abundance, frequency, species richness, species diversity and evenness. The data were analyzed using analysis variance and canonical correlation. 129 taxa were identified, represented by diatoms (73%), followed by cyanobacteria (18%), chlorophytes (4%), dinoflagellates (4%) and euglenofíceas (1%), been 32% with tichoplanktonic characteristics, followed by marine planktonic oceanic (28%) and neritic (24%), freshwater (10.6%) and estuarine (5.3%). The distribution of species was uniform, but the diversity was low due to the dominance of a few species: diatoms *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann, *Chaetoceros subtilis* Cleve, *Bacillaria paxillifera* (O. F. Müller) Hendey and cyanobacteria *Johannesbaptistia* sp., which all of this show a significant relationship with environmental variables. Were in directly correlation to rainfall the species *C. subtilis* and *Johannesbaptistia* sp. and inverse *C. closterium* and *B. paxillifera*. This specie (*B. paxillifera*) was in direct relationship with salinity and water transparency, while the others were in inverse correlation with these variables, this condition being equal for algal biomass and species. Salinity and water transparency are the possibly variables affecting the algal biomass, requiring further studies to be analyzed chlorophyll *a* according other physical, chemical and biological variables not covered in this study.

**Keywords:** algal biodiversity, estuarine dynamics, seasonal variation, salinity, environmental variables.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRO MANUSCRITO

Página

- Figura 1** –Área estuarina do rio dos Passos, no estado do Pernambuco, Brasil, onde estão localizados os pontos de coleta P1, P2, P3 e P4 (Fonte: Google Earth, 2010)..... 35
- Figura 2** –Pluviosidade (mm), indicando a normal climatológica de chuvas, correspondente aos últimos 30 anos (1980-2010) e a média mensal, referente ao período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010) (Fonte: ITEP, 2010)..... 37
- Figura 3** – Variação espacial e sazonal das médias das características hidrológicas do estuário do rio dos Passos: (A) Profundidade local – m; (B) Transparência da água - m; (C) Temperatura da água superficial e (D) profunda - °C; (E) Salinidade superficial e (F) profunda; (G) Clorofila *a* – mg.m<sup>-3</sup> ..... 40

### SEGUNDO MANUSCRITO

Página

- Figura 1.** Localização da área estuarina do rio dos Passos, no estado do Pernambuco, Brasil, onde estão inseridos os pontos de coleta P1, P2, P3 e P4 (Fonte: Google Earth 2010)..... 53
- Figura 2.** Pluviosidade (mm), indicando a normal climatológica de chuvas, correspondente aos últimos 30 anos (1980-2010) e a média mensal, referente ao período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010) (Fonte: ITEP 2010)..... 56
- Figuras 3-4.** Variação espacial e sazonal dos valores médios de (3) salinidade superficial e (4) transparência da água (m) do estuário do rio dos Passos..... 56
- Figura 5.**Figura 5. Abundância relativa (%) das espécies dominantes, ao longo do estuário do rio dos Passos (P1, P2, P3 e P4) e durante o ano em coletas (agosto/2009 a julho/2010)..... 59
- Figura 6.** Índices de diversidade específica (bits.cel<sup>-1</sup>) e equitabilidade da comunidade fitoplantônica ao longo do estuário do rio dos Passos (P1, P2, P3 e P4) durante o período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010)..... 60
- Figura 7.**Ordenação da ACC entre as espécies e as variáveis ambientais significativas no estuário do rio dos Passos, Brasil. Legendas: Sal = salinidade; Transp = transparência da água; Pluvio = pluviosidade; Amph = *Amphorasp.*; Aslp = *Actinoptychus splendens*; Bpax = *Bacillaria paxillifera*; Ccent = 61

*Coscinodiscus centralis*; Cclost = *Cylindrotheca closterium*; Cmuel = *Chaetoceros muelleri*; Csub = *Chaetoceros subtilis*; Gbalt = *Gyrosigma balticum*; Hetero = *Heterocapsa* sp.; Johane = *Johannesbaptistia* sp.; Lyng2 = *Lyngbya* sp2; Nloren = *Nitzschia lorenziana*; Omob = *Odontella mobiliensis*; Penn1 = Pennales(identificada somente à nível de Ordem);Pseud1 = *Pseudoanabaena* sp1.; Syned = *Synedra* sp.; Tnitz = *Thalassionema nitzschioides*. As unidades amostrais são identificadas pelo número do ponto de coleta correspondente (1 = P1; 2 = P2; 3 = P3; 4 = P4), iniciais do mês e o número do ano (9 = 2009; 10 = 2010), com agrupamento dos pontos mais próximos a jusante (J) e a montante (M).....

## LISTA DE TABELAS

### PRIMEIRO MANUSCRITO

Página

<b>Tabela 1</b> - Variação dos fatores ambientais no estuário do rio dos Passos, correspondentes aos valores mínimos, máximos e médios, nos diferentes períodos climáticos (chuvoso e estiagem).....	38
<b>Tabela 2</b> – Variação dos dados e coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas, das duas primeiras componentes da ACP, no estuário do rio dos Passos, Brasil.....	39
<b>Tabela 3</b> - Variação (mínimo-máximo) dos fatores profundidade, temperatura da água, salinidade, transparência e biomassa fitoplanctônica para os estuários do litoral sul do Estado de Pernambuco, Brasil.....	42

### SEGUNDO MANUSCRITO

Página

<b>Tabela 1.</b> Táxons fitoplanctônicos presentes no estuário do rio dos Passos, PE.....	58
<b>Tabela 2.</b> Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as espécies fitoplanctônicas e as variáveis ambientais dos dois primeiros eixos da ACC, no estuário do rio dos Passos, Brasil.....	62

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	16
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	22
<b>4 PRIMEIRO MANUSCRITO (Fitoplâncton em um estuário tropical do Brasil: biomassa e fatores ambientais)</b>	32
Resumo	32
Abstract	33
4.1 Introdução	33
4.2 Área de estudo	34
4.3 Material e Métodos	35
4.4 Resultados	36
4.5 Discussão	41
4.6 Conclusões	44
4.7 Agradecimentos	44
4.8 Referências Bibliográficas	45
<b>5 SEGUNDO MANUSCRITO (Biodiversidade e ecologia do fitoplâncton em um estuário tropical brasileiro)</b>	50
Resumo	50
5.1 Introdução	51
5.2 Material e Métodos	52
5.3 Resultados	55
5.4 Discussão	62
5.5 Agradecimentos	66
5.6 Referências	66
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	72
<b>7 ANEXOS</b>	73
7.1 Normas de submissão da revista Tropical Oceanography	74
7.2 Normas de submissão da revista Phycologia	79
<b>8 APÊNDICE</b>	86

## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas importantes, por serem áreas dinâmicas e de elevada produtividade (ODUM, 2004). Servem como abrigo e local de alimentação, reprodução e crescimento, tanto para espécies da porção limnética quanto do meio marinho, onde está presente neste tipo de ambiente uma elevada densidade de organismos e assim, os estuários desempenham papel fundamental na manutenção da vida costeira (MIRANDA et al., 2002).

A definição do termo é bastante variável, uma vez que engloba os mais diversos tipos de sistemas costeiros, sendo a grande problemática a delimitação de sua respectiva área (CARDOSO-DA-SILVA, 2000). De modo geral, pode ser entendido como um ecossistema de transição entre o oceano e o continente, caracterizado pela diluição da água marinha pela água doce, em um limite até onde a maré influencia (MIRANDA et al., op. cit.; KNOPPERS et al., 2009).

É possível observar a exploração dessas áreas pelo homem, tendo como consequência a construção de centros urbanos. Assim, considera-se que a maioria das grandes cidades se desenvolveu em torno dos mesmos e atualmente esse recurso hídrico vem sofrendo intensos impactos ambientais resultantes de atividades antrópicas (MIRANDA et al., op. cit.; GARRISON, 2010). Tal consequência já pode ser observada em parte da plataforma continental, devido à contribuição dos rios que aí deságuam (PASSAVANTE; FEITOSA, 2004).

As ações antrópicas são responsáveis por modificar largamente os ecossistemas marinhos, afetando a qualidade ambiental, bem como limitando a produtividade do ecossistema e causando mudanças no desenvolvimento, sobrevivência e dispersão dos organismos marinhos. Dentre estes organismos, o fitoplâncton é capaz de responder rapidamente às alterações do meio, uma vez que acumulam grande parte dos poluentes, que podem ser transferidos para outros níveis tróficos (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004).

O conhecimento da composição, biomassa e distribuição do fitoplâncton contribui para a abrangência das mudanças do ambiente em escalas temporais e espaciais, bem como o entendimento da biologia das espécies de interesse ecológico e econômico, sendo ainda considerados essenciais em estudos preditivos que objetivam minimizar e evitar problemas de degradação dos ecossistemas aquáticos (CLOERN; JASSBY, 2008).

Pesquisas com abordagem para os organismos fitoplanctônicos são comumente correlacionadas com a taxa respiratória de comunidades biológicas (BUTRÓN et al., 2009), a produção primária (GAULKE et al., 2010), a sobrevivência de larvas de peixes (PLATT et al., 2003), entre outros, para melhor caracterizar um determinado ecossistema aquático, bem como para um melhor diagnóstico de seu estado de conservação e observação das comunidades aquáticas.

Sob ação de fatores bióticos e abióticos, o fitoplâncton pode apresentar variações em sua composição, biomassa e produtividade (CLOERN; JASSBY, 2008). Em outras palavras, a organização das comunidades biológicas está sujeita à oscilação das variáveis ambientais, responsáveis por promover uma heterogeneidade espacial e temporal, resultando em uma ampla biodiversidade.

Por exemplo, o fluxo de água doce pode deslocar algumas espécies ou promover o crescimento de outras, devido ao acréscimo considerável de nutrientes (CLOERN, 2001). Outras condições ambientais variam em consequência de eventos naturais, como tempestades (PEIERLS et al., 2003), *grazing* (QUILAN et al., 2009), ou podem ser também modificados por atividades humanas (DUARTE et al., 2009), pela transformação de habitats (BARBOSA et al., 2009), atividades de pesca (CASINI et al., 2008) ou introdução de espécies no ambiente (KIDEYS et al., 2008), que causam modificações no regime ecológico, através dos níveis tróficos.

Dessa forma, o entendimento da variabilidade da comunidade fitoplanctônica é uma ferramenta chave para a compreensão dos fatores biogeoquímicos, do metabolismo do ecossistema e compreensão da produção primária como suporte alimentar de peixes (CLOERN; JASSBY, 2010).

Ao longo do estuário do rio dos Passos, inserido no complexo estuarino do rio Formoso, pode ser observada uma forte influência marinha, devido a sua grande abertura com o mar. O referido local pode ser considerado em bom estado de conservação e é destaque por sua importância ecológica, pesqueira, turística e econômica, bem como pelo grau de conservação de sua área de mangue (CPRH, 1999).

Juntamente com o rio dos Passos, os rios Formoso e Arinquindá compõem o complexo estuarino do rio Formoso. Estes dois últimos são do tipo bem misturado verticalmente (homogêneos), com águas de oligoalinas a eualinas e de elevadas capacidades de renovação, bem como classificados como ambientes mesotrófico a eutrófico e moderadamente produtivos (HONORATO-DA-SILVA et al., 2004; GREGO et al., 2009).

Algumas atividades antrópicas são observadas no local e podem resultar em uma futura degradação ambiental e alteração da qualidade desses rios, como reflexo de algumas formas de desequilíbrio causadas pela industrialização e pelo crescimento desordenado da população. Como exemplos podem ser citados a pesca inadequada, o corte de mangue para expansão do policultivo (cana-de-açúcar e viveiros), o desmatamento, o qual acarreta em desproteção das nascentes, exposição dos solos à erosão e conseqüentemente, o assoreamento dos rios e reservatórios da área, entre outras (CPRH, 1999). Para a prática de cultivo, uma das principais fazendas de viveiros de camarão importante para a economia da região utiliza água captada do rio dos Passos, a qual é drenada diretamente para o mesmo estuário (SANTOS, 2003).

Portanto, estes são os principais impactos antrópicos que podem contribuir para o comprometimento da função ecológica e social do ecossistema estuarino em questão, como um todo.

Considerando o atual estado de conservação da grande maioria dos estuários urbanos brasileiros e atestando sua importância para a população humana e conservação da fauna e flora local, mais especificamente suas funções ecológicas e econômicas, o presente estudo testa a hipótese de que o fitoplâncton da área estuarina do rio dos Passos apresenta diferenças qualitativas e quantitativas, referentes à sua distribuição, biomassa, composição e biodiversidade, decorrentes da ação dinâmica dos fatores ambientais locais e assim, espera-se que ocorram diferenças espaciais e temporais no fitoplâncton.

Desse modo, este trabalho tem como **objetivo geral** caracterizar o ecossistema estuarino do rio dos Passos (APA de Guadalupe, Pernambuco), através da biomassa, ecologia e composição do fitoplâncton e sua relação com as variáveis abióticas; e tem como **objetivos específicos**:

- identificar a comunidade fitoplanctônica em níveis específicos e infraespecíficos;
- determinar a variação sazonal e espacial do fitoplâncton, no que se refere à sua biomassa e composição;
- caracterizar o fitoplâncton quanto às características ecológicas de distribuição, abundância relativa, frequência de ocorrência, diversidade específica e equitabilidade;
- correlacionar a biomassa e composição da comunidade fitoplanctônica com algumas variáveis ambientais (pluviosidade, profundidade local, temperatura da água, salinidade e transparência).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os trabalhos desenvolvidos em áreas estuarinas objetivam compreender melhor o funcionamento deste complexo ecossistema, incluindo sua dinâmica e ecologia para prevenir e minimizar os impactos ambientais, uma vez que alguns estuários já desapareceram ou estão sendo fortemente alterados (SILVA-CUNHA, 2001).

Dentre os diversos organismos utilizados nos padrões de condições ecológicas e como bioindicadores da qualidade das águas, está o fitoplâncton, que exerce relevante função nos ecossistemas aquáticos por corresponder a um dos principais produtores primários da teia trófica (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004; CLOERN; DUFFORD, 2005; PAERL et al., 2006).

O fitoplâncton, também chamado de microalgas, constitui um grupo de organismos fotoautotróficos, com clorofila *a* e outros pigmentos acessórios, vivendo em formas unicelulares ou coloniais e flutuando preferencialmente na superfície das águas. Uma vez que são fotossintetizantes, desempenham papel muito significativo na teia trófica, por serem considerados os principais responsáveis pela produtividade primária no ambiente aquático e pela liberação de grandes quantidades de oxigênio para a atmosfera (ESKINAZI-LEÇA et al., op. cit.; LOURENÇO; MARQUES-JÚNIOR, 2009). São importantes também como fonte direta de alimento, fato este confirmado pela análise do conteúdo estomacal de peixes (principalmente Mugilidae), onde podem ser encontradas algumas espécies de diatomáceas (RUEDA, 2002).

Assim sendo, as características biológicas de qualquer área de um ecossistema aquático dependerão fortemente da presença e sobrevivência do fitoplâncton (GARRISON, 2010).

A comunidade fitoplanctônica é formada por um conjunto muito heterogêneo de organismos, incluindo seres procariontes (cianobactérias e proclorofíceas) e eucariontes (clorofíceas, diatomáceas, entre outras). Dentre estes, estão os grupos Cyanobacteria (cianobactérias), Chlorophyta (clorofíceas ou algas verdes), Ochrophyta (diatomáceas), Dynophyta (dinoflagelados) e Euglenophyta (euglenofíceas) (GUIRY; GUIRY, 2011).

No que diz respeito à composição dos grupos e espécies, os estuários são ambientes comumente representados, em sua maior parte, pelas diatomáceas (LEÃO et al., 2008; HONORATO-DA-SILVA et al., 2009; GALLEGOS et al., 2010; QIU et al.,

2010), seguida pelas cianobactérias e clorofíceas (BARBOSA et al., 2009; ROCHELLE-NEWAL et al., 2011), estando os dinoflagelados bem representados (CETINIC et al., 2006; PERÉZ et al., 2009; TEW et al., 2010) ou não (BROGUEIRA et al., 2007; BARBOSA et al., op. cit.), dependendo dos fatores geográficos e dinâmica de determinados estuários.

Portanto, as diatomáceas são os principais componentes da flora ficológica estuarina, fato este justificado pela disponibilidade de nutrientes e por suas características de eurialinidade, o que as torna capazes de suportar as variações de salinidade, comum em estuários (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004).

Em se tratandode estuários brasileiros, podem ser consideradas espécies de diatomáceas de ocorrência mais comum: *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg, no estado do Pernambuco (FEITOSA et al., 1999; LACERDA et al., 2004; ROSEVEL-DASILVA et al., 2005; HONORATO-DA-SILVA et al., 2009), estando presente também como abundante no estado do Maranhão (FERREIRA-CORREIA et al., 2004); *Skeletonema costatum*(Greville) Cleve e *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Van Heurck, ambas predominantes nos estados de São Paulo (VILLAC et al., 2008), Pernambuco (LEÃO et al., 2008; MATTA; FLYNN 2008), Pará (MONTEIRO et al., 2009) e Rio Grande do Sul (ODEBRECHT et al., 2005).

Os dinoflagelados ocorrem nestes ambientes em menor número de espécies. Sua presença está intimamente relacionada ao regime de marés, responsáveis por transportar as espécies das áreas oceânicas (SILVA-CUNHA, 2001; FUJITA; ODEBRECHT, 2007). No litoral brasileiro este grupo encontra-se melhor representado nas regiões oceânicas e na plataforma continental (KOENING; LIRA, 2005), em comparação às áreas estuarinas (ODEBRECHT et al., op. cit.), pelas espécies *Dinophysis acuminata* Claparède & Lach., *Ceratium contortum* var. *karstenii* (P.) Sournia, *Ceratium teres* Kofoid, *Ceratium tripos*(O.F.Müller) Nitzsch, *Prorocentrum gracile*Schütt e *Prorocentrum micans*Ehrenberg.

A grande maioria das espécies de cianobactérias é de origem de ambientes dulciaquícolas (FUJITA; ODEBRECHT, 2007), transportadas, portanto, até as áreas costeiras pelas correntes de marés e fluxo dos rios. Seus representantes aparecem em baixa diversidade nas áreas costeiras e marinhas do estado de Pernambuco (ESKINAZI-LEÇA et al., op. cit.) e sua presença incomum em estuários, no geral, pode ser explicada, dentre outros fatores, pela salinidade (MOISANDER et al., 2002) e maior suscetibilidade à predação de algumas espécies (CHAN et al., 2006).

Dentre as cianobactérias, está a espécie *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg, a qual é reconhecidamente marinha e de ampla distribuição geográfica no mundo (BLINDAUER, 2008) e no Brasil (CHELLAPA et al., 2005; SIQUEIRA et al., 2006; CARVALHO et al., 2008; PROENÇA et al., 2009) ocorrendo em abundância em todo o litoral do estado do Pernambuco (KOENING; MACEDO, 1999; BRANCO et al. 2003; ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). Possuem a capacidade de formar densas populações, que graças à sua pigmentação celular, ocasiona uma coloração avermelhada à água do mar, causando o fenômeno da “maré vermelha”. Este fato tem sido regularmente observado ao longo do litoral do estado de Pernambuco, podendo ser nocivo ou não aos seres humanos, bem como ao meio ambiente (ESKINAZI-LEÇA et al., op. cit.).

Outras espécies de cianobactérias podem ser relatadas para ambientes costeiros, como por exemplo, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing (MATHIESEN et al., 1999), *Microcoleus chthonoplastes* (Mertens) Zanardini (BRANCO et al., op. cit.), *Nodularia* sp. (CHELLAPA et al., op. cit.) e *Merismopedia mediterranea* Nägeli (CRISPINO; SANT’ANNA, 2006).

Segundo Reviers (2006), nos estuários, durante a maré baixa, pode-se observar uma película verde composta de euglenofíceas, as quais retornam ao sedimento imediatamente antes de serem imersas pela maré montante. Estas microalgas estão presentes, em especial, em meios ricos em matéria orgânica. Juntamente com as clorofíceas, são algas pouco representadas no fitoplâncton marinho e estuarino de Pernambuco (SILVA-CUNHA, 2001).

Os fatores geográficos, climáticos, físicos, químicos e biológicos são responsáveis por provocar alterações na dinâmica e composição da comunidade fitoplanctônica (CLOERN; JASSBY, 2010). As pesquisas nesse campo, em nível nacional e mundial, têm revelado particularidades consideravelmente expressivas sobre a biodiversidade desses organismos, nos mais diversos tópicos.

Dentre os diversos fatores, naturais ou antrópicos, estão a pluviosidade (HONORATO-DA-SILVA et al., 2009), a salinidade (DAMME et al., 2005; MATTA; FLYNN, 2008; MUYLAERT et al., 2009), a temperatura (THOMPSON et al., 2008; VILLATE et al., 2008), o regime de marés (DOMINGUES et al., 2010; TEW et al., 2010), o tempo de residência da água (PAERL et al., 2006), a concentração de nutrientes (BRANCO et al., 2006; HONORATO-DA-SILVA et al., op. cit.), a adição destes por atividades antrópicas (CETINIC et al., 2006), o fenômeno da eutrofização

(PAERL et al., 2003), o *grazing* (QUILAN et al., 2009), as mudanças climáticas (VILLATE et al., 2008; PHILIPS et al., 2010), dentre outros.

Ou seja, as consequências de variabilidade abiótica e biótica de curto prazo, se refletem na composição de espécies e de biomassa das microalgas na mesoescala (semanas, meses) e de longo prazo (anos, séculos, eras geológicas) (ODEBRECHT et al., 2010).

