DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DA CLOROFILA A FITOPLANCTÔNICA E HIDROLOGIA DO ESTUÁRIO DO RIO TIMBÓ (PAULISTA – PE).

Christiana Kelly da Silva GREGO
Fernando Antônio do Nascimento FEITOSA
Marcos HONORATO DA SILVA
Manuel de Jesus FLORES MONTES

Departamento de Oceanografia – UFPE
chrisgrego3@hotmail. com; feitoc@bol. com. br,
honorato@ufpe. Br; manuel@ufpe.br

Recebido em 08/2004 Aceito em 12/2004
--

RESUMO

Este trabalho foi realizado no estuário do rio Timbó, situado no litoral norte de Pernambuco. Trata-se de uma área com intensa atividade pesqueira e que vem sofrendo uma forte pressão antrópica por lançamento de efluentes domésticos, industriais, e atividade turística. Com o intuito de caracterizar o ambiente em função da comunidade fitoplanctônica e da hidrologia desenvolveu-se este trabalho, procurando-se também comparar os dados atuais com os pretéritos. As coletas foram realizadas no período seco (out, nov, dez/2002) e chuvoso (maio, jun, jul/2003) na baixa-mar e preamar. Exceto a temperatura e a salinidade, todos os demais parâmetros foram coletados na superfície com garrafa de Kitahara. A transparência da água esteve maior no período de estiagem; a taxa de saturação do oxigênio dissolvido variou desde zona semipoluída a supersaturada; o regime salino variou de mesoalino a eualino e sua distribuição vertical possibilitou classificar o estuário como sendo do tipo bem misturado; os sais nutrientes apresentaram-se mais elevados durante a baixa-mar e a biomassa algal variou de 2,43 a 160,39mg. m⁻³ sendo característica de área eutrófica. Baseado na ACP (Análise dos Componentes Principais) a clorofila *a* correlacionou-se diretamente com o material em suspensão e o silicato e inversamente com a transparência da água. Em análise comparativa com os dados pretéritos, levando-se em conta os parâmetros, oxigênio, nitrito e fosfato, ficou evidente um aumento da ação antrópica sobre o ambiente.

Palavras – chave: biomassa fitoplanctônica, estuário, hidrologia.

ABSTRACT

This study was carried out at the Timbó River estuary, at the north littoral of Pernambuco State. In this area, intensive fisheries activities are under strong anthropogenic pressure, mainly due to spilling of domestic sewage and industrial effluents, and the tourism. The main objective of this study was to assess the environmental condition based on the phytoplanktonic community and hydrology, comparing them with past data. Collections were made during the dry (Oct, Nov, Dec/2002) and rainy (May, Jun, Jul/2003) seasons, in low tide and high tide. Except the temperature and salinity, all the parameters were collected surface, with a Kitahara at the bottle. The water transparency was higher during the dry season; dissolved oxygen data indicated that the estuary ranged from semi-polluted to oversaturated; the saline regime varied of mesoalino the eualino and vertical distribution made it possible to classify the estuary as being of the well-mixed; nutrient concentrations were higher during the low-tide; algae biomass ranged from 2,43 to 160. 39 mg. m⁻³,

characterizing the area as eutrophic. Based on PCA, phytoplanktonic biomass was correlated directly with the suspended matter and silicate and inverse with the transparency of the water. In comparative analysis with the past data, being taken into account the parameters oxygen, nitrite and phosphate an increase of the anthropogenic action was visualized on the area.

Key words: phytoplankton biomass, estuary, hydrology.

INTRODUÇÃO

São vários os conceitos para definir estuários, entretanto, em termos genéricos, segundo Bacia Ré (2000), o estuário é uma região de encontro entre o rio e o oceano, onde implica o estabelecimento e a realização de importantes e complexas interações entre os dois meios. Esta complexidade fica em função de seu forte hidrodinamismo, o que o faz mostrar características limnética e/ou marinha, provocando também interações entre a sua biota e o meio (GREGO, 2004).

Esses ambientes são altamente produtivos, devido ao fluxo de maré, demanda de nutrientes e os produtores primários, tornando-se de suma importância econômica e ecológica por serem habitadas por diversas populações de seres vivos, muitos dos quais de alto valor econômico. Estas áreas são tidas ainda como grandes responsáveis pela fertilização das águas costeiras, funcionando muitas vezes como verdadeiras estações depuradoras naturais de esgotos, antes que eles sejam lançados ao mar, evitando ou retardando a poluição (MCLUSKY, 1989).

As alterações ambientais, a que estão submetidos os estuários afetam também os organismos neles presentes, e dentre estes, encontra-se a comunidade fitoplanctônica, a qual é responsável por parte da fabricação da matéria orgânica. Sob a ação dos diversos fatores bióticos e abióticos esta comunidade algal apresenta variações espaço-temporais em sua composição, biomassa e produtividade, vindo a desempenhar um relevante papel de bioindicadoras. Tornam de suma importância trabalhos que visem a análise desta comunidade juntamente com a hidrologia, para uma possível avaliação ambiental. Em virtude de o rio Timbó contribuir para a pesca local, associado ao fato de localizar-se em uma área que sofre um grande desenvolvimento turístico e industrial, optou-se por realizar um estudo comparativo com trabalhos pretéritos, para avaliar as condições atuais da comunidade fitoplanctônica, através de uma análise das variações espaço-temporais da biomassa fitoplanctônica correlacionada com os parâmetros hidrológicos.

