

## DINÂMICA DA BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS EM UM ESTUÁRIO TROPICAL (BACIA DO PINA, RECIFE, PE)

Tathiane Galdino dos SANTOS\* ; José Lúcio BEZERRA-JUNIOR; Kátia Muniz Pereira da COSTA;  
Fernando Antônio do Nascimento FEITOSA

Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

\*e-mail: tathigaldino@gmail.com

Recebido em: 8 de setembro de 2008

**Resumo** - A bacia do Pina se situa na parte interna do Porto do Recife ( $8^{\circ}04'03''$  S /  $34^{\circ}52'16''$  W), sendo formada pela confluência dos rios Capibaribe, Tejipió, Jordão e Pina. Trata-se de um ambiente dinâmico, com características estuarinas, sujeito à ação das marés e às alterações ambientais provocadas pelo homem, devido ao despejo de esgotos domésticos e industriais. Essa é uma área de grande importância sócioeconômica, pois representa uma das principais fontes de alimentação para a população ribeirinha, que dela retira a maior parte do seu sustento através das atividades da pesca. O presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de ampliar os conhecimentos sobre a comunidade fitoplanctônica em termos de biomassa, relacionando-a com os principais parâmetros hidrológicos desse ecossistema em diferentes estágios de maré. As amostras de água foram coletadas no dia 10 de outubro de 2006, em nove estações fixas, utilizando-se garrafa de Kitahara na superfície. As amostras foram analisadas no laboratório de Oceanografia Química e de Fitoplâncton da UFPE. A concentração de clorofila **a** foi medida através da análise espectrofotométrica, sendo determinados, ainda, pH, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido e sais nutrientes. De uma maneira geral, observou-se que os teores de clorofila **a** variaram entre 7,63 e 187,37 mg/m<sup>3</sup> durante a maré vazante e entre 15,60 e 211,15 mg/m<sup>3</sup> durante a maré enchente, demonstrando que esse ambiente se apresenta hipereutrofizado, devido à forte ação antrópica a que está submetido.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, biomassa, qualidade ambiental, estuário.

### DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON BIOMASS AND ENVIRONMENTAL VARIABLES IN A TROPICAL ESTUARY (THE PINA BASIN, RECIFE, PE)

**Abstract** - The Pina's basin is located in the inner part of the Port of Recife ( $8^{\circ}04'03''$ S e  $34^{\circ}52'16''$ W), being formed by confluence of Capibaribe, Tejipió, Jordan and Pina rivers. This is a dynamic environment, with estuarine characteristics, subject to tidal action and the environmental changes caused by man, due to dumping of industrial and domestic sewage. This is an area of social and economic great importance, as it represents a major source of food for riverside population, which set most of their support through the activities of fishing. This work was developed with the aim to enlarge the knowledge of the community in terms of phytoplankton biomass, linking it to the main parameters of water ecosystem in different stages of tide. The water sample was collected in October 2006 at 9 fixed stations. A Kitahara bottle was used on the surface. The samples were analyzed in the Laboratory of Oceanography Chemistry and Phytoplankton of the Federal University of Pernambuco. The concentration of chlorophyll was measured by the spectrophotometric analysis and determined, yet, pH, salinity, temperature, dissolved oxygen and nutrients salts. Overall, it was observed that the levels of chlorophyll varied between 7.63 and 187.37 mg.m<sup>-3</sup> during the ebb tide and between 15.60 and 211.15 mg.m<sup>-3</sup> during the flood tide demonstrating that the environment is hipereutrophic because of the strong anthropic.

**Keywords:** phytoplankton, biomass, environmental quality, estuary.

## INTRODUÇÃO

Os estuários estão entre as regiões mais férteis do mundo e sua produtividade se constitui num importante meio de vida para as populações ribeirinhas, que vivem em suas margens e deles retiram a maior parte do seu sustento. Porém, apesar da importância que esses ecossistemas desempenham para as populações humanas e para as várias espécies de organismos que dependem dos estuários, estes têm sido alvos de inúmeros impactos antrópicos, funcionando como receptores de efluentes domésticos e industriais que vêm alterando, sobremaneira, suas condições ambientais.

Nos estuários, assim como nos demais ambientes aquáticos, a comunidade planctônica representa a base principal da teia alimentar, formada por milhares de espécies de pequenos organismos animais e vegetais, representantes de diversos grupos taxonômicos e tamanhos que, em princípio, variam entre 0,2 e 5.000  $\mu\text{m}$ , contribuindo com mais de 90% da produção orgânica anual dos oceanos. A reação da fotossíntese, realizada pelo fitoplâncton, principalmente, constitui-se no primeiro passo na fixação do carbono inorgânico em carbono orgânico particulado (PARSONS; TAKAHASHI, 1975; RAYMONT, 1980).

O fitoplâncton é o principal produtor primário dos oceanos, constituído por um conjunto de microalgas unicelulares que, através da fotossíntese, desenvolve-se na zona eufótica, formando a base da teia alimentar marinha (RAYMONT, 1980; LALLI; PARSONS, 1993). Cianofíceas filamentosas do gênero *Trichodesmium* (Oscillatoria) são frequentes na plataforma brasileira, formando “*blooms*” associados às condições hidrográficas e/ou ações antropogênicas (BARTH, 1967; BRANDINI, 1988; GIANESELLA-GALVÃO, COSTA; KURTNER, 1995).