As características gerais da qualidade das águas estuarinas sofrem influências do ciclo de marés (ADESALU et al., 2010; TEW et al., 2010). Assim sendo, o fitoplâncton pode ou não apresentar diferenciação em sua abundância e biomassa sob ação das marés (DOMINGUES et al., 2010). Em geral, níveis de elevada biomassa é frequentemente associado à baixa-mar, devido à advecção de massas de águas ricas em fitoplâncton (TRIGUEIROS; ORIVE, 2000; ROSEVEL-DA-SILVA et al., 2005). Desse modo, pesquisas com enfoque em biomassa e composição algal podem ocorrer tanto durante os dois períodos de marés (baixa-mar e preamar) (DAMME et al., 2005; DOMINGUES et al., 2008; COSTA et al., 2009; BISWAS et al., 2010; VERITY; BORKMAN, 2010; entre outros), ou somente nas baixas-mares (BROGUEIRA et al., 2007; MELO-MAGALHÃES et al., 2009; ALKAWRI; RAMAIAH, 2010) ou então durante as preamares (SIN et al., 2000; GAMEIRO et al., 2007; QUILAN; PHILIPS, 2007; JASSBY, 2008).

A pluviosidade é considerada um forte parâmetro condicionante da estrutura da comunidade fitoplanctônica, podendo refletir na manutenção da qualidade da água, bem como no aumento da densidade e riqueza taxonômica de ambientes tropicais (LEÃO et al., 2008; HONORATO-DA-SILVA et al., 2009).

Assim, Passavante e Feitosa (2004) relataram que, dependendo do regime de precipitação e sua correlação com o grau de influência terrígena e, conseqüentemente, a magnitude da transparência da água, para as áreas costeiras do nordeste do Brasil existem dois padrões de comportamento anual do fitoplâncton. Ou seja, em ambientes de pouca influência terrígena, o crescimento desses organismos fotossintetizantes é em função do aporte de nutrientes, essenciais à sua sobrevivência, durante o período de maiores chuvas, desde que não haja uma drástica redução da transparência da água. Em contrapartida, quando em áreas de influência maior, seu desenvolvimento é inibido no período de chuvas, uma vez que há a diminuição da transparência da água.

Esse crescimento é refletido no aumento dos valores de biomassa fitoplanctônica durante o período chuvoso (LEÃO et al., op. cit.; ABREU et al., 2010; HONORATO-

DA-SILVA et al., 2009), quando a descarga fluvial desloca as células para a região costeira (ODEBRECHT et al., 2010). Entretanto, o período de estiagem pode também estar associado a um maior desenvolvimento destes organismos, justificado pela profundidade da camada fótica e turbidez da água (AZEVEDO et al., 2008).

A disponibilidade de luz na coluna d'água controla o crescimento das microalgas, uma vez que delimita a zona eufótica e influencia o metabolismo fotossintético destas. Assim sendo, uma vez que a intensidade de luz diminui exponencialmente de acordo com a profundidade, as zonas superficiais de elevada luminosidade demonstram uma maior eficiência na utilização de luz e, portanto, é onde se desenvolvem grandes quantidades de células do fitoplâncton, associadas aos elevados níveis de biomassa algal.

Nos trópicos, luz e temperatura podem não limitar a produção primária, na grande maioria dos ecossistemas costeiros (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). Partindo desse pressuposto, em áreas costeiras, especialmente em regiões de elevadas latitudes, a luz pode ser considerada um fator limitante (DOMINGUES et al., 2005), principalmente quando fortemente afetadas por atividades antrópicas (BARBOSA et al., 2009).

A distribuição dos grupos fitoplanctônicos está intimamente relacionada com a salinidade, sendo muitas vezes considerada como barreira ecológica para as espécies conhecidas como estenoalinas (ROCHELLE-NEWALL et al., 2011). Os níveis de salinidade são comumente mais baixos em águas estuarinas do que em áreas costeiras ou oceânicas, pois o fluxo de água doce dos rios, em conjunto com o regime de marés e com a pluviosidade provoca oscilações no gradiente de salinidade, permanecendo mais baixa em sua porção superior ou mais interna e seus valores mais elevados na porção inferior ou foz (ALKAWRI; RAMAIAH, 2010; QIU et al., 2010).

Outro parâmetro que regula a distribuição e reprodução dos organismos planctônicos é a temperatura (BARBOSA et al., op. cit.), através dos seus efeitos sobre o movimento e estratificação das águas ou estabilidade térmica.

Estudos de sucessão anual do fitoplâncton nos diferentes períodos sazonais em regiões temperadas evidenciam a dominância das diatomáceas na primavera, seguido pelas clorofíceas na metade dessa estação e o florescimento de cianobactérias durante o verão (BARBOSA et al., op. cit.). Os primeiros grupos (algas verdes e diatomáceas) dominam o fitoplâncton durante períodos de elevado fluxo dos rios e baixo tempo de residência das águas (PAERL et al., 2006). O destaque das clorofíceas sobre as

diatomáceas pode ser atribuído a sua excelente capacidade de competição por nutrientes, como compostos de nitrogênio, fósforo e silicato, enquanto que seu decréscimo seria provavelmente devido ao estresse pela limitação destes durante o verão (BARBOSA et al., 2009).

Na região sul do Brasil, foi possível observar, nas últimas décadas, o desaparecimento da clorofíceia *Botryococcus* sp. (TORGAN et al., 2001), fenômeno que pode estar associado à esgotos domésticos e resíduos agrícolas (MEDEANIC; DILLENBURG, 2005) e podendo ainda provocar um rápido crescimento populacional de cianobactérias (XU; JAFFÉ, 2009), as quais se destacam devido à sua capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico, por ser tolerante a elevadas concentrações de fósforo e regular sua posição vertical na coluna d'água, em função da disponibilidade de luz. Neste contexto, a dominância de cianobactérias ocorreu no estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, onde a presença de várias espécies causou valores muito elevados de clorofila *a* (ODEBRECHT et al., 2005). Este mesmo fenômeno de dominância de cianobactérias também pode ser observado em outras regiões do mundo, como consequência das mudanças climáticas globais (PAERL; HUISMAN, 2009).

Com o aumento relativo do nível do mar, dentro do contexto das mudanças climáticas observadas atualmente, a influência marinha tende a alcançar zonas mais internas do estuário, que pode arrastar espécies de águas costeiras adjacentes. Fato este observado em período de estiagem prolongado, durante o evento *La Niña* de 1988, por Odebrecht et al. (op. cit.) no estuário da Lagoa dos Patos, sul do Brasil, onde tornaram-se mais frequentes inúmeros dinoflagelados, o silicoflagelado *Dictyocha fibula* Ehrenberg, bem como as diatomáceas *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve, *Skeletonema pseudocostatum* L.K. Medlin, *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round, *Coscinodiscus wailesii* Gran & Angst, *Rhizosolenia* spp. e *Thalassiosira* spp.

Dentro desse contexto, devido à notória importância da função do fitoplâncton nos ecossistemas aquáticos, estudos florísticos e ecológicos, como o presente trabalho, são necessários, com o intuito de ampliar o conhecimento quali-quantitativo desses organismos em ambientes estuarinos e assim, poderão servir como subsídio para trabalhos futuros, no que se refere à biomassa, composição, biogeografia e dinâmica do fitoplâncton, que contribuam com o manejo e conservação dos estuários.

Diante disto e da importância ecológica e econômica do rio dos Passos para a população local, o presente estudo é considerado de relevância para o estado, bem como para o nordeste brasileiro, contribuindo com as pesquisas neste tipo de ecossistema.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, P. C.; BERGESCH, M.; PROENÇA, L. A.; GARCIA, C. A. E.; ODEBRECHT, C. Short- and long-term chlorophyll *a* variability in the shallow microtidal Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 554–569, 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9181-9
- ADESALU, T.; BAGBE, M.; KEYEDE, D. Hydrochemistry and phytoplankton composition of two tidal creeks in South-Western Nigeria. **Revista de Biología Tropical**, v. 58, n. 3, p. 827-840. 2010.
- ALKAWRI, A. A. S.; RAMAIAH, N. Spatio-temporal variability of dinoflagellate assemblages in different salinity regimes in the west coast of India. **Harmful Algae**, v. 9, p. 153–162. 2010. DOI:10.1016/j.hal.2009.08.012
- AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877. 2008.
- BARBOSA, A. B.; DOMINGUES, R. B.; GALVÃO, H. M. Environmental Forcing of Phytoplankton in a Mediterranean Estuary (Guadiana Estuary, South-western Iberia): A Decadal Study of Anthropogenic and Climatic Influences. **Estuaries and Coasts**. 2009. DOI 10.1007/s12237-009-9200-x
- BISWAS, H.; DEY, M.; GANGULY, D.; DE, T. K.; GHOSH, S.; JANA, T. K. Comparative Analysis of Phytoplankton Composition and Abundance over a Two-Decade Period at the Land–Ocean Boundary of a Tropical Mangrove Ecosystem. **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 384–394. 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9193-5
- BLINDAUER, C. A. Zinc-Handling in Cyanobacteria: An Update. **Chemistry and Biodiversity**, v. 5, p. 1990-2013, 2008.
- BRANCO, L. H. Z.; MOURA, A. N.; SILVA, A. C.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Biodiversidade e considerações biogeográficas das cyanobacteria de uma área de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 17, n. 4, p. 585-596. 2003
- BRANCO, E. S.; FEITOSA, F. A. N.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; NEUMANN-LEITÃO, S.; VITORIO, U. S. R. Variação sazonal das algas planctônicas

correlacionadas com parâmetros ambientais no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – PE – Brasil). **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, v. 14, n. 2, p. 17-23, 2006

BROGUEIRA, M. J.; OLIVEIRA, M.; R.; CABEÇADAS, G. Phytoplankton community structure defined by key environmental variables in Tagus estuary, Portugal. **Marine Environmental Research**, v. 64, p. 616–628. 2007.

DOI:10.1016/j.marenvres.2007.06.007

BUTRÓN, A.; IRIARTE, A.; MADARIAGA, I. Size-fractionated phytoplankton biomass, primary production and respiration in the Nervión–Ibaizabal estuary: A comparison with other nearshore coastal and estuarine ecosystems from the Bay of Biscay. **Continental Shelf Research**, v. 29, p. 1088–1102. 2009.

DOI:10.1016/j.csr.2008.11.013

CARDOSO-DA-SILVA, M. C. Estuários – critérios para uma classificação ambiental. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 25-35. 2000.

CARVALHO, M.; GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. *Trichodesmium erythraeum* bloom on the continental shelf off Santos, Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, n. 4, p. 307-311, 2008.

CASINI, M.; LÖVGREN, J.; HJELM, J.; CARDINALE, M.; MOLINERO, J. C.; KORNILOVS, G. Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 275, p. 1793–1801. 2008.

doi:10.1098/rspb.2007.1752

CETINIC, I.; VILICIC, D.; BURIC, A.; OLUJIC, G. Phytoplankton seasonality in a highly stratified karstic estuary (Krka, Adriatic Sea). **Hydrobiologia**, v. 555, p. 31–40. 2006. DOI 10.1007/s10750-005-1103-7

CHAN, F.; MARINO, R. L.; HOWARTH, R. H.; PACE, M. Ecological constraints on planktonic nitrogen fixation in saline estuaries, II. Grazing controls on cyanobacterial population dynamics. **Marine Ecology Progress Series**, v. 309, p. 41-53. 2006.

CHELLAPPA, N. T.; LIMA, A. K. A.; CHELLAPPA, T. Occurrence and dominance of an invasive toxin producing marine cyanobacteria into mangrove environment of the

Potengi river estuary, in Natal, Rio Grande do Norte state, Brazil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 38, p. 19-27. 2005.

CLOERN, J. E. Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. **Marine Ecology Progress Series**, v. 210, p. 223–253. 2001

CLOERN, J. E.; DUFFORD, R. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. **Marine Ecology Progress Series**, v. 285, p. 11–28. 2005

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Complex seasonal patterns of primary producers at the land–sea interface. **Ecology Letters**, v. 11, p. 1294–1303. 2008. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01244.x

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Patterns and Scales of Phytoplankton Variability in Estuarine–Coastal Ecosystems. **Estuaries and Coasts**, v.33, p. 230–241. 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9195-3

COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE (CPRH). Diagnóstico sócio-ambiental e ZEEC do litoral sul de Pernambuco. Recife: CPRH. 91p. 1999.

COSTA, L. S.; HUSZAR, V. L. M.; OVALLE, A. R. Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 508–521. 2009. DOI 10.1007/s12237-009-9142-3

CRISPINO, L. M. B.; SANT.ANNA, C. L. Cianobactérias marinhas bentônicas de ilhas costeiras do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 639-656. 2006.

DAMME, V. D.; STRUYF, E.; MARIS, T.; YSEBAERT, T.; DEHAIRS, F.; TACKX, M.; HEIP, C.; MEIRE, P. Spatial and temporal patterns of water quality along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary (Belgium and The Netherlands): results of an integrated monitoring approach. **Hydrobiologia**, v. 540, p. 29–45. 2005. DOI 10.1007/s10750-004-7102-2

DOMINGUES, R. B.; BARBOSA, A.; GALVÃO, H. Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 1389–1395. 2008. DOI:10.1016/j.marpolbul.2008.05.006

- DOMINGUES, R. B.; ANSELMO, T. P.; BARBOSA, A. B.; SOMMER, U.; GALVÃO, H. M. Tidal Variability of Phytoplankton and Environmental Drivers in the Freshwater Reaches of the Guadiana Estuary (SW Iberia). **International Review of Hydrobiology**, v. 95, n. 4–5, p. 352–369. 2010
- DUARTE, C. M.; CONLEY, D. J.; CARSTENSEN, J.; SÁNCHEZ-CAMACHO, M. Return to Neverland: Shifting Baselines Affect Eutrophication Restoration Targets. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 29–36. 2009. DOI 10.1007/s12237-008-9111-2
- ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. & SILVA-CUNHA, M.G.G. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: E. ESKINAZI-LEÇA; S. NEWMANN-LEITÃO & M.F. COSTA (org.). **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Edições Bagaço, 2004. p. 353-373.
- FEITOSA, F. A. N.; SILVA –CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; NEUMANN-LEITÃO, S.; LINS, I. C. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos**, v. 27, n. 2, p. 15-25. 1999.
- FERREIRA-CORREIA, M. M.; ALMEIDA, I. C. S.; DOURADO, E. C. S. Microalgas da baía de Turiaçu, APA das reentrâncias maranhenses – uma abordagem qualitativa. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 17, p. 1-8. 2004
- FUJITA, C. C.; ODEBRECHT, C. Short term variability of chlorophyll *a* and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). **Atlântica**, v. 29, n. 2, p. 93-106. 2007
- GALLEGOS, C. L.; JORDAN, T. E.; HEDRICK, S. S. Long-term Dynamics of Phytoplankton in the Rhode River, Maryland (USA). **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 471–484. 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9172-x
- GAMEIRO, C.; CARTAXANA, P.; BROTAS, V. Environmental drivers of phytoplankton distribution and composition in Tagus Estuary, Portugal. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 75, p. 21-34. 2007. DOI:10.1016/j.ecss.2007.05.014
- GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. 4<sup>a</sup>ed. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

- GAULKE, A. K.; WETZ, M. S.; PEARL, H. W. Picophytoplankton: A major contributor to planktonic biomass and primary production in a eutrophic, river-dominated estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, p. 1-10. 2010.  
doi:10.1016/j.ecss.2010.08.006
- GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FILHO, G. A. N. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. 2011. **AlgaeBase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org>.
- HONORATO-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; PASSAVANTE, J. Z. O.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 355-368. 2009.
- JASSBY, A. Phytoplankton in the Upper San Francisco Estuary: Recent Biomass Trends, Their Causes and Their Trophic Significance. **San Francisco Estuary and Watershed Science**, v. 6, n. 1, p. 1-24. 2008.
- KIDEYS, A. E.; ROOHI, A.; EKER-DEVELI, E.; MÉLIN, F.; BEARE, D. Increased Chlorophyll Levels in the Southern Caspian Sea Following an Invasion of Jellyfish. **Research Letters in Ecology**, 2008. DOI:10.1155/2008/185642
- KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; EKAU, V.; FIGUEIREDO, A. G.; SOARES-GOMES, A. A Interface Terra-Mar. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (edts). **Biologia Marinha**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência. 2009. 529-550p.
- KOENING, M. L.; MACEDO, S. J. Hydrology and Phytoplankton Community Structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, n. 4, p. 381-392. 1999.
- KOENING, M. L.; LIRA, C. G. O gênero *Ceratium* Schrank (Dinophyta) na plataforma continental e águas oceânicas do Estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 391-397. 2005

- LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; FLORES-MONTES, M. J. Phytoplanktonnyctemeralvariationat a tropical riverestuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 81-94. 2004.
- LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. O. P.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; Santiago, M. F. Ecologia do microfítoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22, n. 3, p. 711-722. 2008.
- LOURENÇO, S. O.; MARQUES-JÚNIOR, A. N. Produção Primária Marinha. *In*: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (edts). **Biologia Marinha**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência. 2009. 111-153p.
- MATTA, M. E. M.; FLYNN, M. N. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no gradiente de salinidade do estuário de Cananéia – SP. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 59-69. 2008.
- MEDEANIC, S.; DILLENBURG, S. R. Palynology and 210Pb datings: first integrated approach to estimating anthropogenic impact on the environment of the Tramandaí Lagoon and adjacent areas during the last century. **Journal of Coastal Research**, v. 42, p. 271-276. 2005.
- MELO-MAGALHÃES, E. M.; MEDEIROS, P. R. P.; LIRA, M. C. A.; KOENING, M. L.; MOURA, A. N. Determination of eutrophic areas in Mundaú/Manguaba lagoons, Alagoas-Brazil, through studies of the phytoplanktonic community. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 2, p. 271-280. 2009.
- MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: EDUSP, 2002. 414p.
- MOISANDER, P. H.; McCLINTON, E.; PAERL, H. W. Salinity effects on growth, photosynthetic parameters and nitrogenase activity in estuarine planktonic cyanobacteria. **Microbial Ecology**, v. 43, p. 432-442. 2002.
- MONTEIRO, M. D. R.; MELO, N. F. A. C.; ALVES, M. A. M. S.; PAIVA, R. S. Composição e distribuição do microfítoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, v. 4, n. 3, p. 341-351. 2009.

MUYLAERT, K.; SABBE, K.; VYVERMAN, W. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/ The Netherlands). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 82, p. 335–340. 2009. DOI:10.1016/j.ecss.2009.01.024

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 7ª edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 2004.

ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C.; MÖLLER, O. O.; NIENCHESKI, L. F.; PROENÇA, L. A.; TORGAN, L. C. Drought effects on pelagic properties in the shallow and turbid Patos Lagoon, Brazil. **Estuaries**. v. 28, n. 5, p. 675-685. 2005

ODEBRECHT, C.; BERGESCH, M.; MEDEANIC, S.; ABREU, P. C. A comunidade de microalgas. *In.*: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. (Edts). **O estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações**. Rio Grande: FURG, 2010. 180p.

PAERL, H. W.; HUISMAN, J. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. **Environmental Microbiology Reports**, v. 1, n. 1, p. 27–37. 2009.

PAERL, H. W.; VALDES, L. M.; PEIERLS, B. L.; ADOLF, J. E.; HARDING-JR, L. W. Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 1, p. 448–462. 2006.

PAERL, H. W.; DYBLE, J.; MOISANDER, P. H.; NOBLE, R. T.; PIEHLER, M. F.; PINCKNEY, J. L.; STEPPE, T. F.; TWOMEY, L.; VALDES, L. M. Microbial indicators of aquatic ecosystem change: current applications to eutrophication studies. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 46, p. 233-246. 2003

PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: E. Eskinazi-Leça; S. Newmann-Leitão & M. F. Costa (org.). **Oceanografia: um cenário tropical**. Recife: Edições Bagaço. 2004. p. 425-440.

PEIERLS, B. L.; CHRISTIAN, R. R.; PEARL, H. W. Water quality and phytoplankton as indicators of Hurricane impacts on a large estuarine ecosystem. **Estuaries**, v. 26, n. 5, p. 1329–1343. 2003.

PEREZ, M. C.; MAIDANA, N. I.; COMAS, A. Phytoplankton composition of the Ebro River estuary, Spain. **Acta Botanica Croatia.**, v. 68, n. 1, p, 11–27. 2009

PHLIPS, E. J.; BADYLAK, S.; CHRISTMAN, M. C.; LASI, M. A. Climatic Trends and Temporal Patterns of Phytoplankton Composition, Abundance, and Succession in the Indian River Lagoon, Florida, USA. **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 498–512. 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9166-8

PLATT, T.; FUENTES-YACO, C.; FRANK, K. T. Spring algal bloom and larval fish survival. **Nature**, v. 423, p. 398-399. 2003.

PROENÇA L. A. O.; TAMANAHA M. S.; FONSECA R.S. Screening the toxicity and toxin content of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) in Northeast Brazil. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 15, n. 2, p. 204-215. 2009.

QIU, D.; HUANG, L.; ZHANG, J.; LIN, S. Phytoplankton dynamics in and near the highly eutrophic Pearl River Estuary, South China Sea. **Continental Shelf Research**, v. 30, p. 177–186. 2010. DOI:10.1016/j.csr.2009.10.015

QUILAN, E. L.; PHLIPS, E. J. Phytoplankton assemblages across the marine to low-salinity transition zone in a blackwater dominated estuary. **Journal of Plankton Research**, v. 29, n. 5, p. 401–416. 2007. DOI:10.1093/plankt/fbm024

QUILAN, E. L.; JETT, C. H.; PHLIPS, E. J. Microzooplankton grazing and the control of phytoplankton biomass in the Suwannee River estuary, USA. **Hydrobiologia**, v.632, p. 127–137. 2009. DOI 10.1007/s10750-009-9833-6

REVIERS, B. **Biologia e filogenia das algas**. Porto Alegre: Artmed. 2006. 280p.

ROCHELLE-NEWALL, E. J.; CHU, V. T.; PRINGAULT, O.; AMOUROUX, D.; ARFI, R.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; BOUVIER, C.; GOT, P.; NGUYEN, T. M. H.; MARI, X.; P. NAVARRO3, DUONG, T. N.; CAO, T. T. T.; PHAM, T. T.; OUILLO, S.; TORRÉTON, J. P. Phytoplankton diversity and productivity in a highly turbid, tropical coastal system (Bach Dang Estuary, Vietnam). **Biogeosciences Discuss.**, v. 8, p. 487–525. 2011

ROSEVEL-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Estrutura da comunidade fitoplânctônica na baía de Tamandaré (Pernambuco, Nordeste do Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 2, p. 163–181. 2005

RUEDA, P. S. Stomach content analysis of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) with emphasis on diatoms in the Tamiahua lagoon, México. **Revista de Biología Tropical**, v. 50, n. 1, p. 245-252. 2002.

SANTOS, E. C. L. **Dinâmica temporal da qualidade da água em viveiros de camarão marinho durante um ciclo de cultivo**. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2003.

SILVA-CUNHA, M. G. G. **Estrutura e dinâmica da flora planctônica no canal de Santa Cruz – Itamaracá – Pernambuco – Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2001.

SIN, Y.; WETZEL, R. L.; ANDERSON, I. C. Seasonal variations of size-fractionated phytoplankton along the salinity gradient in the York river estuary, Virginia (USA). **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 10, p. 1945-1960. 2000.

SIQUEIRA, A.; KOLM, H. E.; BRANDINI, F. P. Offshore Distribution Patterns of the Cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg and Associated Phyto and Bacterioplankton in the Southern Atlantic Coast (Paraná, Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 2, p. 323-337. 2006.

TEW, K. S.; MENG, P. J.; LEE, H. J.; YE, Y. X.; KUO, J.; FANG, L. S.; CHOU, W. R. Dynamics of phytoplankton and picoplankton over a tidal cycle in a subtropical lagoon. **Chinese Science Bulletin**, v. 55, p. 2522–2528. 2010. DOI: 10.1007/s11434-010-4107-2

THOMPSON, P. A.; BONHAM, P. I.; SWADLING, K. M. Phytoplankton blooms in the Huon Estuary, Tasmania: top-down or bottom-up control?. **Journal of Plankton Research**, v. 30, n. 7, p. 735–753. 2008. DOI:10.1093/plankt/fbn044

TRIGUEROS, J. M.; ORIVE, E. Tidally driven distribution of phytoplankton blooms in a shallow, macrotidal estuary. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 5, p. 969–986. 2000.

TORGAN, L. C.; BARREDA, K. A.; FORTES, D. F. Catálogo das algas Chlorophyta de águas continentais e marinhas do Rio Grande do Sul. **Iheringia, Série Botânica**, v. 56, p. 147-182. 2001

VERITY, P. G.; BORKMAN, D. G. A Decade of Change in the Skidaway River Estuary. III. Plankton. **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 513–540. 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9208-2

VILLAC, M. C.; CABRAL-NORONHA, V. A. P.; PINTO, T. O. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 151-173. 2008

VILLATE, F.; ARAVENA, G.; IRIARTE, A.; URIARTE, I. Axial variability in the relationship of chlorophyll a with climatic factors and the North Atlantic Oscillation in a Basque coast estuary, Bay of Biscay (1997–2006). **Journal of Plankton Research**. 2008. DOI:10.1093/plankt/fbn056

XU, X.; JAFFÉ, R. Geochemical record of anthropogenic impacts on Lake Valencia, Venezuela. **Applied Geochemistry**, v. 24, n. 3, p. 411-418. 2009.

## PRIMEIRO MANUSCRITO

Encaminhado para publicação na revista

**Tropical Oceanography**

### **BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA E FATORES AMBIENTAIS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL DO BRASIL.**

Eveline Pinheiro de **AQUINO**<sup>1</sup>

Lucas Guedes Pereira **FIGUEIRÊDO**<sup>1</sup>

Diego Lira dos **ANJOS**<sup>1</sup>

José Zanon de Oliveira **PASSAVANTE**<sup>1,2</sup>

Maria da Glória Gonçalves da **SILVA-CUNHA**<sup>1,2</sup>

1. Universidade Federal de Pernambuco/Programa de Pós-Graduação em Oceanografia/Laboratório de Fitoplâncton
2. Departamento de Oceanografia/Universidade Federal de Pernambuco

### **RESUMO**

Os estudos acerca das características que regulam a biomassa fitoplanctônica objetivam a compreensão das mudanças do ambiente em escalas temporal e espacial, sendo este o foco principal do trabalho. As coletas foram realizadas em frequência mensal, em quatro pontos ao longo do estuário do rio dos Passos, litoral sul de Pernambuco, Brasil, no período de agosto/2009 a julho/2010. Foram obtidos os dados referentes à pluviosidade, profundidade, transparência, temperatura e amostras da água com auxílio de garrafa de Kitahara para medidas de salinidade e clorofila *a*. Os dados foram tratados através de análise de variância e componentes principais. O ambiente apresenta homogeneidade vertical térmica e salina, bem como pouca profundidade local. A salinidade e transparência da água estão em relação inversa à clorofila *a*, sendo estes os fatores possivelmente condicionantes da biomassa algal, necessitando de estudos futuros para ser analisada essa variável em função de outros fatores físicos, químicos e biológicos, não abordados neste estudo.

**Palavras chave:** biomassa algal, fitoplâncton e dinâmica estuarina.

## ABSTRACT

The studies about the features that regulate phytoplankton biomass aim to understand the environmental changes in temporal and spatial scales, which is the main focus of this work. Samples were collected monthly at four points along the Passos River Estuary, Pernambuco, Brazil, from August/2009 to July/2010. Were obtained data of rainfall, depth, transparency, temperature and water samples using Kitahara bottle for measure salinity and chlorophyll *a*. The data were analyzed using analysis variance and principal component analysis. The environment is homogeneous vertical thermal and saline and is shallow. The salinity and water transparency are in inverse relation to chlorophyll *a*, which are the factors possibly affecting the algal biomass, requiring further studies to analyze this variable with another physical, chemical and biological not covered in this study.

**Key words:** algal biomass, phytoplankton and estuary.

## INTRODUÇÃO

Estuários podem ser considerados ecossistemas de transição e por isso apresentam mudanças relevantes na composição, biomassa e produtividade das comunidades biológicas, sobretudo as fitoplanctônicas (MUYLAERT et al., 2009), as quais sofrem consequências da oscilação das características ambientais (CLOERN; JASSBY, 2008).

Dessa forma, o entendimento dos fatores que regulam o fitoplâncton e sua produção primária tem sido o foco principal de vários estudos em ecossistemas estuarinos das regiões temperadas (ALMEIDA et al., 2002; BOYER et al., 2009; ROCHELLE-NEWALL et al., 2011) e tropicais (SANTIAGO et al., 2005; AZEVEDO et al., 2008; SANTOS et al., 2009), de forma a contribuir para a abrangência das mudanças do ambiente em escalas temporal e espacial, sendo ainda essenciais em estudos preditivos que objetivam a manutenção da qualidade dos ecossistemas aquáticos (CLOERN; JASSBY, op. cit.).

Estudos acerca dos organismos fitoplanctônicos em estuários apontam elevadas concentrações de clorofila *a* em diferentes períodos climáticos ao longo do ano (SIN et al., 2000; BRANCO et al., 2002; VAN DER MOLEN; PRESSINOTTO 2011), sendo portanto a oscilação na precipitação de chuvas o fator que causa maiores efeitos na biomassa algal (PASSAVANTE; FEITOSA, 2004).

Outras características ambientais, em função não só da sazonalidade, mas também da espacialidade horizontal, aparecem como importantes variáveis que

afetam a distribuição e concentração da clorofila *a*, como a turbidez e a transparência da água (SHEN et al., 2011), a salinidade (DAMME et al., 2005; MATTA; FLYNN, 2008; KASAI et al., 2010), a temperatura (THOMPSON et al., 2008), dentre outros.

Por se tratar de um ambiente fortemente influenciado pela entrada de águas marinhas e com uma área de manguezal em bom estado de conservação (CPRH, 1999), o estuário do rio dos Passos, localizado no litoral sul do Estado de Pernambuco, Brasil, foi o local de desenvolvimento desta pesquisa.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo identificar a variação da biomassa algal em função das características espacialidade horizontal, pluviosidade, profundidade local, transparência, temperatura e salinidade da água. Espera-se que as variáveis hidrológicas, principalmente transparência e salinidade, sejam afetadas pela dinâmica temporal e conseqüentemente causem efeitos na distribuição e concentração da biomassa fitoplanctônica.

### **ÁREA DE ESTUDO**

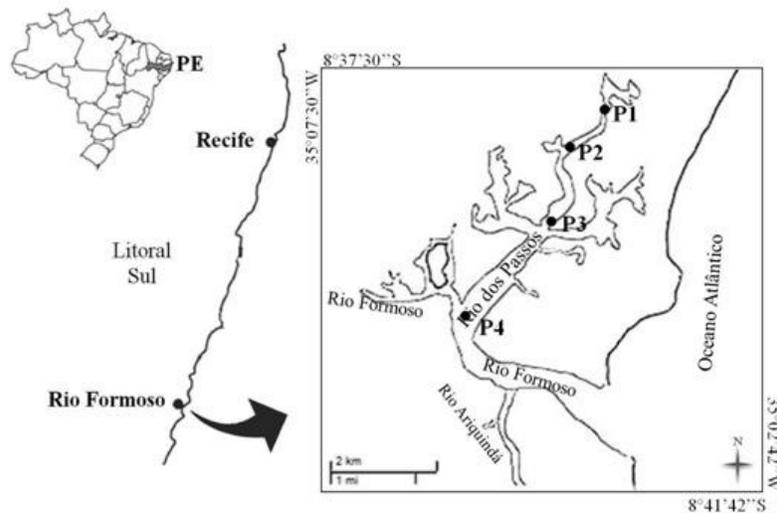
O rio dos Passos, inserido na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, está localizado no litoral sul do Estado de Pernambuco, no município de Rio Formoso e distante aproximadamente 92 km da capital, Recife. O mesmo compõe o complexo estuarino do rio Formoso, juntamente com este rio e o Ariquindá, os quais sofrem forte influência marinha (mesomarés), estando o rio dos Passos localizado na zona estuarina média (8°37'53,67"S e 35° 5'3,81"W; 8°40'50,50"S e 35°6'46,44"W), no limite até a sua bifurcação com o rio Formoso (Fig. 1). Este complexo estuarino é ainda formado pelos rios Lemenho e Porto das Pedras, os quais são afluentes do rio dos Passos (CPRH, op. cit.).

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe foi criada pelo Decreto nº19.635 de 13 de março de 1997, que teve o intuito de preservar os ecossistemas localizados no entorno dos rios, principalmente manguezais, remanescentes de mata Atlântica, mata de restinga e cordões de recifes. Tais ambientes têm sido atingidos por atividades antrópicas, como a expansão imobiliária desordenada, a prática de queimadas e corte de mangue para expansão de áreas de cultivo, bem como a retirada indiscriminada de madeira e lenha, o que acarreta em desproteção das nascentes, exposição dos solos à erosão e conseqüentemente, o assoreamento dos rios e reservatórios da área (CPRH, op. cit.).

Com intuito de melhor conhecer essas áreas e para possíveis planos de conservação ambiental, algumas questões foram alvos de estudos ao longo da APA

de Guadalupe, com abordagens acerca da meiofauna (VASCONCELOS et al., 2004), a biomassa e os organismos fitoplanctônicos (HONORATO-DA-SILVA et al., 2004; 2009; GREGO et al., 2009), a área de restinga (SILVA et al., 2008), a avifauna (RODRIGUES et al., 2007), a ocorrência de fungos (DAMASCENO et al., 2009), dentre outros.

O clima da região é tropical quente e úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 25,2°C e pluviosidade média entre 1500 a mais de 2000 mm. Apresenta variação entre duas estações, estiagem e chuvosa, esta última abrangendo os meses de março a agosto, sendo julho o mês mais frio e chuvoso, enquanto que o período de estiagem compreende os meses de setembro a fevereiro, sendo novembro e dezembro os meses mais quentes (ITEP, 2010).



**Figura 1** – Área estuarina do rio dos Passos, no estado do Pernambuco, Brasil, onde estão localizados os pontos de coleta P1, P2, P3 e P4 (Fonte: Google Earth, 2010).

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Coleta dos dados*

Foram delimitados quatro pontos com auxílio de GPS, para coletas mensais, no período de agosto de 2009 a julho de 2010, abrangendo os períodos de estiagem e chuvosa, nas baixa-mares, em maré de sizígia.

A altura das marés foi obtida da Tábua de Marés, do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, referentes ao Porto de Suape, Pernambuco.

Os dados referentes à precipitação de chuvas para a área em estudo foram obtidos do Laboratório de Meteorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (LAMEPE/ITEP), referente à Estação de Cucau(8°40'18"S e 35°11'24"W), localizada no município de Rio Formoso e correspondente à precipitação de chuvas mensal (agosto de 2009 a julho de 2010) e a normal climatológica (últimos 30 anos).

A profundidade local foi obtida com uso de uma sonda manual, acoplada a um cabo graduado (cm) e a partir da profundidade do disco de Secchi foi determinada a transparência da água. As amostras de água foram coletadas com uso de uma garrafa de Kitahara e os dados de temperatura e salinidade (superficial e fundo), obtidos *in situ* com uso de um termômetro digital e refratômetro, respectivamente. As amostras correspondentes à clorofila *a* foram acondicionadas em frascos de polietileno fosco (1L) para posterior filtragem no Laboratório de Fitoplâncton do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco. Dessa forma, a biomassa ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) foi determinada a partir da concentração de clorofila *a*, com filtragem e extração dos pigmentos utilizando sistema de filtros Milipore® HA (0,47mm de diâmetro de 0,45 $\mu\text{m}$  de porosidade), bem como o uso de acetona a 90%, com a posterior análise espectrofotométrica segundo Strickland e Parsons (1963), descrita pela UNESCO (1966).

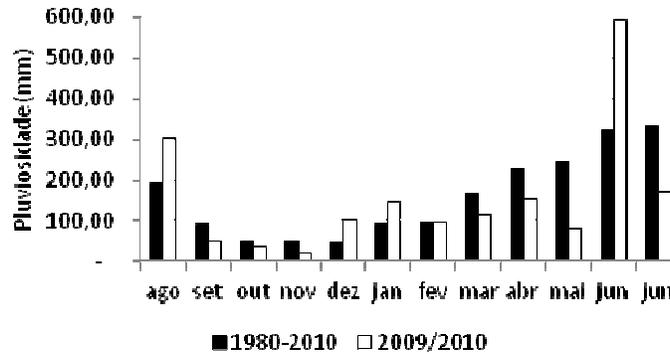
#### *Análises estatísticas*

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. As variações espacial, sazonal e a interação destas nas características hidrológicas (profundidade local, temperatura e salinidade superficial e fundo, transparência da água e biomassa fitoplanctônica) foram testadas através de ANOVA fatorial, com teste *a posteriori* de Tukey. A homogeneidade das variâncias foi verificada a partir do teste de Bartlett. Todas essas análises foram realizadas no programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004). Foi realizada a Análise dos Componentes Principais (ACP) com extração do autovalor e autovetor. Para elaboração desta foi utilizado o programa NTSYSpc 2.21 (LEGENDRE; LEGENDRE, 1984).

## **RESULTADOS**

#### *Pluviosidade*

Durante o período em estudo, o total de chuvas precipitado foi de 1865,9mm. A sazonalidade foi marcante, com distinção dos períodos chuvoso (março a agosto) e de estiagem (setembro a fevereiro), com valor mínimo de 22mm em novembro de 2009 e um pico de chuvas de 592,5mm alcançado em junho de 2010 (Fig. 2).



**Figura 2** – Pluviosidade (mm), indicando a normal climatológica de chuvas, correspondente aos últimos 30 anos (1980-2010) e a média mensal, referente ao período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010) (Fonte: ITEP, 2010).

#### *Profundidade local*

A profundidade média apresentou diferença significativa entre os pontos de coleta ( $F= 57,42$ ;  $p < 0,01$ ), variando de 1,80m, no ponto P2 a 4,60m no ponto P3, sendo este o ponto mais profundo, com média de 4,07m, enquanto que o ponto P2 pode ser considerado ligeiramente mais raso, com média de 2,26m.

Não houve diferença sazonal significativa ( $F= 0,01$ ;  $p= 0,96$ ), com os valores mínimo e máximo registrados na estação chuvosa, como observado na Tabela 1, a qual mostra os principais valores de todas as variáveis estudadas.

Porém, o teste de Tukey *a posteriori* mostrou que o efeito sazonal acentuou a diferença espacial, em que o ponto P4, durante a estiagem, apresentou diferença significativa entre o ponto P2 na estiagem e na chuva ( $p < 0,01$  para ambos) (Fig. 3.A).

#### *Transparência da água*

O ponto próximo a montante (P1) apresentou menor média de transparência da água, com 70cm durante o período de maiores chuvas e maior média de 2,0m no ponto P4, durante a estiagem (Fig. 3.B). Houve diferença espacial significativa ( $F= 30,27$ ;  $p < 0,01$ ), com gradiente crescente no sentido ao ponto de maior influência marinha (P4).

As maiores profundidades de Secchi foram durante a estiagem, com diferença sazonal significativa ( $F= 12,09$ ;  $p < 0,01$ ), e ambos os valores mínimo e máximo registrados no período chuvoso (tab. 1).

**Tabela 1** - Variação dos fatores ambientais no estuário do rio dos Passos, correspondentes aos valores mínimos, máximos e médios, nos diferentes períodos climáticos (chuvoso e estiagem).

Variáveis	Estiagem			Chuvoso		
	Mín	Máx	Média	Mín	Máx	Média
Normal climatológica de chuvas (mm)	0,2	407,6	126,6	23,3	800,5	248,3
Pluviosidade 2009-2010 (mm)	22,0	145,7	75,3	79,5	592,5	235,3
Profundidade (m)	2,1	4,5	2,9	1,8	4,6	2,9
Transparência (m)	0,8	2,3	1,6	0,4	2,4	1,4
Temperatura superficial (°C)	27,2	31,1	28,9	23,0	29,5	27,4
Temperatura profunda (°C)	27,2	31,0	28,7	24,0	29,0	27,4
Salinidade (superfície)	20,0	35,0	29,5	14,0	30,0	24,2
Salinidade (fundo)	24,0	35,0	30,5	13,0	30,0	23,8
Clorofila <i>a</i> (mg.m <sup>-3</sup> )	1,2	20,9	7,61	2,0	21,3	6,25

#### *Temperatura*

Não houve diferença espacial horizontal e vertical significativa na temperatura da água ( $F= 0,31$ ;  $p= 0,81$ ;  $F= 0,19$ ;  $p= 0,90$ , respectivamente) (Fig. 3.C e 3.D). Porém, foi observado um gradiente decrescente dos valores, no sentido próximo a jusante. A menor média registrada foi de 27,2°C no período chuvoso e no ponto intermediário P2, sendo a maior de 29,4°C na estiagem e no ponto mais interno (P1). Portanto, houve diferença significativa entre as estações climáticas ( $F= 13,21$ ;  $p < 0,01$ ) com maiores valores na estiagem.

#### *Salinidade*

A salinidade superficial da água apresentou diferença espacial significativa ( $F= 3,73$ ;  $p= 0,01$ ), enquanto que na camada mais próxima ao sedimento não houve essa diferença ( $F= 1,77$ ;  $p= 0,16$ ) (Fig. 3.E e 3.F) e a coluna d'água esteve ausente de estratificação salina, com os valores variando de 13 a 35 (tab. 1). Mas, ambas as profundidades estiveram com os valores distribuídos em um gradiente crescente no sentido a jusante, com a camada superficial apresentando a menor média, no ponto mais a montante (P1), durante o período chuvoso, correspondente a 21,3 e a maior de 31,3 no ponto P4, durante o período de estiagem. A diferença sazonal foi significativa para esta variável ( $F= 22,73$ ;  $p < 0,01$ ), com maiores teores na estiagem.

### *Biomassa fitoplanctônica*

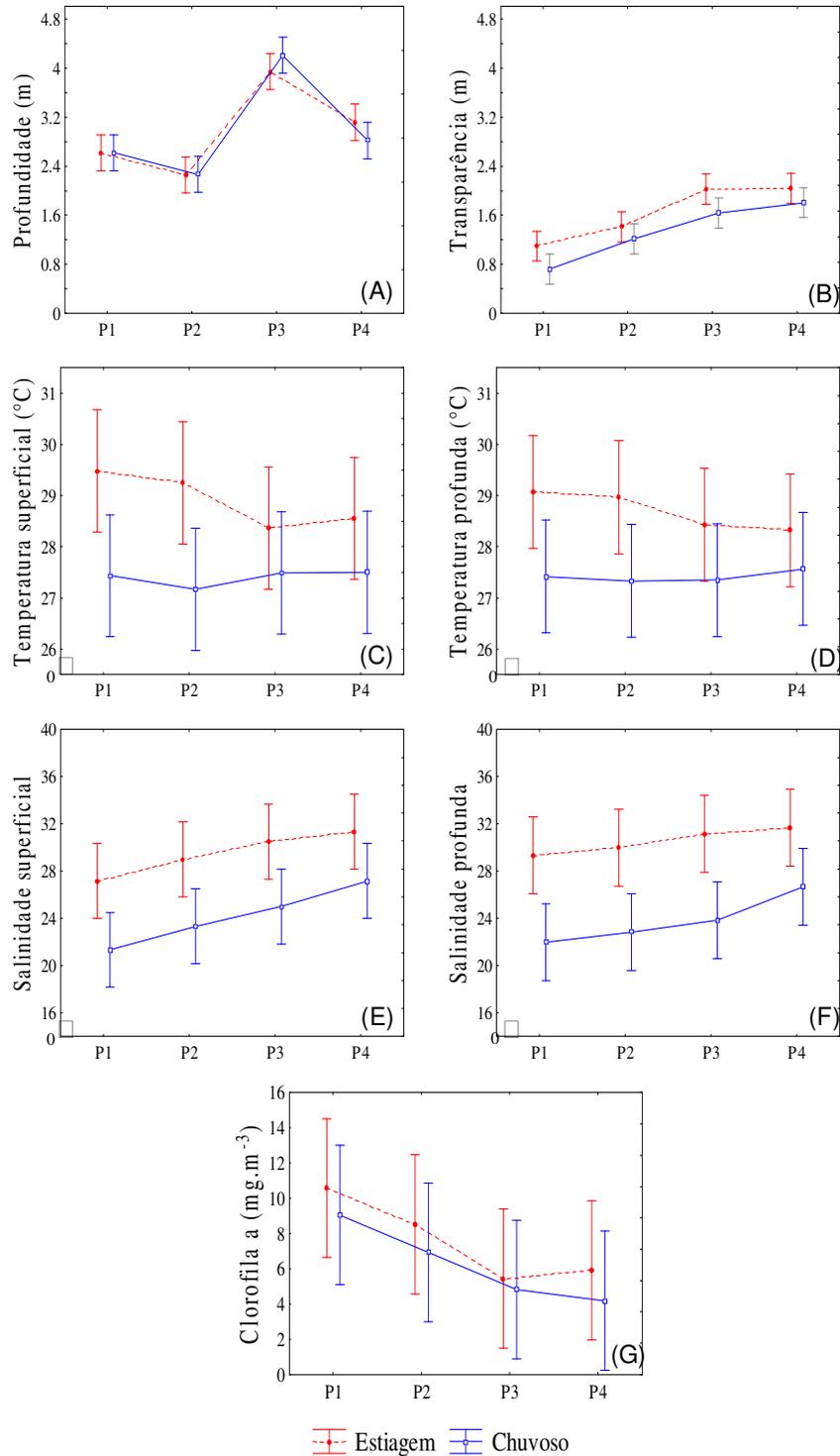
Os valores de biomassa oscilaram de  $1,2\text{mg.m}^{-3}$  a  $21,3\text{mg.m}^{-3}$  (tab.1). A média mínima foi encontrada no ponto de maior influência marinha (P4), durante a estiagem, correspondente a  $4,19\text{mg.m}^{-3}$ , enquanto que a maior foi de  $10,58\text{mg.m}^{-3}$  registrada no ponto P1 e na estação chuvosa (Fig. 3.G). Não houve diferenças significativas espacialmente ( $F= 2,75$ ;  $p= 0,05$ ) ou sazonalmente ( $F= 0,97$ ;  $p= 0,32$ ). Porém, pode ser observado um gradiente crescente em direção à porção mais a montante do estuário.