Entretanto, nem sempre os “*blooms*” do fitoplâncton favorecem a economia pesqueira. Ao contrário, há espécies de flagelados e diatomáceas, produtores de toxinas, que afetam os demais organismos da comunidade biológica local. “*Blooms*” desses organismos são chamados “*blooms* nocivos” e sua ocorrência, em regiões de plataforma e estuários, têm origem, principalmente, nas ações antropogênicas, podendo ser catastrófica para o ecossistema, além de altas concentrações dessas toxinas se acumularem em tecidos e gorduras de moluscos e peixes, causando sérios sintomas em animais que deles se alimentam, incluindo o homem. Essas toxinas, quando ingeridas, causam problemas gastrintestinais e neurológicos, além de, em casos extremos, ocorrer morte por asfixia, o que pode trazer consequências devastadoras para as atividades sócio-econômicas da região afetada (LASSUS, PRONIEWSKI, MAGGI, TRUQUET; BARDOUIL, 1993).

Organismos planctônicos estabelecem relações intra e interespecíficas complexas, competindo por espaço e recursos orgânicos e inorgânicos na coluna de água. Mudanças na comunidade

planctônica acarretam profundas modificações estruturais em todos os níveis tróficos dos ecossistemas marinho e estuarino, pois, devido ao seu caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, essa comunidade responde rapidamente às alterações físico-químicas do meio aquático. As variações no regime meteorológico, as características geomorfológicas regionais e os impactos antropogênicos nas áreas costeiras e estuarinas estabelecem, conjuntamente, o regime hidrográfico particular de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal de suas comunidades planctônicas.

O ambiente estuarino da bacia do Pina, caracterizado, principalmente, por se constituir numa região de encontro entre a água do mar e a água de rios, vem sendo degradado por meio de ações antrópicas, ao longo dos tempos. Esses fatos fazem com que seu monitoramento se torne altamente necessário, a fim de se estabelecerem medidas mitigadoras para mantê-lo o mais próximo possível de seu equilíbrio natural. Desta forma, análises dos fatores físico-químicos, que contribuem para a distribuição espacial de organismos fitoplanctônicos, base da teia trófica dos ambientes aquáticos, têm importância fundamental para a avaliação qualitativa e quantitativa do nível de degradação que sofrem os ambientes estuarinos.

Devido à grande importância sócio-econômica que a bacia do Pina exerce, principalmente, para população de baixa renda, como produtora de alimentos, vários estudos foram realizados na área, tais como os de Coutinho (1961), Mabesoone; Coutinho (1970), Feitosa (1988), Feitosa; Passavante (1990), Sant'ana (1993), Maia (1995) e Feitosa, Nascimento; Costa (1999).

Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de ampliar os conhecimentos adquiridos em estudos pretéritos realizados nesse ecossistema sobre o comportamento da comunidade fitoplanctônica em termos de biomassa, relacionando-a com os principais parâmetros hidrológicos e dar um diagnóstico das atuais condições ambientais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do Pina está situada na parte mais interna do Porto do Recife ( $8^{\circ}04'03''$  S e  $34^{\circ}52'16''$  W), Tratando-se de uma área estuarina bastante dinâmica do ponto de vista hidrográfico. É formada pela confluência dos rios Tejipió, Jiquiá, Jordão, Pina e pelo braço sul do Capibaribe. Por ser uma área portuária, há um constante tráfego de embarcações, funcionando também como um verdadeiro reservatório para descarga de indústrias e efluentes de esgotos domésticos.

De acordo com a classificação de Köppen, a área apresenta um clima do tipo As' denominado Tropical Quente Úmido, com chuvas de outono e inverno, caracterizando-se por períodos distintos de

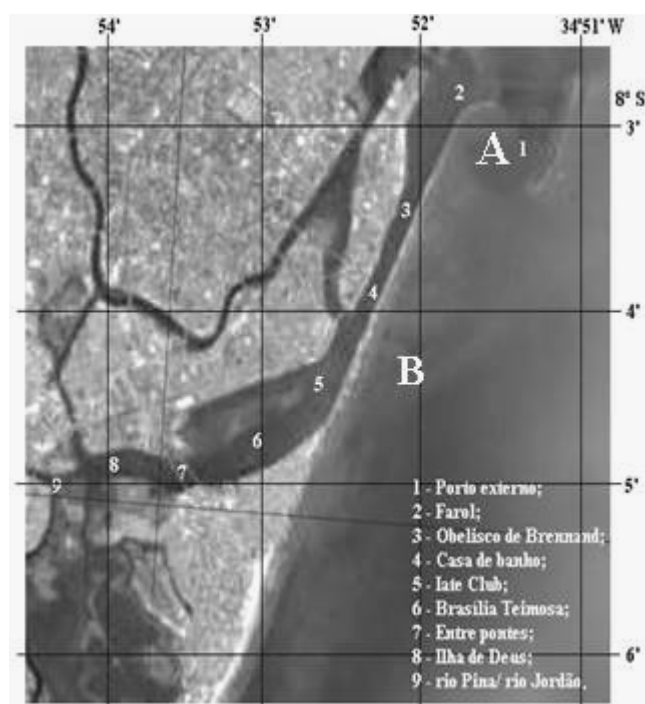
regime pluviométrico: uma estação seca ou de estiagem, que vai de setembro a fevereiro e uma estação chuvosa, de março a agosto. Possui uma extensão de 3,6 km e largura variável, sendo a mínima de 0,26 Km e a máxima de 0,86 Km, perfazendo uma área total de, aproximadamente, 2,02 Km<sup>2</sup>.