### *Análise dos componentes principais (ACP)*

Foi possível observar que a primeira componente explicou 38,2% dos dados, em que houve correlação inversa da biomassa fitoplanctônica ( $r= 0,528$ ) com a transparência da água ( $r= 0,809$ ) e salinidade ( $r= 0,803$ ), enquanto que a segunda componente explicou 23,4% dos dados, com a temperatura da água ( $r= 0,671$ ) inversa à pluviosidade ( $r= 0,595$ ) (tab. 2).

**Tabela 2**–Variação dos dados e coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas, das duas primeiras componentes da ACP, no estuário do rio dos Passos, Brasil.

	Componente 1	Componente 2
<b>Varição dos dados (%)</b>	38,2%	23,4%
<b>Temperatura superficial</b>	0,4914	<b>0,6714</b>
<b>Salinidade superficial</b>	<b>0,8039</b>	0,1754
<b>Transparência da água</b>	<b>0,8093</b>	-0,3396
<b>Profundidade</b>	0,4866	-0,4537
<b>Biomassa</b>	<b>-0,5285</b>	0,4966
<b>Pluviosidade</b>	-0,4823	<b>-0,5954</b>



**Figura 3** – Variação espacial e sazonal das médias das características hidrológicas do estuário do rio dos Passos: (A) Profundidade local – m; (B) Transparência da água – m; (C) Temperatura da água superficial e (D) profunda – °C; (E) Salinidade superficial e (F) profunda; (G) Clorofila a – mg.m<sup>-3</sup>.

## DISCUSSÃO

As características hidrológicas do estuário do rio dos Passos estão controladas pela precipitação de chuvas e esta condição, de acordo com Cloern e Jassby (2008), reflete na manutenção da qualidade da água. A pluviosidade está correlacionada com o grau de influência terrígena e a magnitude da transparência da água, existindo, segundo Passavante e Feitosa (2004), dois padrões de comportamento anual da biomassa fitoplanctônica para as áreas costeiras do nordeste do Brasil. Assim, durante o período de maiores chuvas há um incremento algal, como registrado, por exemplo, por Leão et al. (2008) para o estuário do rio Igarassu e Honorato-da-Silva et al. (2009) no estuário do rio Formoso (ambos em Pernambuco, Brasil), em função do aporte de nutrientes de origem terrígena e quando a disponibilidade de luz não é fator limitante.

Entretanto, o período de estiagem pode também estar associado a um maior desenvolvimento destes organismos, justificado pela profundidade da camada fótica e turbidez da água (AZEVEDO et al., 2008), ou mesmo pela direção dos ventos, o fluxo fluvial (FUJITA; ODEBRECHT, 2007), o regime de marés e as características hidrográficas do rio (GREGO et al., 2009), sendo este último fator o que possivelmente explica a condição de que a biomassa algal do estuário em estudo não sofreu diferença sazonal significativa, sendo considerado um rio litorâneo e de pequena bacia hidrográfica.

As regiões estuarinas são, em geral, ambientes considerados rasos (SIN et al., 2000; COSTA et al., 2008; ABREU et al., 2010; GAMEIRO et al., 2011; VAN DER MOLEN; PRESSINOTO, 2011). A tabela 3 mostra a variação de profundidade, bem como das demais variáveis, em alguns estuários do Estado do Pernambuco, Brasil. É observado, portanto, que nas regiões próximas ao rio dos Passos predominam estuários pouco profundos. Esta variável sofre efeitos da topografia do sedimento (BASTOS et al., 2011), como observado para o local em estudo.

A baixa profundidade está relacionada à proximidade da camada de água superficial ao sedimento, o que propicia ressuspensão de células fitoplanctônicas e nutrientes depositados no fundo e um incremento na biomassa algal (DAMME et al., 2005).

A transparência da água é uma variável física dependente da precipitação de chuvas, como acontece para alguns estuários brasileiros estudados por Bastos et al., 2011 (estuário do rio Maracaípe, Pernambuco) e por Masuda et al., 2011 (sistema estuarino de Santos, São Paulo), bem como da topografia local, como

observado no estuário do rio dos Passos e manifesta-se em um gradiente crescente em direção à porção de maior influência marinha (BRANCO et al., 2002; GREGO et al., 2009).

Quanto à oscilação sazonal, a disponibilidade de luz pode limitar o crescimento algal durante o período chuvoso (DAMME et al., 2005; GAMIERO et al., 2011) ou não (HONORATO-DA-SILVA et al., 2004), dependendo da intensificação da lixiviação terrestre e, conseqüentemente, maiores quantidades de material em suspensão estará disponível na coluna d'água, dificultando a penetração de luz (ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). O contrário acontece para o período de estiagem (AZEVEDO et al., 2008), como registrado para a presente pesquisa, com maiores concentrações da biomassa algal nestes meses mais quentes e em uma relação inversa à disponibilidade de luz.

**Tabela 3** - Variação (mínimo-máximo) dos fatores profundidade, temperatura da água, salinidade, transparência e biomassa fitoplanctônica para os estuários do litoral sul do Estado de Pernambuco, Brasil.

Referência	Área estuarina	Prof(m)	Temp(°C)	Sal	Trans(m)	Biomassa (mg.m <sup>-3</sup> )
<b>Presente estudo</b>	Rio dos Passos	1,8-4,6	23-29,5	13-35	0,4-2,4	1,2-20,9
<b>Branco et al. (2002)</b>	Barra das Jangadas	1,2-6,0	25-30,5	0-38	0,3-2,4	0,57-49,84
<b>Honorato-da-Silva et al. (2004)</b>	Rio Formoso	1,8-9,7	24,5-29,5	1,3-36,3	0,25-3,6	2,43-70,22
<b>Bastos et al. (2005)</b>	Rio Una	-	23,8-32	0-39	0,2-2,25	1,68-36,3
<b>Noriega et al. (2009)</b>	Barra das Jangadas	1,4-5,2	25,2-30,4	0,2-35,5	0,4-1,4	7,76-158,6
<b>Grego et al. (2009)</b>	Rio Ariquindá	-	25-31,5	3,4-37,9	0,20-4	1,09-18,21
<b>Bastos et al. (2011)</b>	Rio Maracaípe	0,25-2,7	26-31,5	1-37	0,25-2,7	1,11-18,72

A temperatura da água em estuários subtropicais e tropicais é de pequena oscilação (tab. 3) e influencia a distribuição e concentração do fitoplâncton quando em combinação com outras variáveis (PASSAVANTE; FEITOSA, 2004), diferentemente para regiões estuarinas temperadas (SIN et al., 2000; GAMIERO et al., op. cit.), que estão sujeitas a amplas oscilações de temperatura, com o padrão sazonal de florescimento do fitoplâncton no decorrer das estações do ano. No

estuário do rio dos Passos foi possível inferir que a temperatura da água não apresentou correlação com a biomassa algal, bem como não sofreu diferença espacial, somente sazonal, estando em uma relação inversa à pluviosidade. Quanto ao padrão vertical, o estuário pode ser classificado como homogêneo termicamente.

A estratificação também foi ausente quanto aos teores de salinidade e o estuário foi classificado como mesoalino a eualino. A salinidade pode ser considerada um dos fatores principais para a oscilação da biomassa, com uma relação inversamente proporcional destas variáveis, como registrado para o local em estudo e outros estuários (ALMEIDA et al., 2002; LOSADA et al., 2003).

A concentração da clorofila *a* tem sido amplamente utilizada como um indicador da biomassa fitoplanctônica (CLOERN; JASSBY, 2010; GAMEIRO; BROTAS, 2010). Em águas estuarinas tropicais, a precipitação de chuvas parece ser a variável de maior influência para o fitoplâncton (PASSAVANTE; FEITOSA, 2004) e a maior concentração de clorofila *a* pode acontecer no período chuvoso (SANTIAGO et al., 2005; BASTOS et al., 2011) ou em meses mais quentes (ALMEIDA et al., op. cit.; LOSADA et al., op. cit.; COSTA et al., 2008; AZEVEDO et al., 2008; CLOERN; JASSBY, 2008; GAMEIRO et al., 2011). Para o estuário do rio dos Passos, a biomassa não apresentou variação significativa entre os períodos climáticos (chuvoso e estiagem), porém os valores foram discretamente maiores durante a estiagem, fato este também descrito para o estuário do rio Ariquindá, por Grego et al. (2009).

As maiores concentrações de clorofila *a* podem ser registradas na porção superior dos estuários (DAMME et al., 2005). Quando comparado o padrão de distribuição espacial horizontal da biomassa fitoplanctônica no complexo estuarino do rio Formoso, onde está inserido o rio dos Passos, juntamente com o rio Ariquindá, é observado que as maiores concentrações de clorofila *a* encontram-se nas zonas próximas a montante (HONORATO-DA-SILVA et al., 2004; GREGO et al., op. cit.), e portanto, sob influência de menores teores de salinidade, atestando a relação inversa desta variável com a biomassa fitoplanctônica do estuário do rio dos Passos.

Para os estuários próximos ao local em estudo (tab. 3), Branco et al. (2002) e Noriega et al. (2009), classificam a zona estuarina de Barra das Jangadas como eutrófica e que sofre forte ação antrópica. O estuário do rio Una, por sua vez, pode ser classificado como bastante produtivo e eutrófico (BASTOS et al., 2005), enquanto que a zona estuarina de Maracaípe é mesotrófica e está sem influência de poluentes (BASTOS et al., 2011). Por fim, quando analisados os estudos no

complexo estuarino do rio Formoso, Grego et al. (op. cit.) afirmam que o rio Ariquindá apresenta moderada produção, estando o ambiente livre de fortes impactos antrópicos, enquanto que Honorato-da-Silva et al. (2004) considera o estuário do rio Formoso como sendo eutrófico e de excelente suporte aos níveis tróficos do ecossistema. Dessa forma, quando comparados os teores de clorofila *a* desses ecossistemas, é possível observar que os valores de biomassa do estuário do rio dos Passos indicam um ambiente de características eutróficas e em bom estado de conservação.

O conjunto de dados do estuário do rio dos Passos aqui apresentados poderá contribuir para análises de padrões e dinâmica da biomassa fitoplanctônica, em resposta à oscilação da precipitação de chuvas, profundidade local, temperatura, salinidade e transparência da água, bem como a dinâmica dessas variáveis hidrológicas em estuários tropicais rasos.

### **CONCLUSÕES**

1. A porção estuarina do rio dos Passos é pouco profunda, de águas transparentes, temperatura, salinidade e biomassa fitoplanctônica elevadas, esta não apresentando efeito da oscilação sazonal e espacial, uma vez que trata-se de um rio litorâneo e de pequena bacia hidrográfica;
2. o estuário em estudo é do tipo bem misturado, uma vez que apresenta homogeneidade térmica e salina da coluna d'água;
3. a clorofila *a* está relacionada inversamente à salinidade e transparência da água, sendo estes os fatores condicionantes da concentração da biomassa fitoplanctônica, necessitando de estudos futuros para ser analisada essa variável em função de outros fatores físicos, químicos e biológicos, não abordados neste estudo.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelo apoio financeiro, Processo nº 304992/2006-2; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida ao primeiro autor; ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, pela infraestrutura.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABREU, P. C.; BERGESCH, M.; PROENÇA, L. A.; GARCIA, C. A. E.; ODEBRECHT, C. Short- and long-term chlorophyll *a* variability in the shallow microtidal Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 554–569, 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9181-9

ALMEIDA, M. A.; CUNHA, M. A.; ALCÂNTARA, F. Seasonal change in the proportion of bacterial and phytoplankton production along a salinity gradient in a shallow estuary. **Hydrobiologia**, v. 475/476, p. 251–262, 2002.

AZEVEDO, A. C. G.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 870-877. 2008.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; MUNIZ, K. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 1–18, 2005.

BASTOS, R. B.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; MACHADO, R. C. A.; MUNIZ, K. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca, Pernambuco - Brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 01-10, 2011.

BOYER, J. N.; KELBLE, C. R.; ORTNER, P. B.; RUDNICK, D. T. Phytoplankton bloom status: Chlorophyll *a* biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of Florida, USA. **Ecological Indicators**, p. 56-67, 2009

BRANCO, E. S.; FEITOSA, F. A. N.; FLORES-MONTE, M. J. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 30, n. 2, p. 79-96, 2002.

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Complex seasonal patterns of primary producers at the land–sea interface. **Ecology Letters**, v. 11, p. 1294–1303. 2008. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01244.x

CLOERN, J. E.; JASSBY, A. D. Patterns and Scales of Phytoplankton Variability in Estuarine–Coastal Ecosystems. **Estuaries and Coasts**, v.33, p. 230–241, 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9195-3

COSTA, L. S.; HUSSAR, V. L. M.; OVALLE, A. R. Phytoplankton functional groups in a tropical Estuary: hydrological control and nutrient limitation. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 508–521, 2008. DOI 10.1007/s12237-009-9142-3

CPRH – companhia pernambucana de controle da poluição ambiental e de administração de recursos hídricos. **Diagnóstico sócio-ambiental e ZEEC do litoral sul de Pernambuco**. Recife, 1999, 91p.

DAMASCENO, G.; COSTA, A. A. A.; PASSAVANTE, J. Z. O.; CAVALCANTI, L. H. *Stemonaria fuscoides* (Stemonitaceae, Myxomycetes): a new record for Brazil. **Mycotaxon**, v. 108, p. 205-211, 2009.

DAMME, V. D.; STRUYF, E.; MARIS, T.; YSEBAERT, T.; DEHAIRS, F.; TACKX, M.; HEIP, C.; MEIRE, P. Spatial and temporal patterns of water quality along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary (Belgium and The Netherlands): results of an integrated monitoring approach. **Hydrobiologia**, v. 540, p. 29–45, 2005. DOI 10.1007/s10750-004-7102-2

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. & SILVA-CUNHA, M.G.G. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: Eskinazi-Leça, E.; Newmann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.). **Oceanografia**: um cenário tropical. Recife: Edições Bagaço, 2004. p. 353-373

FUJITA, C. C.; ODEBRECHT, C. Short term variability of chlorophyll *a* and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). **Atlântica**, v. 29, n. 2, p. 93-106, 2007

GAMEIRO, C.; ZWOLINSKI, J.; BROTAS, V. Light control on phytoplankton production in a shallow and turbid estuarine system. **Hydrobiologia**, v. 669, p. 249–263, 2011. DOI 10.1007/s10750-011-0695-3

GAMEIRO, C.; BROTAS, V. Patterns of phytoplankton variability in the Tagus Estuary (Portugal). **Estuaries and Coasts**, v. 33, p. 311–323, 2010. DOI 10.1007/s12237-009-9194-4.

GREGO, C. K. S.; FEITOSA, F. A. N.; HONORATO-DA-SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; FILHO, G. A. N. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009

HONORATO-DA-SILVA, M.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; GREGO, C. K. S.; MUNIZ, K. Distribuição espacial e

sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 32, n. 1, p. 89-106, 2004.

ITEP - **Instituto de Tecnologia De Pernambuco**. Disponível em <<http://www.itep.br>>. Acesso em 10 de março de 2010.

KASAI, A.; KURIKAWA, Y.; UENO, M.; ROBERT, D.; YAMASHITA, Y. Salt-wedge intrusion of seawater and its implication for phytoplankton dynamics in the Yura Estuary, Japan. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, p. 408-414, 2010.

LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. O. P.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; Santiago, M. F. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22, n. 3, p. 711-722, 2008.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. Ecologie Numérique. 2. **La structure des données écologiques**. 2ª ed. Quebec: Masson Presses de L'Université du Quebec, 1984. 335p. (Collection d'Écologie, 13).

LOSADA, A. P. M.; FEITOSA, F. A. N.; LINS, I. C. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. **Tropical Oceanography**, v. 31, n. 1, p. 1-26, 2003.

MASUDA, L. S. M.; MOSER, G. A. O.; BARRERA-ALBA, J. J. Variação temporal do fitoplâncton no canal estuarino de Santos (SP). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 15, n. 1, p. 79-93, 2011.

MATTA, M. E. M.; FLYNN, M. N. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no gradiente de salinidade do estuário de Cananéia – SP. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 59-69, 2008.

MUYLAERT, K.; SABBE, K.; VYVERMAN, W. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 82, p. 335-340, 2009.

NORIEGA, C. E.; MUNIZ, K.; FLORES-MONTES, M. J.; MACEDO, S. J.; ARAUJO, M.; FEITOSA, F. A. N.; LACERDA, S. R. Series temporales de variables hidrobiológicas em un estuario tropical (Brasil). **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 44, n. 1, p. 93-108, 2009.

PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: Eskinazi-Leça, E.; Newmann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.). **Oceanografia**: um cenário tropical. Recife: Edições Bagaço, 2004. p. 425-440.

POOLE, H. H.; ATKINS, W. R. G. Photoelectric measurements of submarine illumination throughout the year. **Journal Marine Biological Association United Kingdom**, v. 16, p. 297-325, 1929.

RODRIGUES, R. C.; ARAÚJO, H. F. P.; LYRA-NEVES, R. M.; TELINO-JÚNIOR, W. R.; BOTELHO, M. C. N. Caracterização da Avifauna na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, Pernambuco. **Ornithologia**, v. 2, n. 1, p.47-61, 2007.

ROCHELLE-NEWALL, E. J.; CHU, V. T.; PRINGAULT, O.; AMOUROUX, D.; ARFI, R.; BETTAREL, Y.; BOUVIER, T.; BOUVIER, C.; GOT, P.; NGUYEN, T. M. H.; MARI, X.; P. NAVARRO3, DUONG, T. N.; CAO, T. T. T.; PHAM, T. T.; OUIILLON, S.; TORRÉTON, J. P. Phytoplankton diversity and productivity in a highly turbid, tropical coastal system (Bach Dang Estuary, Vietnam). **Biogeosciences Discuss**, v. 8, p. 487-525, 2011

SANTIAGO, M. F.; PASSAVANTE, J. Z. O.; SILVA-CUNHA, M. G. G. Caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológico em ambiente hipersalino, estuário do rio Pisa Sal (Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, n. 1, p. 39-55, 2005.

SANTOS, T. G.; BEZERRA-JÚNIOR, J. L.; COSTA; K. M. P.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 95-109, 2009.

SHEN, P. P.; LI, G.; HUANG, L. M.; ZHANG, J. L.; TAN, Y. H. Spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Pearl River estuary, with special reference to the influence of turbidity and temperature. **Continental Shelf Research**, v. 31, p. 1672-1681, 2011

SIN, Y.; WETZEL, R. L.; ANDERSON, I. C. Seasonal variations of size-fractionated phytoplankton along the salinity gradient in the York river estuary, Virginia (USA). **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 10, p. 1945-1960, 2000.

SILVA, S. S. L.; ZICKEL, C. S.; CESTARO, L. A. Flora vascular e perfil fisionômico de uma restinga no litoral sul de Pernambuco, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 22, n. 4, p. 1123-1135, 2008.

STRICKLAND, J.D.H; PARSONS, T.R.A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, v. 167, p. 1-211, 1972.

STATSOFT, Inc. **Statistica: data analysis software system**, version 7, 2004.

THOMPSON, P. A.; BONHAM, P. I.; SWADLING, K. M. Phytoplankton blooms in the Huon Estuary, Tasmania: top-down or bottom-up control?. **Journal of Plankton Research**, v. 30, n. 7, p. 735–753, 2008. DOI:10.1093/plankt/fbn044

UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea waters. **Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meet from 4 to 6 june 1964**, Paris: s.n., 1966. 69 p. (Monographs on Oceanology Methodology).

VASCONCELOS, D. M.; SANTOS, P. J. P.; LOPES, R. 2004. Distribuição espacial da meiofauna no estuário do rio Formoso, Pernambuco, Brasil. **Atlântica**, v. 26, n. 1, p. 45-54, 2004.

VAN DER MOLEN, J. S.; PERISSINOTTO, R. Microalgal productivity in an estuarine lake during a drought cycle: The St. Lucia Estuary, South Africa. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 92, p. 1-9, 2011.

## SEGUNDO MANUSCRITO

A ser encaminhado para publicação na  
revista **Phycologia**

### **Biodiversidade e ecologia do microfitoplâncton em um estuário tropical brasileiro.**

Eveline Pinheiro Aquino<sup>1,\*</sup>; José Zanon de Oliveira Passavante<sup>1,2</sup>; Maria da Glória Gonçalves da Silva-Cunha<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco/ Programa de Pós-Graduação em Oceanografia/  
Laboratório de Fitoplâncton

<sup>2</sup>Departamento de Oceanografia/ Universidade Federal de Pernambuco

\* Autor para correspondência: eveline\_aquino@yahoo.com.br

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi analisar a diversidade e características ecológicas da comunidade fitoplanctônica em um estuário tropical raso, bem como investigar a variação sazonal e espacial desses organismos, em função das características ambientais. Foram realizadas coletas mensais, no período de agosto/2009 a julho/2010, em quatro pontos ao longo do estuário do rio dos Passos, Pernambuco, Brasil. As variáveis ambientais analisadas foram pluviosidade, salinidade e transparência da água e as amostras fitoplanctônicas foram obtidas através de arrastos horizontais superficiais, usando uma rede de plâncton, com abertura de malha de 64µm e em seguida fixadas em formol neutro a 4%, para posterior análise em microscópio óptico. Foram calculados os valores de abundância relativa, frequência de ocorrência, riqueza de espécies, diversidade específica e equitabilidade. Os dados foram tratados através de análise de variância e correlação canônica. Foram identificados 129 táxons, representados pelas diatomáceas (73%), seguidas pelas cianobactérias (18%), clorofíceas (4%), dinoflagelados (4%) e euglenofíceas (1%). Do total, 32% apresentaram características ticoplanctônicas, seguidas pelas marinhas planctônicas oceânicas (28%) e neríticas (24%), dulciaquícolas (10,6%) e tipicamente estuarinas (5,3%). A distribuição das espécies foi uniforme, porém a diversidade foi baixa, em decorrência da dominância de

poucas espécies: as diatomáceas *Cylindrotheca closterium* (Bacillariaceae), *Chaetoceros subtilis* (Chaetocerotaceae), *Bacillaria paxillifera* (Bacillariaceae) e a cianobactéria *Johannesbaptistia* sp. (Entophysalidaceae), as quais apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais. Estiveram relacionadas diretamente com a pluviosidade *C. subtilis* e *Johannesbaptistia* sp., e inversamente *C. closterium* e *B. paxillifera*. Esta última esteve em relação diretamente proporcional com a salinidade e transparência da água, enquanto que as demais estiveram em correlação inversa com estas variáveis.

**Palavras-chave:** cianobactérias, diatomáceas, dinâmica estuarina, dinâmica sazonal, salinidade, transparência.

## INTRODUÇÃO

A determinação dos fatores que desempenham funções importantes na biodiversidade de um ecossistema é de fundamental importância, quando se objetiva entender como as comunidades biológicas respondem às variáveis ambientais (COSTA et al. 2009; PAERL et al. 2006), particularmente em se tratando de ambientes costeiros e estuarinos, por apresentarem alto dinamismo físico-químico e biológico (CLOERN & JASSBY, 2010).

O ciclo anual de chuvas, por exemplo, é considerado um forte condicionante da estrutura da comunidade fitoplanctônica, podendo refletir na manutenção da qualidade da água, bem como no aumento da densidade e riqueza taxonômica de ambientes tropicais (LEÃO et al., 2008; HONORATO-DA-SILVA et al., 2009).

A transparência da água, por sua vez, delimita a zona eufótica e pode selecionar espécies oportunistas ou mesmo limitar o desenvolvimento de outras mais sensíveis (DOMINGUES et al., 2008). O gradiente de salinidade influencia na distribuição, diversidade e ecologia das espécies (DAMME et al., 2005; MATTA; FLYNN, 2008; MUYLAERT et al., 2009; SHEN et al 2011), com a seleção daquelas menos tolerantes, denominadas estenoalinas (ROCHELLE-NEWALL et al., 2011).

Dessa forma, e devido à sua característica de eurialinidade, o grupo das diatomáceas aparece como o principal componente da flora ficológica estuarina (LEÃO et al., 2008; HONORATO-DA-SILVA et al., 2009; GALLEGOS et al., 2010; QIU et al., 2010) e suportam as grandes variações de salinidade, comum em estuários

(ESKINAZI-LEÇA et al., 2004). Os demais grupos fitoplanctônicos, como as clorofíceas, cianobactérias e dinoflagelados, estão também presentes neste tipo de ecossistema, em função das correntes de marés e fluxo dos rios (CETINIC et al., 2006; BARBOSA et al., 2009; PEREZ et al., 2009; ROCHELLE-NEWALL et al., 2011).

Dentro desse contexto, estudos florísticos são necessários, com o intuito de ampliar o conhecimento ecológico e dinâmico desses organismos em ambientes estuarinos e assim, poderão servir como subsídio para trabalhos futuros, no que se refere à composição, biogeografia e variação do fitoplâncton, que contribuam com o manejo e conservação dos estuários. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo analisar a biodiversidade e ecologia da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio dos Passos, Pernambuco, Brasil, bem como investigar a variação espacial e sazonal desses organismos e sua correlação com a pluviosidade, salinidade e transparência da água.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Área de estudo*

O rio dos Passos, inserido na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, está localizado no litoral sul do Estado de Pernambuco, no município de Rio Formoso e distante aproximadamente 92 km da capital, Recife. O mesmo compõe o complexo estuarino do rio Formoso, juntamente com este rio e o Ariquindá, os quais sofrem forte influência marinha (mesomareis), estando o rio dos Passos localizado na zona estuarina média (08°37'53,67"S e 35° 05'3,81"W; 08°40'50,50"S e 35° 06'46,44"W), no limite até o seu encontro com o rio Formoso (Fig. 1). Este complexo estuarino é ainda formado pelos rios Lemenho e Porto das Pedras, os quais são afluentes do rio dos Passos (CPRH 1999).

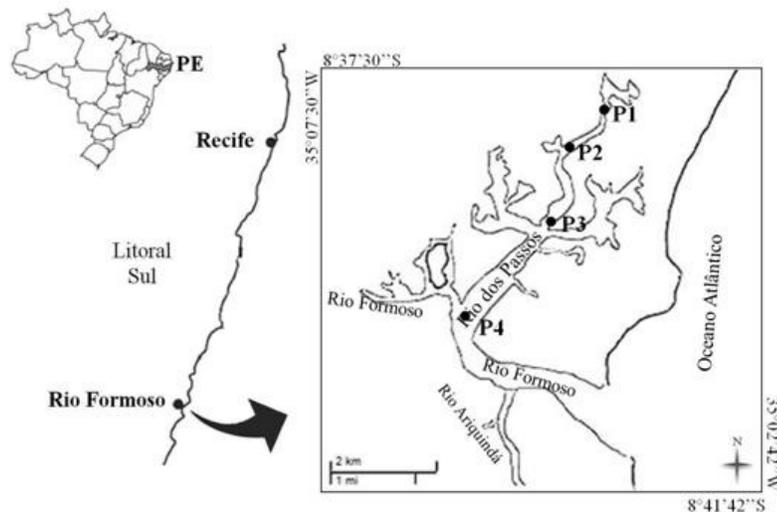


Figura 1. Localização da área estuarina do rio dos Passos, no estado do Pernambuco, Brasil, onde estão inseridos os pontos de coleta P1, P2, P3 e P4 (Fonte: Google Earth 2010).

O estuário do rio dos Passos é caracterizado por apresentar sua área de manguezal em bom estado de conservação (CPRH 1999), é classificado como verticalmente homogêneo, de pouca profundidade, com média de 2,9m, águas relativamente quentes e biomassa fitoplanctônica elevada (AQUINO *et al.* no prelo).

A Área de Proteção Ambiental (APA) de Guadalupe foi criada pelo Decreto nº19.635 de 13 de março de 1997 e teve o intuito de preservar os ecossistemas localizados no entorno dos rios, principalmente manguezais, remanescentes de Mata Atlântica, mata de restinga e cordões de recifes. Tais ecossistemas têm sido atingidos por atividades antrópicas, como a expansão imobiliária desordenada, a prática de queimadas e corte de mangue para expansão de áreas de carcinicultura, bem como a retirada indiscriminada de madeira e lenha, o que acarreta em desproteção das nascentes, exposição dos solos à erosão e conseqüentemente, o assoreamento dos rios e reservatórios da área (CPRH 1999).

Com intuito de melhor conhecer essas áreas e para possíveis planos de conservação ambiental, algumas questões foram alvos de estudos ao longo da APA de Guadalupe, com abordagens acerca da meiofauna (VASCONCELOS *et al.* 2004), a biomassa e os organismos fitoplanctônicos (HONORATO-DA-SILVA *et al.* 2009; GREGO *et al.* 2009), a área de restinga (SILVA *et al.* 2008), a avifauna (RODRIGUES *et al.* 2007), a ocorrência de fungos (DAMASCENO *et al.* 2009), entre outros.

O clima da região é tropical quente e úmido, com média anual de pluviosidade entre 1500 a mais de 2000 mm e temperatura do ar em torno de 25,5°C. Apresenta variação entre duas estações, estiagem e chuvosa, esta última abrangendo os meses de março a agosto, sendo julho o mês mais frio e chuvoso, enquanto que o período de estiagem compreende os meses de setembro a fevereiro, sendo novembro e dezembro os meses mais quentes (ITEP 2010).

#### *Coleta e análise dos dados*

Quatro pontos foram delimitados (Fig. 1) com auxílio de GPS, para coletas mensais, no período de agosto de 2009 a julho de 2010, abrangendo os períodos de estiagem e chuvoso, durante as baixa-mares, em maré de sizígia.

A altura das marés foi compilada da Tábua de Marés, do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, referentes ao Porto de Suape, Pernambuco.

Os dados referentes à precipitação de chuvas para a área em estudo foram obtidos do Laboratório de Meteorologia do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (LAMEPE/ITEP), referente à Estação de Cucau (8°40'18"S e 35°11'24"W), localizada no município de Rio Formoso e correspondente à precipitação de chuvas mensal (setembro de 2009 a julho de 2010) e a normal climatológica (últimos 30 anos).

A partir da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi foi determinada a transparência da água, enquanto que, usando a garrafa de Kitahara, foram coletadas amostras da água para determinação da salinidade, obtida *in situ* com uso de um refratômetro.

As amostras para o estudo fitoplânctônico foram coletadas através de arrastos horizontais superficiais, com duração de aproximadamente três minutos, usando uma rede de plâncton, com abertura de malha de 64 µm e em seguida fixadas em formol neutro a 4%. A identificação foi feita até o menor nível hierárquico possível, com uso de microscópio óptico Olympus e tendo como base bibliografias específicas, referentes a livros, teses, dissertações e artigos científicos. Quando necessário, fez-se uso de contraste de fase para evidenciar cloroplastos. O sistema de classificação utilizado foi de Guiry & Guiry (2011) e sempre que possível os organismos foram fotografados com uso de uma câmera digital. Para melhor identificação e observação da ornamentação de frústulas de algumas espécies de diatomáceas, foi utilizado o método proposto por Carr *et al.* (1986).

Foram calculados os valores de abundância relativa, expressos como sendo o número total de organismos de cada táxon na amostra e segundo Lobo & Leighton (1986) e a frequência de ocorrência, levando em consideração o número de amostras em que cada táxon ocorreu, de acordo com o proposto por Mateucci & Colma (1982). A riqueza de espécies foi avaliada como sendo o número de táxons por amostras. Foram calculados os valores diversidade específica (em função da riqueza) (SHANNON 1948) e equitabilidade (PIELOU 1977), utilizando o programa BIOSTAT 5.0 (AYRES *et al.* 2007).

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (ZAR 1996). A variação espacial e sazonal nas características hidrológicas (salinidade e transparência da água) foi testada através de ANOVA fatorial, com teste *a posteriori* de Tukey e a homogeneidade destas foi verificada a partir do teste de Bartlett (ZAR 1996). Essas análises foram realizadas no programa Statistica 7.0 (STATSOFT 2004). Para avaliar a relação das variáveis ambientais e espécies, foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (ACC), com elaboração da matriz com as espécies dominantes, abundantes e muito frequentes (acima de 80% de ocorrência), utilizando o software Canoco 4.5 (ter BRAAK & SMILAUER 2002). A significância das variáveis foi testada através do teste de permutação de Monte Carlo, com 999 permutações irrestritas.

## RESULTADOS

### *Pluviosidade*

Durante o período em estudo, o total de chuvas precipitado foi de 1865,9mm. A sazonalidade foi marcante, com distinção do período chuvoso (março a agosto) e de estiagem (setembro a fevereiro), com valor mínimo de 22mm em novembro de 2009 e um pico de chuvas de 592,5mm alcançado em junho de 2010 (Fig. 2).

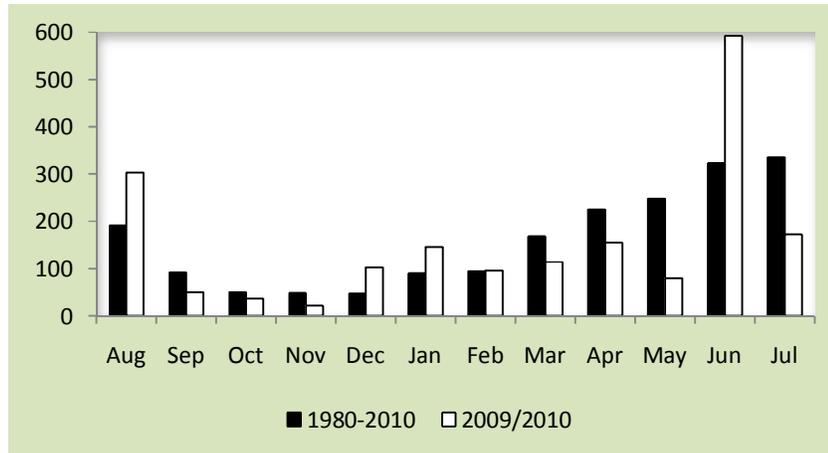


Figura 2. Pluviosidade (mm), indicando a normal climatológica de chuvas, correspondente aos últimos 30 anos (1980-2010) e a média mensal, referente ao período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010) (Fonte: ITEP 2010).

#### *Variáveis ambientais*

As diferenças espaciais e sazonais foram significativas para a variável salinidade ( $F= 3,73$ ;  $p< 0,01$ ;  $F= 22,73$ ;  $p< 0,01$ , respectivamente) (Fig. 3) e a transparência da água ( $F= 30,27$ ;  $p< 0,01$ ;  $F= 12,09$ ;  $p< 0,01$ , respectivamente) (Fig. 4), ambas com os maiores valores registrados durante o período de estiagem e em um gradiente crescente no sentido ao ponto mais a jusante, em que P4 apresentou as maiores médias, de 31,3 de salinidade e 2,0m de profundidade do disco de Secchi, sendo a porção mais a montante (P1) com registro de menores médias, durante o período chuvoso, de 21,3 de salinidade e 70 cm de transparência.

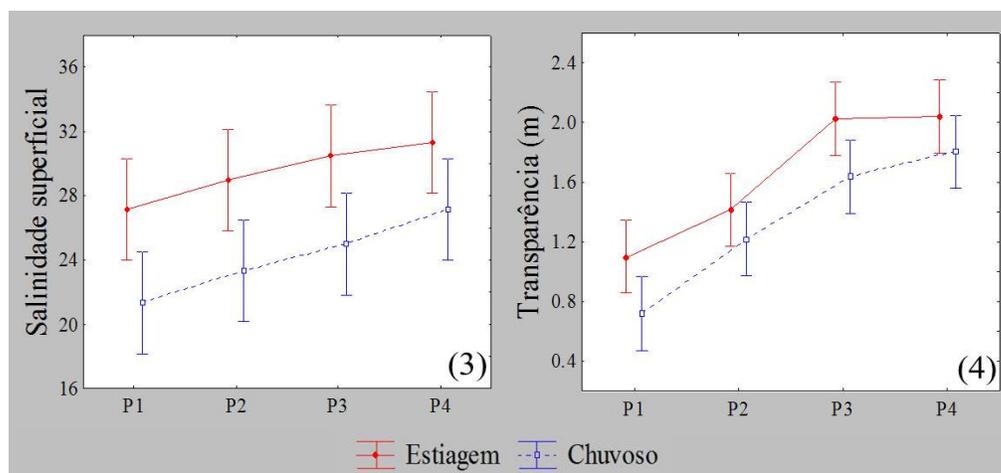


Figura 3-4. Variação espacial e sazonal dos valores médios de (3) salinidade superficial e (4) transparência da água (m) do estuário do rio dos Passos.

### *Composição e ecologia das espécies*

A comunidade fitoplanctônica esteve composta por 129 táxons, distribuídos em cinco filos, com maior riqueza das diatomáceas (Ochrophyta), representando 73% do total, seguido das cianobactérias (Cyanobacteria), com 18%, clorofíceas (Charophyta), com 4%, dinoflagelados (Myzozoa), com 4% e euglenofíceas (Euglenozoa), com 1%.

Quando analisada a ecologia das espécies, 32% do total apresentaram características ticoplanctônicas, seguido pelas marinhas planctônicas oceânicas (28%) e neríticas (24%). Os táxons de hábito dulciaquícola (10,6%) estiveram representados, em sua maioria, pelas cianobactérias e clorofíceas, compostos também por duas diatomáceas, *Fragilaria capucina* Desmazières (Fragilariaceae) e *Nitzschialorenziana* Grunow (Bacillariaceae). Apenas três espécies foram tipicamente estuarinas (5,3%), representadas pelas diatomáceas *Gyrosigma balticum* (Ehrenberg) Rabenhorst (Pleurosigmaaceae), *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg (Entomoneidaceae) e *Surirella striatula* Turpin (Surirellaceae).

### *Variação espacial e temporal*

Em relação à sua distribuição espacial, os táxons estiveram melhor representados nos pontos de maior influência marinha (P3 e P4), onde foram registradas maiores valores de riqueza de espécies, em ambos períodos sazonais.

Do total, 16 espécies (12,4%) foram exclusivas do período de estiagem, com representantes de quase todos os filos (exceto Euglenozoa) e 18 (14%) estiveram presentes somente no período de chuvas, representadas por cianobactérias e diatomáceas (Tab.1).

Tabela 1. Táxons fitoplanctônicos presentes no estuário do rio dos Passos, PE.

<b>Cyanobacteria</b>	<i>Campylodiscussp.</i> <sup>▲</sup>	<i>Licmophora remulus</i>
<i>Chroococcus</i> sp.*	Centrales 1	<i>Melosira dubia</i>
<i>Chroococcus turgidus</i> * <sup>▲</sup>	Centrales 2	<i>Melosira paralia</i> <sup>▲</sup>
Cyanophyceae <sup>▲</sup>	<i>Cerataulus turgidus</i> <sup>▲</sup>	<i>Petronais humerosa</i>
<i>Geitlerinema unigranulatum</i>	<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Navicula</i> sp1
<i>Johannesbaptistiasp.</i>	<i>Chaetoceros atlanticus</i> <sup>▲</sup>	<i>Navicula</i> sp2
<i>Komvophoron</i> sp.	<i>Chaetoceros brevis</i>	<i>Nitzschia circumscuta</i> <sup>▲</sup>
<i>Leptolynghyasp.</i>	<i>Chaetoceros compressus</i>	<i>Nitzschia longissima</i>
<i>Lyngbya</i> sp1	<i>Chaetoceros costatus</i> <sup>▲</sup>	<i>Nitzschia lorenziana</i>
<i>Lyngbya</i> sp2	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>Nitzschia tryblionella</i>
<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Chaetoceros debilis</i>	<i>Odontella aurita</i>
<i>Merismopediasp.</i>	<i>Chaetoceros imbricatus</i> <sup>▲</sup>	<i>Odontella mobiliensis</i>
<i>Oscillatoria princeps</i>	<i>Chaetoceros lacinosus</i>	<i>Odontella regia</i> <sup>▲</sup>
<i>Oscillatoria</i> sp1	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Paralia sulcata</i>
<i>Oscillatoria</i> sp2	<i>Chaetoceros muelleri</i>	Pennales 1
<i>Oscillatoria</i> sp3	<i>Chaetoceros pelagicus</i> <sup>▲</sup>	Pennales 2
<i>Phormidium</i> sp1*	<i>Chaetoceros</i> sp1 <sup>▲</sup>	Pennales 3
<i>Phormidium</i> sp2	<i>Chaetoceros</i> sp2	<i>Pinnulariasp.</i>
<i>Planktolynghya limnetica</i>	<i>Chaetoceros subtilis</i>	<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> sp1
<i>Pseudoanabaena</i> sp1	<i>Chaetoceros teres</i>	<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> sp2
<i>Pseudoanabaena</i> sp2*	<i>Climacosphenia moniliger</i>	<i>Podocystis adriatica</i> * <sup>▲</sup>
Pseudoanabaenaceae	<i>Cocconeis</i> sp.	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
<i>Spirulina subsalsa</i>	<i>Coscinodiscus centralis</i>	<i>Rhabdonema adriaticum</i> <sup>▲</sup>
<i>Trichodesmium</i> sp.	<i>Coscinodiscus kutzingii</i>	<i>Rhabdonema punctatum</i>
<b>Euglenozoa</b>	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> * <sup>▲</sup>	<i>Rhizosolenia setigera</i>
<i>Euglenasp.</i>	<i>Cyclotellasp.</i>	<i>Rhizosolenia styliiformis</i> * <sup>▲</sup>
<b>Myzozoa</b>	<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Surirella fastuosa</i>
<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Dimeregramma</i> sp1	<i>Surirella febigerii</i>
<i>Heterocapsasp.</i>	<i>Dimeregramma</i> sp2	<i>Surirellasp.</i>
<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Diploneis</i> sp1 <sup>▲</sup>	<i>Surirella striatula</i> <sup>▲</sup>
<i>Prorocentrum</i> sp.	<i>Diploneis</i> sp2	<i>Synedra hennedyana</i>
<i>Protoperdinium granii</i>	<i>Ditylum</i> sp.	<i>Synedrasp.</i>
<i>Protoperdinium pentagonum</i> * <sup>▲</sup>	<i>Entomoneis alata</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i> * <sup>▲</sup>
<b>Ochrophyta</b>	<i>Entomoneis</i> sp.	<i>Terpsinoe musica</i> * <sup>▲</sup>
<i>Actinoptychus splendens</i>	<i>Fragilaria brevistriata</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
<i>Amphorasp.</i>	<i>Fragilaria capucina</i> * <sup>▲</sup>	<i>Triceratium pentacrinus</i>
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Grammatophora oceanica</i>	<i>Triceratium</i> sp.* <sup>▲</sup>
<i>Bacillaria paxillifera</i>	<i>Grammatophorasp.</i>	<i>Tropidoneis seriata</i> <sup>▲</sup>
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	<i>Gyrosigma balticum</i>	<b>Charophyta</b>
<i>Bacteriastrum elongatum</i>	<i>Gyrosigma fasciola</i>	Chlorococcales
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	<i>Hemiaulus indicus</i> <sup>▲</sup>	<i>Closterium</i> sp.* <sup>▲</sup>
<i>Bacteriastrum solitarium</i>	<i>Isthmia enervis</i> <sup>▲</sup>	<i>Oedogonium</i> sp.* <sup>▲</sup>
<i>Bellerochea malleus</i>	<i>Lauderiasp.</i> <sup>▲</sup>	<i>Spirogyrasp.</i>
<i>Biddulphia pulchella</i>	<i>Leptocylindrussp.</i> * <sup>▲</sup>	<i>Zygnemataceae</i> * <sup>▲</sup>
<i>Campylodiscus clypeus</i>	<i>Licmophora gracilis</i>	

\*Exclusivo do período de estiagem; <sup>▲</sup>Exclusivo do período chuvoso.