Segundo Mabesoone; Coutinho (1970), a bacia do Pina é constituída por dois canais laterais, que permitem a navegação durante a baixa-mar, ficando expostas na parte central algumas coroas de areia, sendo que uma das principais recebe o nome de Coroa dos Passarinhos. Esta coroa se encontra geralmente emersa durante a baixa-mar, ficando submersa por ocasião da preamar. Em sua parte inferior, a coroa é constituída basicamente por areia quartzosa e fragmentos de material fóssil, originado de organismos marinhos, enquanto, na parte superior, existe uma película superficial de argila de cor marrom escuro com, aproximadamente, 1 cm de espessura.

É justamente na baixa-mar que a coroa dos Passarinhos sofre com a intensa atividade pesqueira que acontece na região, através dos catadores de moluscos que têm nessa atividade uma importante fonte de sobrevivência. Dentre as espécies de moluscos comercializadas pelos pescadores, estão: *Anomalocardia brasiliana* (marisco-pedra), *Tagelus plebeius* (unha-de-velho) e *Crassostrea rhizophorae* (ostra-de-mangue). Ainda, a área serve de abrigo, alimentação e repouso para diversas aves migratórias, fato que lhe conferiu o nome.

Amostras de água foram coletadas ao longo da bacia do Pina, situada na parte mais interna do porto do Recife (8°04'03" S/34°52'16" W), durante as marés vazante (VZ) e enchente (EN), totalizando duas coletas por estação: uma pela manhã e outra à tarde, em 10 de outubro de 2006. Foram selecionadas 9 estações fixas, dispostas desde o mar aberto (estação 1) até uma região mais a montante da bacia, próxima à confluência dos rio Pina e Jordão (estação 9) (Figura 1).

A coleta das amostras, destinadas às análises de clorofila-a e nutrientes dissolvidos, foi realizada empregando uma garrafa de Kitahara, na camada superficial da água, obtendo-se 0,5 litros de água em cada estação, na maré de sizígia e nos estágios de vazante e enchente. Também foram obtidos parâmetros abióticos do ecossistema. A temperatura superficial da água foi aferida através de termômetro comum (mercúrio) e a salinidade através do método de Mohr-Knud (STRICKLAND; PARSON, 1972). O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado com o auxílio de um peagâmetro Beckman® (modelo Zeromatic II). A transparência da água foi mensurada através da leitura de disco de Secchi, cujos dados foram empregados no cálculo de extinção da luz (k), segundo a expressão de Poole e Atkins (1929), enquanto a profundidade local foi aferida por meio de uma ecossonda.



**Figura 1** - Localização das estações de coleta na área de estudo, que inclui o porto do Recife (A) e a baía do Pina (B), em outubro de 2006 (Fonte: Google Earth: [www.googleearth.com.br](http://www.googleearth.com.br)).

As amostras foram analisadas no laboratório de Oceanografia Química e de Fitoplâncton da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O teor de clorofila **a** foi medido através da análise espectrofotométrica da UNESCO (1966). Para tanto, subamostras de água referentes a cada estação, na vazante e na enchente, foram filtradas imediatamente através de filtros de microfibras de vidro da Whatman (GF/C), à vácuo. Em seguida, os filtros foram postos em tubos de ensaio contendo acetona a 90%, acondicionados sob refrigeração de  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para a extração da clorofila-a. Em seguida fez-se centrifugação e depois leituras com espectrofotômetro GAHAKA, em comprimentos de onda de 630, 645, 665 e 750  $\text{nm}$ , com as concentrações calculadas segundo a fórmula de Parsons; Strickland (1963), com resultados expressos em  $\text{mg.m}^{-3}$ . Considerando-se: oligotrófico  $< 1 \text{ mg.m}^{-3}$  de clorofila-a  $<$  eutrófico.

A quantidade de material em suspensão foi estimada segundo Baumgarten *et al.* (1996). O teor de Oxigênio dissolvido foi estimado através do método de Winkler (GRASSHOFF *et al.*, 1983) e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi calculada pelo método descrito no ‘Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater’ (APHA, 1985). As análises dos nutrientes inorgânicos dissolvidos na água foram realizadas com o emprego dos métodos de Strickland; Parsons (1972), para nitrito, nitrato, fosfato e amônia, e da técnica descrita por Grasshoff *et al.* (1983), para o silicato.

Devido aos valores muito próximos das concentrações de nutrientes dissolvidos, eles são apresentados em média, para cada estação.

Para a análise das correlações entre a clorofila-a e os fatores abióticos analisados, bem como entre as estações de coleta, foram empregados o índice de correlação de Spearman ( $p = 0,05$ ) e os métodos de agrupamento (*Cluster analysis*). As análises de agrupamento foram feitas após a logaritmização dos dados (KREBS, 1989), através do método de ligação WPGMA (*Weighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), com coeficiente de Braycurtis, e distância *City-block (Manhattan)* (SAS Institute Inc., 1990). As análises dos dados foram realizadas com o emprego do Programa *Statistica for Windows* (*Copyright*® StatSoft, Inc. 1984 – 2001).

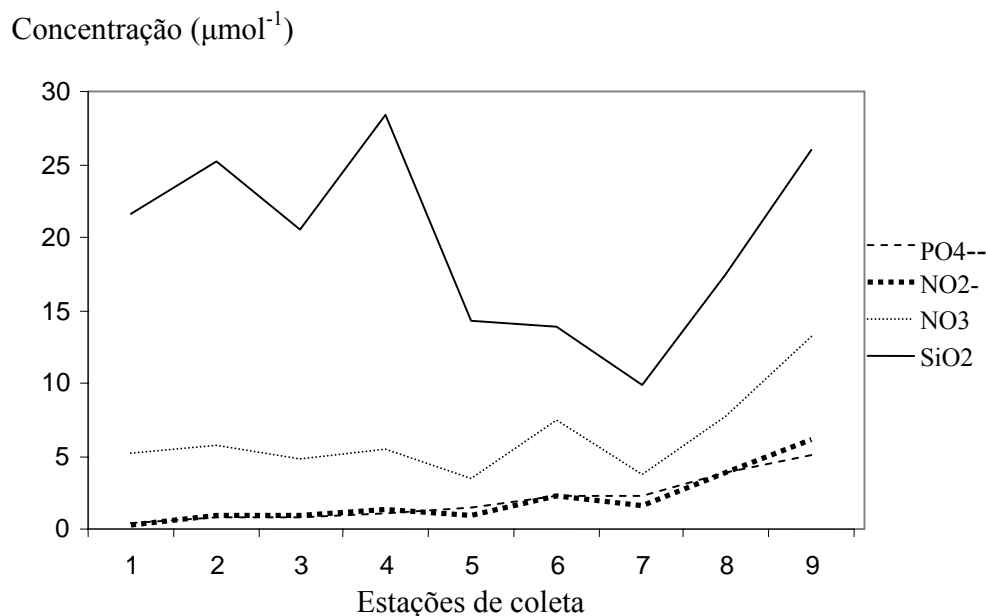
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das análises realizadas, observou-se que a temperatura superficial da água do complexo estuarino da bacia do Pina não apresentou variações de magnitude, capazes de influenciar na distribuição e abundância de sua comunidade fitoplanctônica, com mínima de 27,9°C, na estação 9 (Ilha de Deus) e máxima de 29°C na estação 1 (Porto do Recife). Já a salinidade, ao longo do transecto de estações, variou entre 33,2‰ (estação 1) e 10,82‰ (estação 9), indicando que a área de abrangência da bacia do Pina se caracteriza como um ambiente tipicamente estuarino, recebendo aporte de água marinha por uma extremidade e água doce por outra.

Os valores de pH permaneceram sempre alcalino, alternando entre 8,26 na estação 8 (montante do estuário) e 8,57, na estação 1 (Porto do Recife) (Tabela 1). Esses valores apontam para a manutenção do ambiente sempre alcalino, o que indica um perfeito equilíbrio iônico ao longo de todo o ecossistema estudado, encontrando-se dentro dos limites aceitáveis para a vida marinha, entre 6,5 e 9 (PERKINS, 1974).

A análise da transparência da água apresentou uma variação espacial ao longo da região de estudo, com valor mínimo a montante da bacia (estação 8) e máximo na estação marinha (Porto do Recife) (1). A transparência da água apresentou uma diminuição gradativa entre a estação marinha e a estação próxima à comunidade da Ilha de Deus (9), mais limnética, em consequência da entrada dos dejetos antropogênicos (esgoto doméstico) nas águas da bacia. No entanto, não foi observada nenhuma relação entre os níveis de transparência da água e os teores de clorofila-a, indicando que a intensidade de luz não interferiu de forma significativa ( $p > 0,05$ ) nas concentrações de clorofila-a da região de estudo.

As análises sobre os nutrientes dissolvidos apresentaram os teores de fosfato ( $\text{PO}_4$ ) e de nitrito ( $\text{NO}_2$ ) com uma clara tendência ascendente, entre a região marinha e a montante da área de estudo, enquanto os demais nutrientes alternaram entre altos e baixos (Figura 2).



**Figura 2** - Variação nos teores de nutrientes dissolvidos (fosfato -  $\text{PO}_4$ ; nitrito -  $\text{NO}_2$ ; nitrato -  $\text{NO}_3$ , e silicato -  $\text{SiO}_2$ ) ao longo das estações de coleta (1 a 9) na baía do Pina em 10 de outubro de 2006.

O fosfato variou de  $0,39 \mu\text{mol/L}$  (estação 1) a  $5,06 \mu\text{mol/L}$  (estação 9) e o nitrito entre  $0,26 \mu\text{mol/L}$  (estação 1) e  $6,09 \mu\text{mol/L}$  (estação 9). Os teores de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) tiveram o mínimo de  $3,43 \mu\text{mol/L}$  (estação 5) e o máximo de  $13,26 \mu\text{mol/L}$  (estação 9); o silicato ( $\text{SiO}_2$ ) alternou entre  $9,89 \mu\text{mol/L}$  (estação 7) e  $28,36 \mu\text{mol/L}$  (estação 4); a amônia ( $\text{NH}_3$ ) teve a menor concentração nas estações de 1 a 3 ( $0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$ ) e a maior na estação 7 ( $0,1006 \mu\text{mol/L}$ ) (Tabela 1).

Ao relacionar nutrientes dissolvidos e valores de pH, foi observada uma correlação significativa positiva dos teores de fosfato ( $\text{PO}_4$ ) com os de nitrito ( $\text{NO}_2$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ), e negativa entre o fosfato e o pH. O nitrito apresentou correlação positiva com o nitrato ( $\text{NO}_3$ ) e a amônia, e negativa com o pH. Sobre os demais parâmetros analisados, não se observou correlação significativa (Tabela 2).

**Tabela 1** - Teores médios dos nutrientes dissolvidos (fosfato - PO<sub>4</sub>; nitrito - NO<sub>2</sub>; nitrato - NO<sub>3</sub>; silicato - SiO<sub>2</sub> e amônia - NH<sub>3</sub>) e potencial hidrogeniônico (pH) na água da bacia do Pina em 10 de outubro de 2006.