A cianobactéria *Johannesbaptistiasp.* (Entophysalidaceae) foi dominante nos pontos P1 (54%) e P3 (56,2%), ambos no mês de março de 2010. Considerando os meses de fevereiro e março como transição entre as estações climáticas (chuvoso

estiação), essa microalga esteve como dominante e abundante nos pontos P1, P2 e P3. Para os demais meses foi considerada abundante somente no período chuvoso.

Dentre as diatomáceas, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Lewin & Reimann (Bacillariaceae) esteve como dominante em ambos os períodos sazonais e somente nos pontos próximos à montante da porção estuarina estudada, com maiores porcentagens para o mês de outubro de 2009 (P1 com 95,53% e P2 com 93,10%). Nos demais meses de coleta apareceu como abundante em todos os pontos, tanto no período chuvoso, como de estiagem (Fig. 5).

*Chaetoceros subtilis* Cleve (Chaetocerotaceae) dominou somente no mês de junho de 2010 nos pontos P2 (75,3%), P3 (81,3%) e P4 (75,6%), estando como abundante no ponto P1 para este mês (37,2%). Para os demais meses de coleta foi considerada abundante.

*Bacillaria paxillifera* (O. F. Müller) Hendey (Bacillariaceae) dominou somente no ponto P4 (67,1%) em maio de 2010. Para os demais pontos (exceto para P1) essa diatomácea foi considerada abundante em ambos períodos sazonais. A maioria das espécies foi considerada abundante (31% do total) e rara (65,8%).

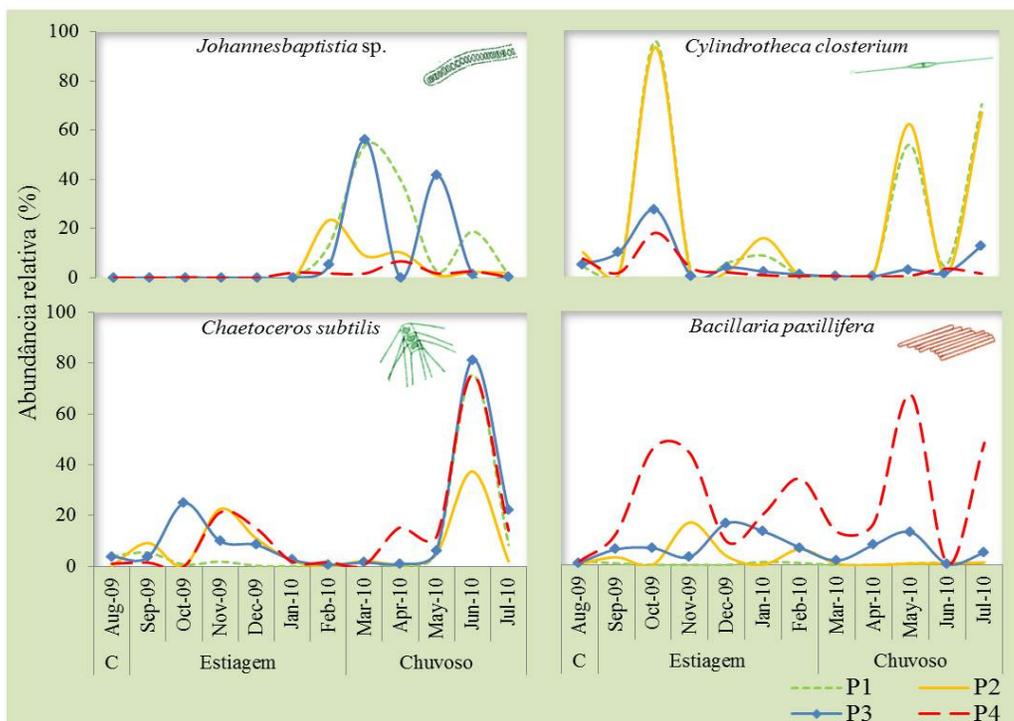


Figura 5. Abundância relativa (%) das espécies dominantes, ao longo do estuário do rio dos Passos (P1, P2, P3 e P4) e durante o ano em coletas (agosto/2009 a julho/2010).

Com relação à frequência de ocorrência, as diatomáceas *Amphoras* sp. (Catenulaceae), *G. balticum* e *N. lorenziana* apresentaram 100% de ocorrência, ou seja, estiveram presentes em todas as amostras analisadas e portanto, consideradas muito frequentes. Ainda nesta categoria (muito frequente) estiveram outras 12 diatomáceas, sendo estas *Actinoptychus splendens* (Shadbolt) Ralfs (Heliopeltaceae), *B. paxillifera*, *Chaetoceros lorenzianus* Grunow (Chaetocerotaceae), *Chaetoceros muelleri* Lemmermann (Chaetocerotaceae), *C. subtilis*, *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg (Coscinodiscaceae), *C. closterium*, *E. alata*, *Nitzschia tryblionella* Hantzsch (Bacillariaceae), Pennales (identificada somente à nível de Ordem), *Pleurosigma/Gyrosigma* sp1 (Pleurosigmataceae) e *Surirella febigerii* Lewis (Surirellaceae); 3 cianobactérias, *Lyngbya* sp2 (Oscillatoriaceae), *Leptolyngbya* sp. (Pseudoanabaenaceae) e *Pseudoanabaena* sp1 (Pseudoanabaenaceae); e 1 dinoflagelado, *Heterocapsa* sp. (Heterocapsaceae).

A diversidade específica apresentou menor valor de 1,23 bits.cel<sup>-1</sup> no ponto P2, em abril de 2010 e maior de 1,74 bits.cel<sup>-1</sup> no ponto de maior influência marinha (P4), no mês de agosto de 2009. Portanto, a diversidade foi considerada baixa (entre 1,0 e 2,0 bits.cel<sup>-1</sup>) para todos os pontos e ambos os períodos sazonais. Foi registrada uma elevada equitabilidade (acima de 0,5) e, portanto uma distribuição uniforme das espécies durante os meses de coletas e em todos os pontos (Fig. 6).

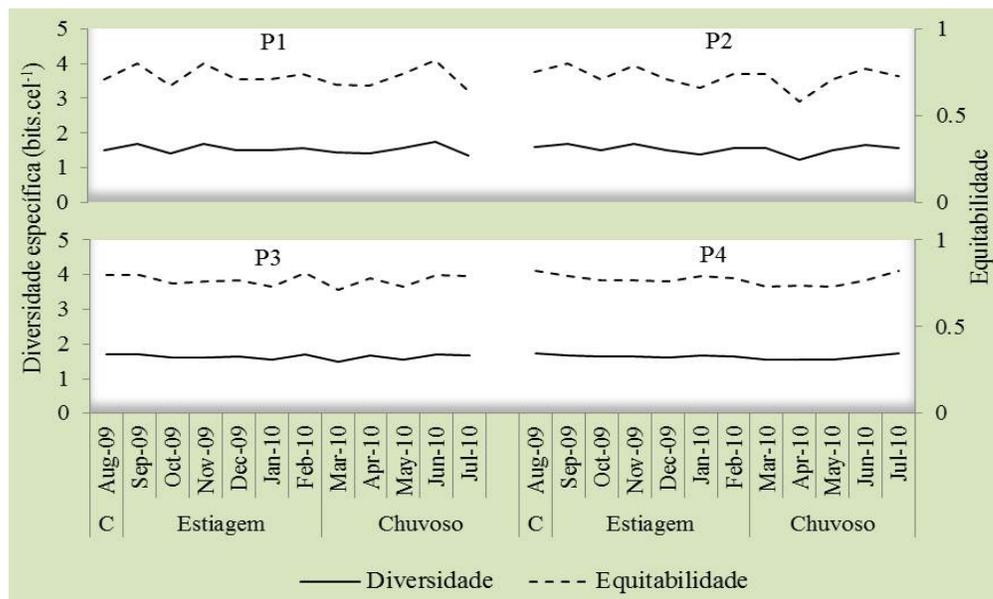


Figura 6. Índices de diversidade específica (bits.cel<sup>-1</sup>) e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica ao longo do estuário do rio dos Passos (P1, P2, P3 e P4) durante o período de coletas (agosto de 2009 a julho de 2010).

### Interação entre espécies e variáveis ambientais

A análise de correspondência canônica (ACC) confirmou haver relação significativa entre as espécies dominantes e abundantes e as variáveis ambientais ( $p < 0,01$ ). A ordenação mostra o agrupamento das espécies, pontos de coleta, períodos mensais e variáveis pluviosidade, salinidade e transparência da água (Fig.7). Os eixos 1 e 2 explicaram 47,4% da variância das espécies no gradiente de variação ambiental, em que a correlação das espécies com as variáveis ambientais foi alta, explicando 49,7% da ordenação canônica nos dois primeiros eixos (Tab.2).

Os fatores ambientais estiveram associados com a maioria das espécies, estando em relação inversa, no eixo 1, com *C. closterium*, Pennales (identificada somente à nível de Ordem), *Pseudoanabaena* sp1 e *Heterocapsa* sp. No eixo 2, salinidade e transparência da água estiveram em relação inversa com estas mesmas espécies, acrescidas de *C. subtilis*, *Amphora* sp., *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky (Thalassionemataceae), *Johannesbaptistia* sp., *Lyngbya* sp2, as quais apresentaram correlação direta com a pluviosidade.

A ordenação das unidades amostrais não indicou agrupamento nítido dos períodos climáticos (estiagem e chuvoso), mas reuniu os pontos de coleta em correlação positiva com os eixos: pontos mais próximos à montante (eixo 1) e à jusante (eixo 2).

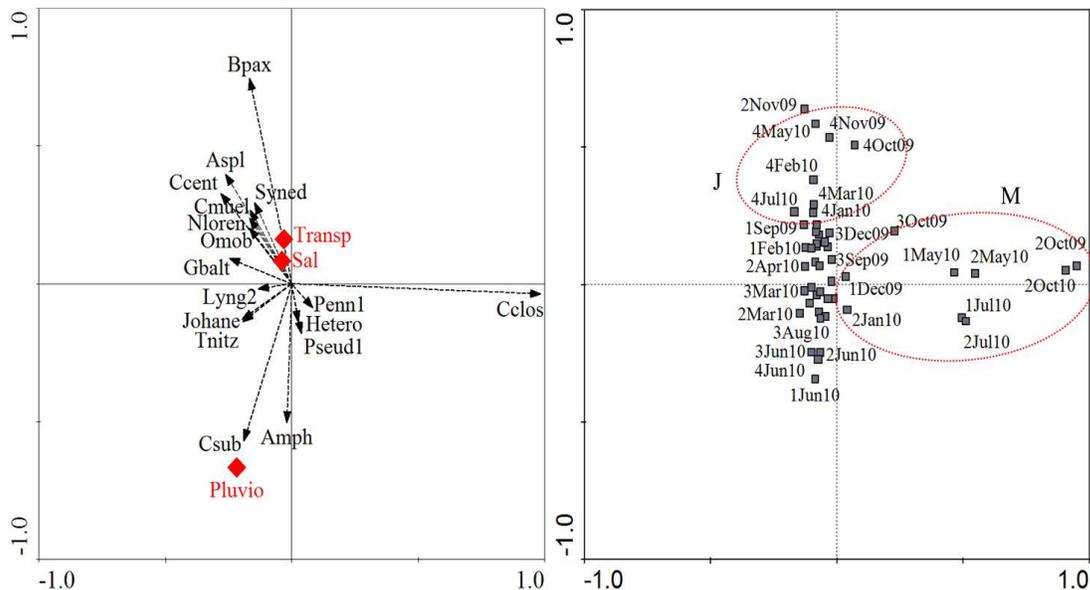


Figura 7. Ordenação da ACC entre as espécies e as variáveis ambientais significativas no estuário do rio dos Passos, Brasil. Legendas: Sal = salinidade; Transp = transparência da água; Pluvio = pluviosidade; Amph = *Amphoras*.; Aspl = *Actinoptychus splendens*; Bpax = *Bacillaria paxillifera*; Ccent = *Coscinodiscus centralis*; Cclost = *Cylindrotheca closterium*; Cmucl = *Chaetoceros muelleri*; Csub = *Chaetoceros subtilis*; Gbalt =

*Gyrosigma balticum*; Hetero = *Heterocapsa* sp.; Johane = *Johannesbaptistia* sp.; Lyng2 = *Lyngbya* sp2; Nloren = *Nitzschia lorenziana*; Omob = *Odontella mobiliensis*; Penn1 = Pennales (identificada somente à nível de Ordem); Pseud1 = *Pseudoanabaena* sp1.; Syned = *Synedra* sp.; Tnitz = *Thalassionema nitzschioides*. As unidades amostrais são identificadas pelo número do ponto de coleta correspondente (1 = P1; 2 = P2; 3 = P3; 4 = P4), iniciais do mês e o número do ano (9 = 2009; 10 = 2010), com agrupamento dos pontos mais próximos a jusante (J) e a montante (M).

Tabela 2. Resumo estatístico e coeficientes de correlação entre as espécies fitoplanctônicas e as variáveis ambientais dos dois primeiros eixos da ACC, no estuário do rio dos Passos, Brasil.

	Eixo1	Eixo2
Eigenvalues	0,280	0,191
Varição dos dados bióticos (%)	28,2	19,2
Varição da relação espécie-ambiente (%)	29,6	20,1
Correlação espécie-ambiente	0,984	0,974
Teste de Monte Carlo:		
Significância do primeiro eixo canônico – <i>p</i>	0,001	
Significância de todos os eixos canônicos – <i>p</i>	0,001	
	Coeficiente Canônico	
	Eixo 1	Eixo 2
Salinidade	-0,2182	0,4547
Transparência	-0,0886	0,4542
Pluviosidade	-0,2551	-0,7741

## DISCUSSÃO

A porção estuarina estudada foi classificada como mesoalina a eualina. Esta variável pode ser considerada como de principal efeito na distribuição das espécies (SIN *et al.* 2000). Pesquisas realizadas com abordagem no efeito do gradiente estuarino em comunidades fitoplanctônicas apontam elevado teor de salinidade como barreira ecológica (MATTA & FLYNN 2008; KASAI *et al.* 2010) e este foi o fator principal que contribuiu com a alta abundância de espécies ao longo do estuário do rio dos Passos.

Em relação à transparência da água, esta é uma variável dependente da precipitação de chuvas (BASTOS *et al.* 2011; MASUDA *et al.* 2011), bem como da topografia local, como é observado no estuário do rio dos Passos e manifesta-se em um gradiente crescente em direção à porção de maior influência marinha (BRANCO *et al.* 2002; GREGO *et al.* 2009).

Corroborando com os trabalhos acerca da composição dos grupos do fitoplâncton, os estuários são comumente representados pelas diatomáceas (LEÃO *et al.* 2008; HONORATO-DA-SILVA *et al.* 2009; GALLEGOS *et al.* 2010; QIU *et al.* 2010), cianobactérias, euglenofíceas, clorofíceas e estando os dinoflagelados bem representados (CETINIC *et al.* 2006; PERÉZ *et al.* 2009; MANNA *et al.* 2010; SANTANA *et al.* 2010; ROCHELLE-NEWALL *et al.* 2011) ou não (BROGUEIRA *et al.* 2007; BARBOSA *et al.* 2009), dependendo dos fatores ambientais e dinâmica local.

No geral, a maioria das espécies estuarinas é de hábito ticoplanctônico, fato este explicado pela pouca profundidade e ao hidrodinamismo do ambiente, os quais favorecem a mistura vertical e ressuspensão de organismos do fundo. A permanência de espécies marinhas planctônicas neríticas e oceânicas, por sua vez, é justificada pela influência do regime de marés, enquanto que o fluxo dos rios proporciona a entrada de espécies dulciaquícolas na porção estuarina (MOISANDER *et al.* 2002; SANTANA *et al.* 2010).

Em relação ao grupo das diatomáceas, *C. closterium* é uma espécie penada eurialina (ODEBRECHT & ABREU 1998; JANOUSEK 2011) e ticoplanctônica (LEÃO *et al.* 2008), com tendência de ocorrer associada a ressuspensão de sedimentos na coluna d'água e, portanto, é frequentemente observada compondo a comunidade fitoplanctônica e/ou o microfítobentos (THORNTON 2002; RIBEIRO *et al.* 2003).

Esta espécie caracterizou os pontos mais próximos à montante do estuário do rio dos Passos, esteve em relação indireta às variáveis ambientais analisadas e dominou o ambiente em ambos os períodos sazonais, semelhante ao registrado em águas costeiras amazônicas brasileiras por Sousa *et al.* (2008) e em áreas costeiras de entremarés, em Portugal, por Ribeiro *et al.* (2003), não apresentando efeito da diferença sazonal.

Além desta espécie, outra diatomácea, *C. subtilis*, esteve em relação direta com a precipitação de chuvas e indireta com a salinidade e transparência da água. Segundo Muylaert *et al.* (2009), é de ocorrência comum em regiões temperadas (SHEVCHENKO *et al.* 2006), condição justificada pela sazonalidade, em que a oscilação anual de temperatura, luz e precipitação de chuvas tem um efeito maior sobre

determinadas espécies do fitoplâncton (GAMEIRO & BROTAS 2007;MANNA *et al.* 2010;ROCHELLE-NEWALL*et al.* 2011).

A espécie *B. paxillifera* é de ocorrência comum no perifíton (CLOERN & DUFFORD 2005), de hábito continental e marinho (GUIRY & GUIRY 2011) e tolera ampla variação de salinidade (HONORATO-DA-SILVA *et al.* 2009). No sul do Brasil, onde há nítida influência sazonal, esta diatomácea é destaque por ser uma das principais espécies penadas presente nos meses mais quentes (FUJITA & ODEBRECHT 2007). Porém, aparece registrada sem efeito sazonal para as águas costeiras amazônicas (SOUSA *et al.* 2008), condição semelhante ao rio dos Passos, onde esteve como abundante em ambos períodos sazonais e dominante no ponto de maior influência marinha, atestando a sua relação direta com as variáveis salinidade e transparência. *B. paxillifera* exerce papel ecológico importante para o complexo estuarino do Rio Formosoe é muito frequente em toda a sua extensão (HONORATO-DA-SILVA *et al.* 2009).

Adicionadas a estas, outras diatomáceas, *Amphorasp.*, *G. balticum* e *N. lorenziana*, são de igual importância para a área em estudo, por estarem presentes em todas as amostras analisadas. São espécies penadas, de ocorrência comum para o nordeste do Brasil (LACERDA *et al.* 2004; SANTIAGO *et al.* 2005; SOUSA *et al.* 2008; HONORATO-DA-SILVA *et al.* 2009), bem como para regiões sul e sudeste (ESKINAZI-LEÇA *et al.* 2011).

Em relação às cianobactérias, a grande maioria das espécies é de origem continental (FUJITA & ODEBRECHT 2007), presentes nas áreas costeiras devido ao fluxo dos rios, variação de salinidade e oscilação da maré (MOISANDER *et al.* 2002; SANTANA *et al.* 2010).

Para o local em estudo, a cianobactéria *Johannesbaptistiasp.* caracterizou o período chuvoso e esteve em relação indireta com a transparência da água e salinidade. Este fato corrobora com o observado por Tebano (2008), que registrou a dominância do gênero em lagoas salobras tropicais do oceano Pacífico, de salinidades intermediárias para o ecossistema.

A microalga *Johannesbaptistiasp.* ocorre principalmente nos trópicos e é comumente encontrada em substrato, sedimento ou superfície vegetal (FRANCESCHINI *et al.* 2010). Estudos mostram uma tendência de seu aparecimento na coluna d'água, usualmente em ambientes rasos, como é o caso do local estuarino em foco e demais regiões costeiras estudadas por Janousek (2011) na Califórnia, Montoya

(2009) no Peru, Rodda & Parodi (2005) na Argentina e Silva *et al.* (2006) no Brasil. Segundo Werner *et al.* (2011), o gênero está presente nas regiões nordeste (Pernambuco), sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro) e sul do Brasil (Rio Grande do Sul) e é de hábitos continental e marinho.

Comumente, *Johannesbaptistiasp.* aparecem águas salobras e salinas (FRANCESCHINI *et al.* 2010), bem como co-existindo com outras cianobactérias filamentosas, como *Microcoleus sp.*, *Trichodesmium sp.*, *Lyngbya sp.*, *Leptolyngbya sp.*, *Phormidium sp.* e *Spirulina sp.* (RODDA & PARODI 2005; SILVA *et al.* 2006; TEBANO 2008; MONTOYA 2009). Todas estas espécies, exceto *Microcoleus sp.*, estiveram em abundância no estuário do rio dos Passos, da mesma forma registrado para *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomon, *Pseudoanabaena sp*<sup>1</sup> e *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg.