Estação	Concentração (μmol. L <sup>-1</sup> )					pH
	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
1	0,3908	0,2603	0,0001	5,215	21,6227	8,57
2	0,8116	0,9452	0,0001	5,6828	25,2269	8,55
3	0,8536	0,8932	0,0001	4,7895	20,5774	8,54
4	1,1257	1,3079	0,0181	5,5203	28,3671	8,44
5	1,4936	0,9306	0,022	3,4357	14,2825	8,43
6	2,2059	2,307	0,0346	7,4235	13,8559	8,30
7	2,3033	1,6118	0,1006	3,7415	9,8906	8,39
8	3,9101	3,8976	0,0035	7,6791	17,4892	8,26
9	5,0646	6,0967	0,0475	13,2603	26,0518	8,37

**Tabela 2** - Correlação de Spearman (p = 0,05) entre os nutrientes dissolvidos (fosfato - PO<sub>4</sub>; nitrito - NO<sub>2</sub>; nitrato - NO<sub>3</sub>; silicato - SiO<sub>2</sub>; amônia - NH<sub>3</sub>) e o potencial hidrogeniônico (pH) da bacia do Pina (Recife - PE) nas marés vazante e enchente.

	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	SIO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	pH
PO <sub>4</sub>	1	0,9	0,433333	-0,26667	0,779773	-0,91667
NO <sub>2</sub>	0,9	1	0,716667	-0,05	0,661112	-0,86667
NO <sub>3</sub>	0,433333	0,716667	1	0,4	0,050855	-0,46667
SIO <sub>2</sub>	-0,26667	-0,05	0,4	1	-0,38989	0,416667
NH <sub>3</sub>	0,779773	0,661112	0,050855	-0,38989	1	-0,66111
pH	-0,91667	-0,86667	-0,46667	0,416667	-0,66111	1

Segundo Flores-Montes *et al.* (1998), na região do Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz, os teores de nitrito e nitrato foram mais elevados no período chuvoso, enquanto amônia, fosfato e silicato tiveram maiores concentrações no período seco. No presente trabalho, realizado no período de estiagem, registraram-se maiores teores de fosfato e silicato, quando comparados aos de nitrito e nitrato. Ainda, aqueles nutrientes apresentaram um aumento gradativo ao longo das estações, da região



marinha para a montante da bacia, com maiores concentrações nas estações próximas à confluência rio Jordão e do rio Pina, o que indica a influência das águas limnéticas no ambiente de estudo.

Quando correlacionadas às concentrações de clorofila-a com os teores de nutrientes dissolvidos, através do índice de Spearman ( $p = 0,05$ ) (Tabela 3), observou-se, na maré vazante, que as concentrações de clorofila-a se apresentaram influenciadas, principalmente, pelos teores de fosfato ( $\text{PO}_4$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2$ ), aumentando à proporção em que aumentou a concentração desses nutrientes. Durante a maré de enchente, as concentrações de clorofila-a apresentaram uma menor correlação com os parâmetros analisados, quando em comparação à vazante, além de se mostrar mais relacionada aos teores de fosfato e amônia ( $\text{NH}_3$ ), principalmente, bem como aos valores de pH. Feitosa, Nascimento; Costa (1999) também encontraram uma relação diretamente proporcional do fosfato com a clorofila-a, no Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo. Segundo aqueles autores, o fósforo é um nutriente limitante em alguns ambientes aquáticos e está presente sob várias formas, sendo o ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ) a mais importante e a que apresenta concentrações usualmente baixas, representando apenas uma fração do conteúdo de fósforo total.

O oxigênio dissolvido é o mais importante indicador da qualidade ambiental, uma vez que que indispensável à manutenção dos processos vitais nos animais. Na área de estudada variou de 2,79 ml/L (estação 6) a 5,6 ml/L (estação 9), durante a maré vazante (Figura 3), observando-se uma tendência na distribuição espacial com concentrações maiores nas estações externas do transecto (1 e 9), que diminuem gradativamente nas estações mais internas (5 e 6). Essas estações medianas se localizam exatamente no meio da bacia do Pina (Figura 1), que recebe uma grande injeção de dejetos antropogênicos e industriais de forma direta, notadamente sem nenhum tratamento, oriundos, principalmente, da comunidade de Brasília Teimosa, que possui inúmeros esgotos clandestinos. Travassos, Macêdo, Koenig (1991/93) também reportaram o grande aporte de poluição na bacia do Pina, proveniente de efluentes industriais e domésticos, que causam um acentuado desequilíbrio dos parâmetros hidrológicos, principalmente dos relacionados com o oxigênio dissolvido, DBO e elementos nutrientes dissolvidos. Estes baixos teores de oxigênio dissolvido, menores que  $4 \text{ ml.L}^{-1}$ , indicam índices de poluição nessa região, sugerindo que a matéria orgânica não está sendo reciclada de maneira a manter o equilíbrio do ecossistema durante a baixa-mar, segundo a classificação de Macedo; Costa (1987).

**Tabela 3** - Correlação de Spearman ( $p = 0,05$ ) entre as concentrações de clofófila-a (Cla), nas marés vazante (VZ) e enchente (EN), e os teores de nutrientes dissolvidos na água da bacia do Pina (Recife - PE).

Variáveis	N	R	t (N-2)	Nível-p
Cla VZ x PO <sub>4</sub>	9	0,95	8,049525	8,763005
Cla VZ x NO <sub>2</sub>	9	0,916667	6,068451	0,000507
Cla VZ x NO <sub>3</sub>	9	0,533333	1,668115	0,139227
Cla VZ x SiO <sub>2</sub>	9	-0,13333	-0,35594	0,732368
Cla VZ x NH <sub>3</sub>	9	0,695015	2,55751	0,037688
Cla VZ x pH	9	-0,86667	-4,59619	0,002495
Cla EN x PO <sub>4</sub>	9	0,85	4,269102	0,003705
Cla EN x NO <sub>2</sub>	9	0,75	3	0,019942
Cla EN x NO <sub>3</sub>	9	0,15	0,401404	0,700094
Cla EN x SiO <sub>2</sub>	9	-0,63333	-2,16525	0,067086
Cla EM x NH <sub>3</sub>	9	0,847579	4,225771	0,003909
Cla EN x pH	9	-0,88333	-4,98582	0,001591

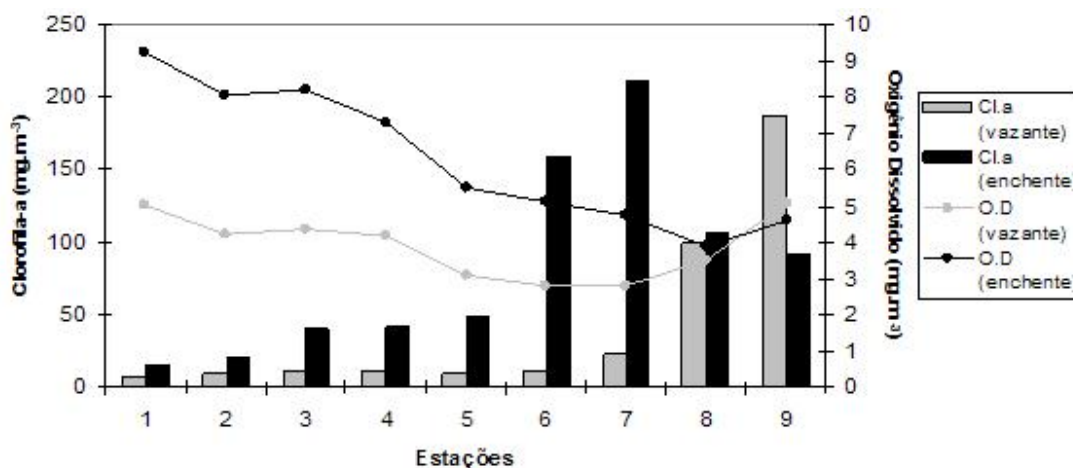
Na maré enchente, os teores de oxigênio dissolvido foram de 3,87 ml.L<sup>-1</sup> (estação 8) a 9,23 ml.L<sup>-1</sup> (estação 1), apresentando uma clara tendência decrescente da estação marinha às estações mais a montante. Estes teores de oxigênio dissolvido, mais elevados nas estações mais próximas ao mar, ocorrem, possivelmente, devido ao turbilhonamento provocado pela entrada de água marinha no ambiente estuarino, durante a preamar, pois é reportado que, além do processo fotossintético, as principais fontes de oxigênio para as camadas d'água são, exatamente, o encontro entre água salgada e doce, com seu consequente turbilhonamento, bem como a absorção desse gás através da atmosfera (McLusck, 1971). Ademais, os valores de oxigênio estimados para o ambiente durante a enchente, sugerem que há saturação de oxigênio na área, indicando a realização de reciclagem da matéria orgânica nesse período.

No meio aquático, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio dissolvido consumida pelas bactérias aeróbicas, a fim de possibilitar a oxidação da matéria orgânica presente no ambiente (Ottoni-Neto, 1976). Na bacia do Pina, a DBO variou entre -1,98 mg.L<sup>-1</sup> (estação 2) e 5,01 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1), na maré vazante (manhã), e de 1,73 mg.L<sup>-1</sup> (estação 1) a 6,64 mg.L<sup>-1</sup> (estação 9), na enchente (tarde). Em ambos os períodos, observou-se que as maiores DBOs ocorreram nas estações mais a montante da área de estudo, onde há maior influência das descargas de dejetos antropogênicos e industriais, ocasionando maior consumo de oxigênio dissolvido pelas bactérias para a degradação da matéria orgânica, o que também afirma o desequilíbrio ecológico do

meio (FEITOSA *et al.*, 1999). No entanto, ressaltam-se os valores negativos de DBO encontrados, nas amostras das estações 2 e 6, que, ao contrário de uma demanda de oxigênio, indicam um aporte desse gás nas amostras, provavelmente oriundo de um mau acondicionamento, que permitiu o contato das mesmas com incidência luminosa.

Ao longo das estações, foi notável o aumento progressivo da biomassa fitoplanctônica entre a estação marinha (1) aquelas a montante da área de estudo (8 e 9), principalmente na maré vazante, uma vez que, na enchente, as concentrações de clorofila-a tenderam a aumentar até o limite 'entre pontes' da bacia do Pina (estação 7), decaindo, a partir daí, até a confluência entre os rios Jordão/Pina (estações 8 e 9) (Figura 3). Essa ascendência gradativa da biomassa fitoplanctônica, no geral, tem como causa a tendência crescente dos teores de nutrientes dissolvidos que, como supracitado, também tiveram seus teores aumentados ao longo das estações, da região marinha à confluência dos rios Pina/ Jordão.