Corroborando com Fujita & Odebrecht (2007), os dinoflagelados presentes em estuários estão intimamente relacionados ao regime de marés, responsável por transportar indivíduos das áreas oceânicas, sendo as espécies encontradas no estuário do rio dos Passos de hábito planctônico oceânico. Já as clorofíceas e euglenofíceas são algas pouco representadas no fitoplâncton marinho e estuarino (REVIERS 2006), apresentando para o presente estudo porcentagem somente de 4% e 1% do total, respectivamente.

A diversidade específica baixa é atribuída à dominância de quatro espécies principais para a área em estudo: a cianobactéria *Johannesbaptistiasp.*, e as diatomáceas *C. closterium*, *C. subtilis* e *B. paxillifera*, as quais dominaram em todos os pontos do estuário e durante todo o período de coleta. A diversidade baixa, aliada à dominância de poucas espécies é comumente observada em locais estuarinos (MATTA & FLYNN 2008; SOUZA *et al.* 2008; MASUDA *et al.* 2011; SHEN *et al.* 2011).

Estas quatro espécies apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais, em que *C. subtilis* e *Johannesbaptistiasp.* estiveram em relação direta com a pluviosidade, e inversa as diatomáceas *C. closterium* e *B. paxillifera*. Esta última esteve em relação diretamente proporcional com a salinidade e transparência da água, enquanto que as demais estiveram em correlação inversa com estas variáveis.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro, Processo nº 304992/2006-2; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida ao primeiro autor; ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, pela infraestrutura.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO E.P., FIGUEIREDO, L.G.P., ANJOS D.L., PASSAVANTE J.Z.O. & SILVA-CUNHA, M.G.G. Fitoplâncton em um estuário tropical do Brasil: biomassa e fatores ambientais. *Tropical Oceanography*, no prelo.
- AYRES M.M., AYRES J.R., AYRES D.L. & SANTOS A.S. 2007. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá – IDSM\MCT\CNPq, Belém. 364pp.
- BASTOS R.B., FEITOSA F.A.N., KOENING M.L., MACHADO R.C.A. & MUNIZ K. 2011. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca, Pernambuco - Brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 15(1): 01-10.
- BARBOSA A.B., DOMINGUES R.B. & GALVÃO H.M. 2009. Environmental Forcing of Phytoplankton in a Mediterranean Estuary (Gadiana Estuary, South-western Iberia): A Decadal Study of Anthropogenic and Climatic Influences. *Estuaries and Coasts* DOI 10.1007/s12237-009-9200-x
- BRANCO E.S., FEITOSA F.A.N. & FLORES-MONTES M.J. 2002. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). *Tropical Oceanography* 30(2): 79-96.
- ter BRAAK C.J.F. & SMILAUER P. 2002. *Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination* (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- BROGUEIRA, M. J; OLIVEIRA, M; R.; CABEÇADAS, G. 2007. Phytoplankton community structure defined by key environmental variables in Tagus estuary, Portugal. *Marine Environmental Research* DOI:10.1016/j.marenvres.2007.06.007

- CARR J.M., HERGENRADER G.L. & TROELSTRUP N.H. 1986. A simple inexpensive method for cleaning diatoms. *Transactions of American Microscopical Society* 105: 152-157.
- CHAN F., MARINO R.L., HOWARTH R.H. & PACE, M. 2006. Ecological constraints on planktonic nitrogen fixation in saline estuaries, II. Grazing controls on cyanobacterial population dynamics. *Marine Ecology Progress Series* 309: 41-53.
- CETINIC I., VILICIC D., BURIC A. & OLUJIC, G. 2006. Phytoplankton seasonality in a highly stratified karstic estuary (Krka, Adriatic Sea). *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-005-1103-7
- CLOERN J.E. & JASSBY, A. 2010. D. Patterns and Scales of Phytoplankton Variability in Estuarine-Coastal Ecosystems. *Estuaries and Coasts* DOI 10.1007/s12237-009-9195-3
- CLOERN J. E. & DUFFORD R. 2005. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Marine Ecology Progress Series* 285: 11–28.
- COMPANHIA PERNAMBUCANA DE CONTROLE DA POLUIÇÃO AMBIENTAL E DE ADMINISTRAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. 1999. Diagnóstico sócio-ambiental e ZEEC do litoral sul de Pernambuco. Recife, 91 pp.
- COSTA L.S., HUSZAR V.L.M. & OVALLE A.R. 2009. Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. *Estuaries and Coasts* DOI 10.1007/s12237-009-9142-3
- DAMME V.D., STRUYF E., MARIS T., YSEBAERT T., DEHAIRS F., TACKX M., HEIP C. & MEIRE, P. 2005. Spatial and temporal patterns of water quality along the estuarine salinity gradient of the Scheldt estuary (Belgium and The Netherlands): results of an integrated monitoring approach. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-004-7102-2
- DAMASCENO G., COSTA A.A.A., PASSAVANTE J.Z.O. & CAVALCANTI L.H. 2009. *Stemonaria fuscoidea* (Stemonitaceae, Myxomycetes): a new record for Brazil. *Mycotaxon* 108: 205-211.
- DOMINGUES R.B., BARBOSA A. & GALVÃO H. 2008. Constraints on the use of phytoplankton as a biological quality element within the Water Framework Directive in Portuguese waters. *Marine Pollution Bulletin* DOI:10.1016/j.marpolbul.2008.05.006
- ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M.L. & SILVA-CUNHA, M.G.G. 2004. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: Eskinazi-Leça, E.; Newmann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.). *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Edições Bagaço, p. 353-373
- ESKINAZI-LEÇA E., CUNHA M.G.G.S., SANTIAGO M.F., BORGES G.C.P., LIMA J.C., SILVA M.H., MENEZES M., FERREIRA

- L.C., AQUINO E.P. 2011. Bacillariophyceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011/FB097964>.
- FUJITA C.C. & ODEBRECHT C. 2007. Short term variability of chlorophyll *a* and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). *Atlântica* 29(2): 93-106.
- FRANCESCHINI I.M., BURLIGA A.L., REVIERS J.F.P. & REZIG S.H. 2010. *Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica*. Artmed, Porto Alegre. 332p.
- GALLEGOS C.L., JORDAN T.E. & HEDRICK S.S. 2010. Long-term Dynamics of Phytoplankton in the Rhode River, Maryland (USA). *Estuaries and Coasts* DOI 10.1007/s12237-009-9172-x
- GAMEIRO C., CARTAXANA P. & BROTAS V. 2007. Environmental drivers of phytoplankton distribution and composition in Tagus Estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* DOI:10.1016/j.ecss.2007.05.014
- GREGO C.K.S., FEITOSA F.A.N., HONORATO-DA-SILVA M., SILVA-CUNHA M.G.G. & FILHO G.A.N. 2009. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. *Atlântica* 31(2): 183-198
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. 2011. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- HONORATO-DA-SILVA M., SILVA-CUNHA M.G.G., PASSAVANTE J.Z.O., GREGO C.K.S. & MUNIZ K. 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23(2): 355-368.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO. 2010. Produtos numéricos do Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. Available at: <http://www.itep.br> (10 march 2010).
- JANOUSEK C.N. 2011. Common benthic algae and cyanobacteria in southern California tidal wetlands. *Scripps Institution of Oceanography Technical Report*
- KASAI A., KURIKAWA Y., UENO M., ROBERT D. & YAMASHITA Y. 2010. Salt-wedge intrusion of seawater and its implication for phytoplankton dynamics in the Yura Estuary, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86: 408-414.
- LEÃO B.M., PASSAVANTE J.Z.O., SILVA-CUNHA, M.G.G. & SANTIAGO, M.F. 2008. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 711-722.
- LOBO E. & LEIGHTON G. 1986. Estruturas comunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista Biología Marina* 22: 1-29.

- MANNA S., CHAUDHURI K., BHATTACHARYYA S. & BHATTACHARYYA M. 2010. Dynamics of Sundarban estuarine ecosystem: eutrophication induced threat to mangroves. *Saline Systems* DOI:10.1186/1746-1448-6-8
- MASUDA L.S.M., MOSER G.A.O. & BARRERA-ALBA J.J. 2011. Variação temporal do fitoplâncton no canal estuarino de Santos (SP). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 15(1): 79-93.
- MATTA M.E.M. & FLYNN M.N. 2008. Estrutura da comunidade fitoplanctônica no gradiente de salinidade do estuário de Cananéia – SP. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade* 1(1): 59-69.
- MATEUCCI S.D. & COLMA A. 1982. La metodología para el estudio de la vegetación. *Collection de Monografías Científicas* 22: 1-168.
- MEDEANIC S. & DILLENBURG S.R. 2005. Palynology and <sup>210</sup>Pb datings: first integrated approach to estimating anthropogenic impact on the environment of the Tramandaí Lagoon and adjacent areas during the last century. *Journal of Coastal Research* 42: 271-276.
- MOISANDER P.H., McCLINTON E. & PAERL H.W. 2002. Salinity effects on growth, photosynthetic parameters and nitrogenase activity in estuarine planktonic cyanobacteria. *Microbial Ecology* 43: 432-442.
- MONTOYA H. 2009. Algal and cyanobacterial saline biofilms of the Grande Coastal Lagoon, Lima, Peru. *Natural Resources and Environmental Issues* 15(1): 127-134. 2009
- MUYLAERT K., SABBE K. & VYVERMAN W. 2009. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Schelde estuary (Belgium/ The Netherlands). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* DOI:10.1016/j.ecss.2009.01.024
- ODEBRECHT C., ABREU P.C., MÖLLER O.O., NIENCHESKI L.F., PROENÇA L.A. & TORGAN L. C. 2005. Drought effects on pelagic properties in the shallow and turbid Patos Lagoon, Brazil. *Estuaries*, 28(5): 675-685.
- ODEBRECHT C. & ABREU P.C. 1998. Microalgas. In: *Os ecossistemas costeiro e marinho do Extremo Sul do Brasil* (Ed. by U. Seeliger, C. Odebrecht & J.P. Castello), pp. 36-40. Ecocientia, Rio Grande.
- PAERL H.W., VALDES L.M., PEIERLS B.L., ADOLF J.E. & HARDING-JR L.W. 2006. Anthropogenic and climatic influences on the eutrophication of large estuarine ecosystems. *Limnology and Oceanography* 51(1): 448-462.
- PAERL H.W. & HUISMAN J. 2009. Climate change: a catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environmental Microbiology Reports* 1(1): 27-37.

- PEREZ M.C., MAIDANA N.I. & COMAS A. 2009. Phytoplankton composition of the Ebro River estuary, Spain. *Acta Botanica Croatia* 68(1): 11–27.
- POOLE H.H. & ATKINS W.R.G. 1929. Photoelectric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal Marine Biological Association United Kingdom* 16: 297–325.
- PIELOU E.C. 1967. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York.
- QIU D., HUANG L., ZHANG J. & LIN S. 2010. Phytoplankton dynamics in and near the highly eutrophic Pearl River Estuary, South China Sea. *Continental Shelf Research* DOI:10.1016/j.csr.2009.10.015
- REVIERS B. 2006. *Biologia e filogenia das algas*. Artmed, Porto Alegre. 280pp.
- RIBEIRO L., BROTAS V., MASCARELL G. & COUTÉ A. 2003. Taxonomic survey of the microphytobenthic communities of two Tagus estuary mudflats. *Acta Oecologica* 24: 117–123.
- ROCHELLE-NEWALLE J., CHUV T., PRINGAULT O., AMOUROUX D., ARFIR., BETTARELY., BOUVIERT., BOUVIERC., GOTP., NGUYENT.M.H., MARIX.P., NAVARRO P., DUONGT.N., CAOT.T.T., PHAMT.T., OUILLONS. & TORRÉTON J.P. 2011. Phytoplankton diversity and productivity in a highly turbid, tropical coastal system (Bach Dang Estuary, Vietnam). *Biogeosciences Discuss* 8: 487–525.
- RODDA C. & PARODI E.R. 2005. Cyanophyceae Epipélicas de la Marisma El Cangrejal em el estuario de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40 (3-4): 157-168.
- RODRIGUES R.C., ARAÚJO H.F.P., LYRA-NEVES R.M., TELINO-JÚNIOR W.R. & BOTELHO M.C.N. 2007. Caracterização da Avifauna na Área de Proteção Ambiental de Guadalupe, Pernambuco. *Ornithologia* 2(1): 47-61.
- SANTANA D.S., PAIVA R.S., PEREIRA L.C.C. & COSTA R.M. 2010. Microphytoplankton of the Marapanim estuary (PARÁ, Northern, Brazil). *Tropical Oceanography* 38(2): 152-163.
- SANTIAGO M.F., PASSAVANTE J.Z.O. & SILVA-CUNHA M.G.G. 2005. Caracterização de parâmetros físicos, químicos e biológico em ambiente hipersalino, estuário do rio Pisa Sal (Galinhas, Rio Grande do Norte, Brasil). *Tropical Oceanography* 33(1): 39–55.
- SILVA S.S.L., ZICKEL C.S. & CESTARO L.A. 2008. Flora vascular e perfil fisionômico de uma restinga no litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 22(4): 1123-1135.

- SILVA L.H.S., DELFINO D.O., LOPES F.A.S., IESPA A.A.C. & DAMAZIO, C. M. 2006. Esteiras microbianas poligonais do brejo do Espinho, RJ. *Revista de Geologia*, 19(2): 155-161.
- SIN Y., WETZEL R.L. & ANDERSON I.C. 2000. Seasonal variations of size-fractionated phytoplankton along the salinity gradient in the York river estuary, Virginia (USA). *Journal of Plankton Research* 22(10): 1945-1960.
- SHANNON C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bulletin of System Technology Journal* 27: 379-423.
- SHEN P.P., LI G., HUANG L.M., ZHANG J.L. & TAN Y.H. 2011. Spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Pearl River estuary, with special reference to the influence of turbidity and temperature. *Continental Shelf Research* 31: 1672-1681.
- SHEVCHENKO O.G., ORLOVA T.Y. & HERNANDEZ-BECERRIL D.U. 2006. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Botanica Marina* DOI 10.1515/BOT.2006.028
- SOUSA E.B., COSTA V.B., PEREIRA L.C.C. & COSTA R.M. 2008. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 626-636.
- STATSOFT. 2004. *Statistica: data analysis software system*.
- TEBANO T. 2008. A Preliminary Identification of Cyanophyta/Cyanobacteria in the brackish milkfish ponds of Marakei, Nikunau and Kiritimati Atolls, Republic of Kiribati. *The South Pacific Journal of Natural Science* 26: 62-67.
- THORNTON, D.O.C. 2002. Diatom aggregation in the sea: mechanisms and ecological implications. *Eur. Journal of Phycology*. 37: 149-161.
- TORGAN L.C., BARREDA K.A. & FORTES D.F. 2001. Catálogo das algas Clorophyta de águas continentais e marinhas do Rio Grande do Sul. *Iheringia, Série Botânica* 56: 147-182.
- VASCONCELOS D.M., SANTOS P.J.P. & LOPES R. 2004. Distribuição espacial da meiofauna no estuário do rio Formoso, Pernambuco, Brasil. *Atlântica* 26(1): 45-54.
- WERNER V.R., NEUHAUS E.B., CABEZUDO M.M., SANTOS, K.R.S. 2011. Cyanophyceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011/FB098990>.
- ZAR J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, New Jersey
- XU X. & JAFFÉ R. 2009. Geochemical record of anthropogenic impacts on Lake Valencia, Venezuela. *Applied Geochemistry* 24(3): 411-418.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ecossistema estudado, localizado na área costeira do sul de Pernambuco, apresenta dois comportamentos climáticos distintos: uma estação de elevada precipitação de chuvas, bem distribuída ao longo do ano e acompanhando o histórico de chuvas, bem como uma estação de menor pluviosidade, caracterizando o período de estiagem. O efeito sazonal apresenta, portanto, função importante nos padrões de biomassa, composição, abundância e diversidade biológica do ecossistema em foco.

Assim, ambos os períodos climáticos estiveram caracterizados pelas diatomáceas *C. subtilis*, *B. paxillifera*, *C. closterium*, *Amphoras* sp., *G. balticum* e *N. lorenziana*, com destaque no período chuvoso para a cianobactéria *Johannesbaptistia* sp.

Da mesma forma, a sazonalidade influencia as características ambientais, principalmente salinidade e transparência da água, que foram determinantes na biomassa e composição do fitoplâncton, com a seleção de espécies de cianobactérias e diatomáceas, bem como efeitos na biomassa algal, a qual apresenta maiores concentrações em valores baixos de salinidade. Por outro lado, a transparência da água não limita a biomassa. Esta variável biológica está distribuída de forma homogênea, espacial e temporalmente. A comunidade fitoplancônica está em distribuição uniforme das espécies, porém não homogênea espacialmente, com valores crescentes na riqueza de espécies em direção à porção de maior influência marinha.

A diversidade biológica esteve baixa, em decorrência da dominância de poucas espécies: *C. closterium*, *C. subtilis*, *B. paxillifera* e *Johannesbaptistia* sp., que apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais. Estiveram relacionadas diretamente com a pluviosidade *C. subtilis* e *Johannesbaptistia* sp., e inversamente *C. closterium* e *B. paxillifera*. Esta última esteve diretamente proporcional com salinidade e transparência da água, enquanto que as demais estiveram em correlação inversa.

O ecossistema está em boa qualidade de conservação natural e é de grande importância o seu monitoramento. Os resultados obtidos confirmaram a hipótese de que os fatores ambientais, principalmente pluviosidade, salinidade e transparência da água, influenciam o fitoplâncton, no que se refere à sua biomassa, composição e distribuição. Assim, de forma a contribuir para o conhecimento de suas funções biológicas, o conjunto de dados apresentados para o estuário do rio dos Passos revela importantes características na ecologia e dinâmica do fitoplâncton, em resposta às variáveis ambientais.

## **ANEXOS**

**ANEXO A. Normas de submissão de trabalhos da revista Tropical Oceanography**

Normas online:

**INSTRUÇÕES AOS AUTORES**

Formatação dos trabalhos a serem submetidos para publicação:

Utilizar o modelo (templat). [Clique aqui](#).

**DIGITAÇÃO**

Editor de textos Word

**TAMANHO DO PAPEL:** A4 (21,0 X 29,7cm)

Largura: 18,2cm

Altura: 25,7cm

**MARGENS:**

Superior: 2cm

Inferior: 2cm

Esquerda: 2,5cm

Direita: 2cm

**FONTE:**

Letra: Verdana

Tamanho: 10 (em todo o texto)

O trabalho a ser submetido deve ser enviado (via e-mail para [oceanus@ufpe.br](mailto:oceanus@ufpe.br)) ou entregue em duas cópias impressas com espaço duplo para serem enviadas aos consultores. Posteriormente, será modificado para espaço simples, atendidas as observações dos consultores deverá ser entregue novamente uma cópia impressa e outra em CD Rom e enviado para o seguinte endereço:

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Oceanografia

Revista Tropical Oceanography

Campus Universitário s/n

Cidade Universitária

50.610-901 – Recife, Pernambuco, Brasil.

Fone: 55 81 2126-7219 – 2126-8225

Fax: 55 81 2126-8225.

**EXEMPLOS:****TITULO**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

**NOME(S) DO(S) AUTORE(S)**

(Justificado, sobrenome em negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

Identificação dos autores

(Justificado, Instituição, e-mail, fonte Verdana 10)

**RESUMO e ABSTRAC**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

Deverá constar um resumo e um abstrac. Se o artigo está escrito em inglês virá primeiro o abstract em texto justificado, contínuo com parágrafo único, tabulação inicial com 1,0cm, incluir Palavras chaves (em negrito), fonte Verdana 10).

Exemplos:

Palavras chaves: Biomassa, copépodo, salinidade, estuário amazônico. (Obs.: no máximo cinco palavras que não constem no título do trabalho).

Key-words: Biomass, copepod, salinity, Amazon estuary.

**INTRODUÇÃO**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

(Todo o texto do artigo deve ser justificado, tabulação inicial com 1,0cm, fonte Verdana 10, incluir tabelas e figuras coloridas (preferencialmente, por se tratar de uma revista online), se houver com a expressão (Fig. e/ou Tab.). As figuras e tabelas de outros autores devem constar a fonte. As citações bibliográficas devem seguir as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT (<http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm>, <http://www.abnt.org.br/>), em vigência, atualmente até três autores citar todos, entre ponto e vírgula (;), seguido do ano entre aspas. Se for mais de três autores, citar o primeiro autor, colocar vírgula e a expressão et al., não itálico, seguido do ano entre aspas. Quando o(s) nome(s) do(s) autore(s) estiver(em) entre aspas na citação, todas as letras maiúsculas. Para quaisquer um desses caso,s se coincidir a mesma citação na mesma página, omitir o ano e colocar a expressão op cite (não itálico), caso seja uma citação de outro autor, isto é, se não foi consultado o trabalho original, deve-se utilizar a expressão apud (não itálico), seguido da citação do autor que escreveu o texto citado. Exemplo de citações: Segundo Silva (1999) ... O ambiente .....(SILVA, 1999), SILVA (op cite).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

(Texto justificado, tabulação inicial com 1,0cm, fonte Verdana 10, incluir tabelas e figuras coloridas, se houver, com a expressão (Fig. e/ou Tab. ). Os mapas, gráficos, fotografias, etc, são considerados figuras (Observar a qualidade das figuras que deverá ser inserida em uma tabela com uma linha e uma coluna em “colar especial” (Word) e as tabelas (deverão ser elaborada diretamente do editor de texto (Word), porquanto é de responsabilidade direta do autor a qualidade da apresentação e mesmo da resolução do monitor que estão sendo vizualizadas).

## **RESULTADOS**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

(Texto justificado, tabulação inicial com 1,0cm, fonte Verdana 10, incluir tabelas que deverão ser elaborada diretamente do editor de texto (Word) e figuras coloridas, se houver, com a expressão (Fig. e/ou Tab. ), que deverão ser incluídas no onde elas ficarão definitivante. Observar a qualidade das figuras e tabelas no texto, porquanto é de responsabilidade direta do autor a qualidade da impressão. Na parte superior das tabelas deverá consta as respectivas legendase nas parte inferior as legendas das figuras).