Em contrapartida, os teores de oxigênio dissolvido na água apresentaram uma tendência inversa àquela da biomassa fitoplanctônica, sendo maiores nas estações mais próximas ao mar e menores nas proximidades da confluência dos rios (Figura 3), o que enfatiza a alta DBO apresentada nesta área, devido ao grande montante de descargas de dejetos antropogênicos e industriais. De uma maneira geral, observou-se que os teores de clorofila variaram entre 7,63 e 187,37 mg.m<sup>-3</sup>, durante a maré vazante, e de 15,6 a 211,15 mg.m<sup>-3</sup>, na enchente, o que aponta para a hipereutrofização a que este ambiente está submetido, pela forte ação antrópica existente na área.

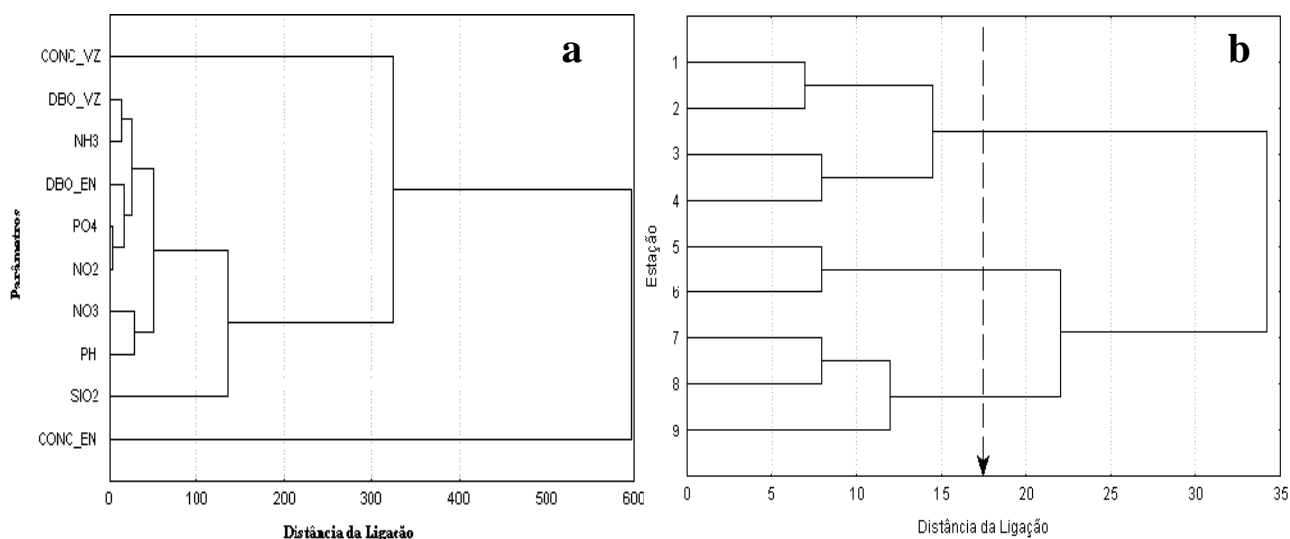


**Figura 3** - Concentrações de Clorofila-a relacionadas com oxigênio dissolvido, nas marés vazante e enchente na bacia do Pina em outubro de 2006. O.D = Oxigênio Dissolvido; Cl.a = Clorofila-a.

Através das análises de agrupamento, observou-se que a biomassa fitoplanctônica, representada pela concentração de clorofila-a no meio aquático, associou-se aos parâmetros abióticos apenas na maré de vazante (VZ), não estando agrupada a estes na maré de enchente (EN) (Figura 4a). É de se

supor que essa associação entre a clorofila-a e os parâmetros abióticos, na baixa-mar, indique a formação de uma estrutura ‘estável’ dos nutrientes dissolvidos ao longo da área de estudo, neste período, o que tenderia a se desfazer durante a maré enchente, quando a entrada de água do mar, com o consequente turbilhonamento provocado pelo seu encontro com as águas da bacia, quebraria aquela estrutura existente na maré vazante. Montes, Macêdo, Koenig; Correia (1998) afirmaram que, durante ciclos nictemerais, o principal fator que influencia a composição dos parâmetros físicos, químicos e biológicos é o ciclo das marés, aliado a parâmetros meteorológicos, o que vem dar suporte ao observado no presente trabalho. Desta forma, a concentração de clorofila-a, na preamar, estaria supostamente associada aos teores de oxigênio dissolvido na água, que tendem a se elevar na região estuarina durante a maré alta.

Quando observados os agrupamentos entre as estações de coleta, com base nos parâmetros biótico e abióticos, evidencia-se uma clara separação da área de estudo em três micro-regiões (Figura 4b): (A) micro-região sob influência nitidamente marinha (estações 1 e 2; 3 e 4); (B) micro-região da bacia do Pina, propriamente dita, oportunamente apontada como uma área sob forte influência de descargas de dejetos antrópicos e industriais (estações 5 e 6), e (C) micro-região sob influência limnética (estações 7, 8 e 9).



**Figura 4** - Agrupamentos entre: (a) concentração de clorofila-a (CONC), nutrientes dissolvidos (fosfato - PO<sub>4</sub>; nitrito - NO<sub>2</sub>; nitrato - NO<sub>3</sub>; silicato - SiO<sub>2</sub> e amônia - NH<sub>3</sub>), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e potencial hidrogeniônico (pH); (b) estações de coleta (1 a 9), durante as marés vazante (VZ) e enchente (EN), na bacia do Pina em 10 de outubro de 2006.

## REFERÊNCIAS

- APHA (1985). Standart methods for the examination of water anda waster. 16. ed. New York: [s.n.], 268 p.
- BARTH, F. (1967).On the Study of Social Change. *American Anthropologist*, 69: 661- 669.
- Baumgarten, M.G.Z., Rocha, J.M.B.; Niencheski, L.F.H. (1996). Manual de análises em oceanografia química. Rio Grande: EDFURG, 132 p.
- BRANDINI, F. P. (1988). Hydrography, phytoplankton biomass and photosynthesis in shelf and oceanic waters of southeastern Brazil during autumn (May/June, 1983). *Boletim do Instituto Oceanográfico* 36: 63-72.
- COUTINHO, P.N. (1961). Estudos das condições de sedimentação do Porto do Recife. Relatório de graduação da Escola Geológica da Universidade do Recife. 29 p.
- ESKINAZI-LEÇA, E., SILVA-CUNHA, M.G.G., KOENING, M.L., MACÊDO, S.J.; COSTA, K.M.P. (1997).Variação Espacial e Temporal do Fitoplâncton na Plataforma Continental de Pernambuco-Brasil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 25: 1-16.
- FEITOSA, F.A.N. (1988) Produção primária do fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na Bacia do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil) [Dissertação de Mestrado]. Recife (PE): Universidade Federal de Pernambuco.
- FEITOSA, F.A.N.; Passavante, J.Z.O. (1990). Variação sazonal da biomassa primária do fitoplâncton da Bacia do Pina (Recife – Pernambuco – Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, 21: 33-46.
- FEITOSA, F.A.N., Nascimento, F.C.R.; Costa, K.M.P. (1999). Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na bacia do Pina, Recife, Pernambuco, Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 27 (2): 1-13.
- FLORES-MONTES, M.J., MACÊDO, S.J., KOENING, M.L.; CORREIA, I.L. (1998). Variação nictemeral do fitoplâncton e elementos nutrientes no canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE-Brasil, *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, 26 (1): 13 – 26.
- GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F., COSTA, M.P.F.; KURTNER, M. B. (1995). Bloom de *Oscillatoria (Trichodesmium) erythraea (Ehr.) Kutz in Coastal Waters of the Southwest Atlantic*, *Publ. Esp. Inst. Oceanogr.*, 11: 133-140.

- GRASSHOFF, F.K., ENRHARDT, M.; KREMLING, K. (1983). *Methods of seawater analysis*. 2 ed. Nova Iorque: Verlag Chemie, 419 p.
- KREBS, C. J. *Ecological methodology*. (1989). New York, Harper Collins, 645p.
- LALLI, C.M.; PARSON, T.R. (1993). *Biological Oceanography: An introduction*. Pergamon Press, Oxford, 301 p.
- LASSUS, P., PRONIEWSKI, F., MAGGI, P., TRUQUET, I.; BARDOUIL, M. (1993). Wind-induced toxic blooms of *Dinophysis* cf. *acuminata* in the Antifer Area (France). In: *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea* (Ed. by T.J. Smayda; Y. Shimizu), Elsevier Science Publishers B. V. p. 519-523.
- MABESOONE, J.M.; Coutinho, P.N. (1970). Litoral and shallow marine geology of Northeastern Brazil. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, 12: 1-214.
- MAIA, P.R. (1995). *Composição e densidade fitoplanctônica na Bacia do Pina (Recife-Pernambuco)* [Dissertação de Mestrado]. Recife (PE): Universidade Federal de Pernambuco.
- MONTES, M. DE J.F., MACÊDO, S.J., KOENING, M.L.; CORREIA, I.L. (1998). Variação nictemeral do fitoplâncton e elementos nutrientes no canal de Santa Cruz, Itamaracá-PE-Brasil, *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*, Recife, 26: 13-26.
- MUNIZ, G.C.B.; MELLO, R.L.S. (1976). Moluscos bivalves infaunais da região estuarina da Bacia do Pina - Recife - Brasil. Recife: *Anais da Universidade Federal Rural de Pernambuco*, 1: 205-219.
- PARSONS, T.; TAKAHASHI, M. (1975). *Biological Oceanographic Processes*, Pergamon Press.
- PASSAVANTE, J.Z. DE O., GOMES, N.A.; ESKINAZI-LEÇA, E. (1987). Variação da Clorofila a do Fitoplâncton na Plataforma Continental de Pernambuco. *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.*, 145-154.
- PERKINS, E.J. (1974). *The biology of estuaries and coastal waters*. London, New York: Academic Press. 665.
- POOLE, H.H.; ATKINS, W.R.G. (1929). Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 16 (1). p. 297-324.
- RAYMONT, J.E.G. (1980). *Plankton and Productivity in the Oceans* (2nd ed.), vol.1: Phytoplankton. Pergamon Press Ltd., Oxford, England, 489p.

SANT'ANNA, E.M.E. (1993). Estrutura e biomassa da comunidade zooplanctônica da Bacia do Pina (Pernambuco – Brasil), relacionada com fatores ambientais [Dissertação de Mestrado]. São Carlos (SP): Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. (1965). A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 125:1-205.

TRAVASSOS, P.E.P., MACÊDO S.J., KOENING M.L. Aspectos Hidrológicos do estuário do Rio Capibaribe (Recife – Pernambuco). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE*. Recife: EDUFPE. 22: 9-28, 1991/93.

UNESCO. *Determination of photosynthetic pigments in sea water*. Report of SCOR-UNESCO, working group 17. Paris: United Nations Education. 1966. 69p. ❀