## **DISCUSSÃO**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

(Texto justificado, tabulação inicial com 1,0cm, fonte Verdana 10, incluir tabelas e figuras coloridas, se houver. Observar a qualidade das figuras e tabelas no texto)

## **CONCLUSÃO**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

(Colocar marcadores de parágrafo, texto justificado, fonte Verdana 10)

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

(Centralizado, negrito, maiúscula, fonte Verdana 10)

Listar por ordem alfabética e cronológica de todos os autores citados no texto, seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT em vigência (<http://www.leffa.pro.br/textos/abnt.htm>, <http://www.abnt.org.br/>). Atualmente a lista não deve ter tabulação e deve ser alinhada a esquerda, os sobrenomes devem ser com todas as letras maiúsculas seguidos de vírgulas, e se houver mais de um autor separá-los por ponto e vírgula (; ) utilizando-se fonte Verdana 10. Colocar os títulos das teses e dos livros em negrito, incluir local da publicação, editora, ano da publicação e número de página. Em caso de periódico, após o título incluir local da publicação, v. (volume), n.

(número da página inicial-final) e ano. Resumos apresentados em eventos coloca-se os nomes dos autores e títulos idênticos aos de periódicos seguido da expressão In: (não itálico) nome do congresso (evento) com todas as letras maiúsculas, seguido do seu número ordinal, ano de realização, local de realização do evento, a expressão Resumo... , Proceedings... ou Anais... , em negrito, local de publicação seguida de dois pontos (:), data da publicação, página inicial e final (p.). Para os documentos consultados diretamente da Internet (on line) coloca-se o nome do autor ou entidade em letra maiúscula, o título em negrito, ponto, local, editora, vírgula, ano, ponto, seguido da expressão disponível em: <endereço eletrônico>. Acesso em: dia, mês, ano.

### **EXEMPLOS:**

#### **TESE, DISSERTAÇÕES E MONOGRAFIAS**

BRANCO, E. S. Aspectos ecológicos da comunidade fitoplanctônica no Sistema Estuarino de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil). Recife, 2001. 147f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco.

#### **LIVRO**

GRASSHOF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (Ed.). Methods of and Water Analyses. 2ª ed. New York: Verlag Chemie, 1983. 317 p.

#### **CAPÍTULO DE LIVRO**

SMAYDA, T. J. The phytoplankton of estuaries. In: KETCHUM, B. H. (Ed.). Estuaries and enclosed seas. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1983. p. 65 - 101.

#### **PERÍODICO**

MELO-FILHO; Gustavo A. S. de; MELO, Gustavo A. S. de. Taxonomia e zoogeografia das espécies do Gênero *Munida* Leach, 1820 (Crustacea: Decapoda: Galatheididae) distribuídas ao longo da costa Temperada-Quente do Atlântico Sul Ocidental. *Tropical Oceanography*, Recife, v. 29, n. 1, p. 37-57, 2001.

#### **EVENTOS**

RESUMOS (em inglês)

FEITOSA, Fernando Antônio do Nascimento; PASSAVANTE, José Zanon de Oliveira. Phytoplankton productivity and hydrology of Rocas Atol (Brazil). In: INTERNATIONAL CORAL REEF SYMPOSIUM, 9, 2000, Bali, Proceedings... Bali: 2000. p. 14.

## RESUMOS (em português)

LIMA, R. P.; LUNA, F. O.; PASSAVANTE, J. Z. O. Distribuição do peixe-boi marinho (*Trichechus manatus*, Linnaeus 1758) no litoral norte do Brasil. In: REUNIÓN DE ESPECIALISTAS EN MAMÍFEROS ACUÁTICOS DE AMÉRICA DEL SUR, 9. 2000, Buenos Aires, Resumo ... Buenos Aires 2000, p. 71-72.

Obs.: Se o trabalho for completo utiliza-se a expressão Anais..., em vez de Resumo...**DOCUMENTOS CONSULTADOS DA INTERNET** (online)

**PROSSIGA**: Informação e comunicação para pesquisa. Brasília: CNPq, 1996. Base de dados. Disponível em, <http://www.prossiga.cnpq.br>. Acessado em 10 de abr. 1999.

## **ANEXO B. Normas de submissão de trabalhos da revista *Phycologia***

### **Instructions for Authors**

All manuscripts must be submitted online using the following Allen Press web site: <http://www.editorialmanager.com/phycologia/>.

*Phycologia* is published bimonthly by the International Phycological Society and serves as a publishing medium for information about any aspect of phycology. Membership in the Society is not necessary for publication. Submitted manuscripts cannot be previously published or submitted elsewhere. The Tyge Christensen Prize is awarded annually for the best paper published in the journal. Copyright ownership of all accepted papers is by the International Phycological Society. A copyright release form is available at the “For Authors” pull down menu at the *Phycologia* web site: <http://www.phycologia.org/>.

There are no page charge fees. However, printed journal colour figures have fees. The first colour plate costs \$US550 (\$US500 for IPS financial members); a plate is defined as one or more colour images that are assembled into a single document and can be printed on a single page. Each additional colour plate costs \$US450 (\$US400 for IPS members). Authors may choose online-only colour for plates at a cost of \$75 for each plate. In special cases, costs may be reduced or waived. Supplemental online-only colour figures are free.

### **Editorial Policy**

Two or more referees, an Associate Editor and the Editor-in-Chief usually review each manuscript. However, if a manuscript fails to meet the criteria and standards for *Phycologia*, it may be rejected without review. Referees evaluate the following: (1) international significance and scientific merit, (2) accuracy and logic, (3) clarity, conciseness, and organisation, and (4) quality, value and integration of photographs, graphs, and tables. The Editor-in-Chief makes the final decision for all submissions. Manuscripts must be prepared according to journal instructions. *Phycologia* publishes papers in the following categories: Original Research Article, Research Note, Phycological Review, and Commentary. *Phycologia* also publishes book reviews, obituaries, letters to the editor, and notices for the International Phycological Society.

### ***Phycologia* Style and Grammar**

Contributions should be written clearly and precisely in English (British spellings and usage according to the Concise Oxford Dictionary, 10th ed., Oxford University Press). Latin words and phrases, like *et al.*, *ex*, *in vitro*, *sensu lato*, should be italicized, as should the names of species and genera. Authors not proficient in English should have their manuscripts checked by a competent English speaker before submission.

Typescript should be double-spaced throughout, including references, tables and figure captions. Times New Roman font in 12-point type is preferred. Text should be aligned flush left, not right justified; hyphens should be used in the manuscript only where they are to appear in the publication. All pages should be numbered serially. The complete

scientific name and authority should be given for every organism the first time it is mentioned (excluding the Abstract) (e.g. *Chromulina nebulosa* Cienkowski or *Lobophora variegata* (J.V. Lamouroux) Womersley *ex* Oliveira). Authorities should be given in full, with initials if necessary to avoid ambiguity (see <http://www.ipni.org/index.html>). Authorities should not be abbreviated (e.g. 'Kützing' not 'Kütz. '); in two- or multi-author strings, use '&', not 'and' or 'et' (e.g. (Lamarck) Garbary & H.W. Johansen). Use initials to distinguish between authors with the same surname. Citations in the text should take the form Brown (1995), Smith & Brown (1998a, b), or Brown *et al.* (1996); multiple citations should be ordered chronologically (Brown 1995; Brown *et al.* 1996; Smith & Brown 1998a, b). Papers in press may be cited. Papers submitted or in preparation are to be treated as personal communication. For personal communications, please provide the editors with proof that the person has agreed to your inclusion of his/her unpublished information.

Use metric measurements (SI units). Units should be abbreviated if preceded by numerals: g, ml, s, min, d, mo, yr, mM, etc. (not followed by full stops). Use the minus index (m-1, s-1, etc.) except in such cases like 'per frond'. Numbers greater than nine should be given as numerals except at the beginning of a sentence. Use '%' not 'percent'. Express dates thus: 30 July 2007. In tables and lists of specimens, abbreviate months to three letters, e.g. Jul. Standard chemical symbols and abbreviations may be used if they are concise and widely known in phycology (e.g. ATP, DMSO, EDTA, cDNA, LM, PAR, PSII, Rubisco, SDS-PAGE, SEM, UV, Tris). Use standard symbols and abbreviations for genes (e.g. *rbcl*, *psaA*) but if referring to rRNA then specify genome source when first used or when necessary for clarity (e.g. nuclear-encoded SSU rRNA). Standard statistical symbols should be used.

## I. Original Research Articles

**Title Page:** The title should be brief but informative. If the name of an alga is used in the title, indicate the class or division to which it belongs, e.g. *Platychrysis moestrupii* sp. nov. (Prymnesiophyceae), but do not include nomenclatural authorities. The title should be followed by the names of the authors and then by the names and addresses of their institutions, using superscript numerals 1, 2, etc. as links. The corresponding author should be indicated by \*, with the footnote "\*Corresponding author (person@place.edu)." Changes of address should be given as footnotes. Authors must list key words in alphabetical order (for indexing); note that title words need not be repeated as key words because the title is indexed. Authors may suggest a short running title.

**Abstract:** This must be 350 words or less, written in past tense. It must be informative, giving the principal results and conclusions. If species are mentioned in the abstract but not in the title, indicate the class or division to which they belong. Authorities for taxon names should not be given in the abstract unless the primary purpose of the paper is to clarify nomenclature and the authorship of taxa.

**Introduction:** This should introduce the topic, include background information, and give a brief explanation for why the study was undertaken.

**Material and Methods:** This must provide enough information about the materials, techniques and analyses so that the work could be repeated. Proper documentation is required for cultures and plants used in the study. Cultures must be deposited and available in public collections, or the authors must specifically state that they will provide cultures to other scientists. Voucher material must be deposited in an internationally reputable herbarium or museum. The source (company, address) must be provided for equipment and supplies not obtained through the major companies. Explain any special terminology used in the Results.

**Results:** The Results should be written in past tense. Present the findings in a logical order and draw attention to important details shown in the tables and figures. Figures and tables must be arranged in the order that they appear in the text (e.g. Fig. 1 must be referenced before Fig. 2). Do not repeat information unnecessarily under different headings (e.g. under *LM observations* and then also under *EM observations*). For new taxonomic descriptions, please use a brief diagnosis using only the essential differential characters. Molecular sequences, including DNA barcodes, must be deposited with GenBank/EMBL/DDBJ and the submitted manuscript must include accession numbers. Please see <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> and <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/WebSub/?tool=barcode>. Molecular sequences must be tied to vouchers or culture strains whenever possible. Vouchers and cultures should be accessible to the scientific community in recognized repositories (e.g., public culture collections, herbariums, zoological museums). For population genetic studies, vouchers should be deposited for at least one specimen per sampled population.

**Discussion:** This section should evaluate the significance of the results with regard to the study purpose and within the context of related studies. Please do not repeat text provided in earlier sections.

**Acknowledgements:** Be brief and to the point ('We thank . . .').

**References:** Citations should be arranged alphabetically by author and date. If there are multi-author citations, then arrange them by first author and date (Brown, Smith, Evans & McLeod 1993 before Brown, Jones & Smith 1996). Use small caps for author names. Journal titles must be full titles. See examples below:

HAWKES M.W. 1990. Reproductive strategies. In: *The biology of the red algae* (Ed. by K.M. Cole & R.G. Sheath), pp. 455–476. Cambridge University Press, New York.

KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. 1986. *Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Ed. by H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer), vol. 2/1. G. Fischer, Stuttgart & New York. 876 pp.

HOEK C. VAN DEN, MANN D.G. & JAHNS H.M. 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge University Press, Cambridge. 623 pp.

LOISEAUX-DE GOËR S. 1994. Plastid lineages. *Progress in Phycological Research* 10: 137–177.

VILLAREAL T.A., ALTABET M.A. & CULVER-RYMSZA K. 1993. Nitrogen transport by vertically migrating diatom mats in the North Pacific Ocean. *Nature (London)* 363: 709–712.

HEALTH CARE FINANCING ADMINISTRATION. 2004. New statistics at a glance. Available at: <http://www.hcfa.gov/stats/stathili.htm> (2 December 1996).

RYNEARSON T.A., LIN E.O. & ARMBRUST E.V. 2008. Metapopulation structure in the planktonic diatom *Ditylum brightwellii* (Bacillariophyceae). *Protist* DOI:10.1016/j.protis.2008.10.003.

GUIRY M.D. & GUIRY G.M. 2012. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 13 January 2012.

**Tables:** Each table should be on a separate page. Tables must be numbered consecutively with Arabic numerals. Please provide a brief title for each table. Table contents must be double-spaced throughout. Column headings and descriptive matter in tables should be brief. Place explanations in footnotes, not in the title; for footnote indicators, use superscript numerals 1, 2, etc. Vertical lines should not be used within tables.

**Figures:** Please number figures consecutively using Arabic numerals (e.g. Fig. 1, Fig. 2); do not use letters (e.g., not Fig. 1a or Fig. 2B). Figure numbers must be of consistent size throughout the manuscript. Figures must be in the order that they appear in the text. Within the text, figures should be abbreviated: Fig. 1, Figs 1, 2, Figs 1–3, (Fig. 1), (Figs 1, 2), (Figs 1–3, 11–13), etc. Full-page groups of figures (a plate) must not be referred to as a plate in the text; please refer to these by figure numbers (e.g. Figs 1–6). Figure numbers must not be circled. Use only a scale bar; do not place size information above the scale bar. The maximum page length is 234 mm, but this length must also accommodate the legend. Figures should be designed to fit the width of either one or both columns (86 mm or 179 mm). Individual figures within a group should be squared accurately and arranged with their edges abutting (i.e. no spaces between them). Allen Press will insert a fine line between each photograph, and therefore a small marginal strip of each photograph will be lost; please bear this in mind when positioning figure numbers, scale bars and labels. Letters and numerals used in labeling must be between 2 and 4 mm high. Photographs should plainly show essential features and use no more space than necessary. SEM photographs should be presented in such a way that the scale bar is interpreted meaningfully (usually with the axis of tilt horizontal in the photograph). All photographs must be submitted for same-sized reproduction and should be equal in width to one or two columns of printed text (86 mm or 179 mm). Electronically produced halftones must be at least 300–350 dpi in TIFF or JPEG format; for other specifications for electronically submitted figures, visit <http://www.allenpress.com> and the site <http://figchecker.allenpress.com/cgi-bin/upload.cgi>. Colour photographs are usually published at the expense of the author. The first colour plate costs \$US550 (\$US500 for IPS financial members), and each additional colour plate costs \$US450 (\$US400 for IPS members). Authors may choose

online-only colour for plates at a cost of \$75 per plate. Supplemental online-only colour figures are free.

**Figure Legends:** Authors must cite the herbarium voucher, microscope slide, culture strain, SEM stub, etc., from which each image was taken. A simple bar must indicate the image scale, and the scale bar size must be indicated in the legend, not on the figure itself (e.g. Scale bar = 250  $\mu\text{m}$ .). All terms, abbreviations and symbols should correspond to those used in the text.

**Supplementary Tables and Figures:** *Phycologia* publishes supplementary materials online only. The material must be important and relevant to the printed article, but it will be published online only due to print page restrictions and costs. Editors and reviewers may recommend transfer of figures and tables from the manuscript to supplementary publication. Supplementary documents should be separate from the main manuscript, and the documents or files should be clearly designated (e.g. Table S1, Fig. S25). Supplementary figures must have the legend incorporated as part of the figure. References that pertain only to supplementary materials should be included with the relevant supplementary material. Supplementary materials are not copyedited or typeset; they will appear exactly as submitted.

## II. Commentaries, Letters, Obituaries, Research Notes, Phycological Reviews

A Commentary offers opportunity for phycological debate and discussion. The Editor may invite responses to a commentary, and he/she may coordinate commentaries from different authors (e.g. contrasting views of controversial subjects). An Abstract is required for longer commentaries, but the remaining structure is flexible. Letters to the Editor may be accepted if they point out an error in scientific accuracy, incorrect or misleading information or similar corrections that have been missed by the peer review process. Obituaries are occasionally printed for well-known phycologists who have died. The phycologist should have been a member of the International Phycological Society. Research Notes are one to four printed pages. The Abstract should be brief. Headings are not used, but there should be introductory sentences, methods (if appropriate) and so forth. Citations, tables and figures follow the style described above. Phycological Reviews may be short or long, but they must be authoritative and written on a topic that is of wide phycological interest.

## III. Revised Manuscript

Following review and revision (if required), please submit your final manuscript. The Associate Editor, Editor-in-Chief and Allen Press may make grammatical, stylistic or other changes to your manuscript. Allen Press will send you a PDF proof of your article, and you will be given an opportunity to approve these changes. It is important that you check these changes because alterations to proofs are expensive and will be charged to the authors (excluding printer and copy editor errors). Please note that Allen Press also charges for queries directed to the corresponding author. Authors should pay particular attention to tables and figure legends. Proofs are sent in PDF format to the corresponding author. They should be checked and returned to the Managing Editor

(Alaina Webster, Email: [awebster@allenpress.com](mailto:awebster@allenpress.com)) **within five days of receipt.** If proofs are not returned promptly, the article will be published without the author's corrections. Please note that no manuscripts will be published until the copyright release form is received by the Editor-in-Chief and any colour page charges are paid to Allen Press. Authors will receive an email with instructions for ordering hard copy reprints. Corresponding authors will receive a PDF of their article at no charge.

## **APÊNDICE**

(A) Média mensal da precipitação de chuvas, correspondente aos últimos 30 anos (normal climatológica de chuvas) e ao período de coletas (anos 2009 e 2010).

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	Jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1980	79,30	234,20	264,80	78,70	296,60	503,70	457,90	202,00	77,20	77,20	88,10	121,90
1981	205,80	50,10	178,00	205,30	277,80	282,60	302,00	210,60	85,90	80,60	69,20	62,00
1982	74,40	160,20	53,20	178,40	335,50	264,20	155,90	140,70	116,40	38,40	44,00	52,20
1983	85,60	159,10	416,10	59,30	293,20	166,10	197,70	135,90	43,00	124,80	12,50	44,10
1984	76,00	46,30	171,00	306,20	424,60	158,10	597,20	478,90	96,90	135,00	41,90	0,20
1985	61,40	161,50	352,40	318,90	218,70	221,30	479,50	190,80	95,00	5,50	35,00	29,80
1986	86,90	103,80	441,90	343,40	280,50	349,40	624,60	239,80	163,60	123,20	227,60	107,70
1987	121,40	113,60	188,30	345,30	93,20	204,00	303,00	130,90	50,80	46,60	2,80	0,40
1988	56,40	23,50	123,40	357,70	236,40	303,50	601,00	169,10	101,70	45,00	44,90	67,00
1989	113,60	35,60	127,60	582,40	321,90	373,10	704,40	194,40	29,30	129,80	126,00	172,70
1990	94,80	23,40	33,00	373,40	202,50	155,70	326,80	132,90	114,50	53,90	58,60	25,00
1991	84,44	22,00	50,10	193,78	159,9	188,40	287,48	140,00	95,80	36,22	39,77	23,45
1992	85,25	23,40	33,00	373,40	202,50	155,70	326,80	132,90	114,50	53,90	58,60	25,00
1993	35,70	6,20	104,80	123,00	82,50	127,60	184,30	105,50	27,00	47,60	28,70	35,70
1994	56,50	174,60	143,80	206,60	508,60	593,00	296,00	118,90	173,30	39,80	32,90	51,30
1995	5,20	20,80	147,10	178,10	242,40	472,90	272,30	135,20	26,20	6,10	123,20	5,20
1996	97,40	21,00	135,60	425,00	142,80	274,70	249,70	255,40	115,60	33,90	169,30	31,00
1997	17,80	187,90	286,10	257,50	599,10	91,70	149,10	189,50	7,80	24,90	2,10	18,50
1998	50,90	57,30	48,70	38,60	87,00	23,30	233,50	200,70	37,00	5,40	13,60	11,40
1999	33,70	150,90	62,60	53,30	140,60	101,90	270,10	98,20	59,70	68,70	11,50	75,40
2000	147,20	82,00	113,50	223,70	176,60	711,40	779,80	284,80	407,60	7,20	1,40	61,10
2001	47,10	44,80	159,10	197,10	46,50	507,70	154,10	159,70	50,80	44,80	24,10	64,00
2002	84,00	32,50	150,30	85,00	224,00	435,70	225,10	129,80	36,30	36,60	56,10	2,70
2003	50,10	91,60	340,60	85,30	120,20	197,80	152,50	117,00	173,00	167,00	49,00	89,50
2004	400,50	332,00	102,50	316,50	281,00	800,50	612,00	303,50	222,50	1,00	20,00	1,00
2005	29,00	66,00	101,00	219,00	467,50	508,10	186,20	257,40	41,90	27,70	39,80	88,30
2006	43,80	42,40	134,90	134,90	246,80	335,30	186,30	81,20	58,00	3,50	32,30	7,00
2007	135,90	86,70	215,60	204,10	152,10	365,90	265,90	234,40	103,90	7,40	27,50	34,50
2008	120,40	58,80	354,30	119,40	398,80	218,90	412,90	305,70	20,30	39,70	3,70	3,00
2009	<b>79,50</b>	<b>232,80</b>	<b>71,40</b>	<b>247,50</b>	<b>272,80</b>	<b>314,00</b>	<b>218,00</b>	<b>302,00</b>	<b>49,00</b>	<b>36,70</b>	<b>22,00</b>	<b>103,00</b>
2010	<b>145,70</b>	<b>95,70</b>	<b>114,00</b>	<b>153,80</b>	<b>79,50</b>	<b>592,50</b>	<b>172,00</b>	<b>127,00</b>	<b>55,50</b>	<b>15,70</b>	<b>3,50</b>	<b>27,80</b>
1980-2010	<b>90,51</b>	<b>94,86</b>	<b>168,35</b>	<b>225,31</b>	<b>248,41</b>	<b>322,54</b>	<b>334,97</b>	<b>190,48</b>	<b>91,94</b>	<b>50,45</b>	<b>48,70</b>	<b>46,51</b>

Fonte: ITEP (2010)