DESCRIÇÃO DA ÁREA

O litoral pernambucano caracteriza-se por apresentar um clima quente e úmido pseudotropical do tipo AS', segundo a classificação de Köppen, com chuvas de outono-inverno distribuídas de março a agosto, e a pluviosidade anual oscila entre 1.850 a 2.634mm, a amplitude térmica é inferior a 5°C, predominam ventos alísios de sudeste com média de 2,5m. s⁻¹ (ANDRADE E LINS, 1971; NIMER, 1979). O rio Timbó está localizado no litoral norte do estado de Pernambuco entre os municípios de Abreu e Lima, Paulista e Igarassu, abrangendo uma área total de 9.246,41ha, e pertence ao primeiro grupo de bacias hidrográficas litorâneas. Sua rede hidrográfica tem como principal formador o rio Barro Branco no seu alto curso, e o Arroio Desterro no médio curso (CPRH, 2001). O sistema fluvial estuarino está inserido entre as coordenadas de 7°50' – 7°55''S a 34°50' – 34°55'W (FIDEM, 1980). A bacia do rio ostenta uma representativa atividade industrial a exemplo de metalúrgica, têxteis, minerais não metálicos, produtos alimentícios, perfumaria e editora gráfica (CPRH, 2001), além da turística, observando-se hotéis, spa, casas de veraneio, marinas, e restaurantes às margens do estuário.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram selecionados três pontos fixos, de acordo com a característica hidrográfica local, figura 1 (est. 1, situada na desembocadura; est. 2 considerada intermediária; est. 3 mais à montante). As coletas foram realizadas durante três meses do período seco (outubro, novembro e dezembro/02) e chuvoso (maio, junho e julho/03), durante a baixa-mar e preamar de um mesmo dia, em marés de sizígia. As amostras para as análises hidrológica e biológica foram coletadas na superfície utilizando-se uma garrafa de Kitahara, exceto para os parâmetros de temperatura e salinidade, que também foram coletados no meio da coluna d'água e próximo ao fundo. Parâmetros como a profundidade, transparência da água e temperatura foram aferidos *in situ*, através de uma ecossonda manual, disco de Secchi, e termômetro comum de mercúrio, respectivamente. A salinidade, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato e fosfato, foram determinados através de métodos específicos descritos por Strickland e Parsons (1972) e para o silicato utilizou-se Grasshoff et al. (1983). Para calcular a taxa de saturação do oxigênio utilizou-se a tabela da UNESCO (1973), para o material em suspensão na água utilizou-se o método de Melo et al. (1975), o pH foi medido através de um pH-metro e o teor de clorofila *a* pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966). Os dados da precipitação pluviométrica foram procedentes da Estação Meteorológica do Curado (INMET). Para o tratamento estatístico dos dados foi realizada uma análise multivariada, sendo efetuada uma associação das amostras, uma análise cofenética, para medir se os dados estavam bem ajustados e uma associação dos componentes principais, todas estas realizadas através do programa computacional NTSYS.

Fonte: Carta Náutica (DHN) nº 910, 1963 Escala 1:55 000.

Figura 1 – Mapa do estuário do rio Timbó com as localizações das estações de coleta.

RESULTADOS

Precipitação Pluviométrica (mm).

Os resultados pluviométricos referentes aos anos de 2002 e 2003 para a região registraram valores mínimos de 33,10mm em dezembro e 26,80mm em novembro, a máximos de 583,50 e 474,00mm, ambos em junho, com precipitação total anual de 2. 484,70 e 2. 159,70mm, respectivamente. Observou-se um ciclo sazonal bem definido, onde na região estudada as chuvas tendem a aumentar de março a agosto, caracterizando o período chuvoso, enquanto os demais meses caracterizam o período seco ou estiagem (setembro a fevereiro). Comparando-se o total de chuvas caídas durante os anos em estudo (2002/03) com a média histórica de 43 anos (1961 a 2003), registrada de 2. 343,9mm, foi observado que os índices pluviométricos estiveram dentro do padrão normal, uma vez que a pluviosidade anual da região oscila entre 1. 850 a 2. 364mm. (Fig. 2).

Figura 2 – Dados pluviométricos dos anos de 2002 e 2003, comparados com a média histórica de 1961 – 2003.

Transparência da Água (m).

Os valores de transparência estiveram mais elevados no período seco, em ambas as marés, com mínimo de 0,30m na estação 3, em maio/03 e máximo 2,60m na estação 2, em dezembro/02, ambos durante a baixa-mar. Entretanto, não foi observado grandes variações em relação as marés, onde a transparência decresce da estação 1 para 3 durante a baixa-mar, enquanto na preamar a estação 3 foi a que mostrou maior transparência. Na estação 1, a transparência d'água variou entre 0,85m, em maio/03, a 2,20m, em dezembro/02, ambas na baixa-mar. Na estação 2, os valores variaram entre 0,79m em maio/03 na preamar a 2,60m, em dezembro/02, na baixa-mar. A estação 3, obteve valores que variaram de 0,30m, em maio/03, na baixa-mar a 2,40m, em dezembro/02 na preamar, (Fig. 3).

Figura 3 – Variação sazonal e espacial da transparência da água no estuário do rio Timbó (PE).

Temperatura da Água (°C).

Foi observada uma nítida variação sazonal em ambos regimes de maré, com os valores mais elevados durante o período seco. Espacialmente, verificou-se que na grande maioria dos meses estudados, um gradiente crescente em direção a estação 3, sendo mais nítido durante a baixa-mar. O valor mínimo registrado foi de 25,50°C nas estações 1 e 2, em julho/03, durante a baixa-mar, e o máximo foi de 30,00°C na estação 1, 2 e 3 em novembro e dezembro/02 em ambas as marés, sendo registrada uma amplitude de 4,5°C durante o período estudado. Quanto à variação superfície/fundo, esta não foi observada, indicando não haver estratificação térmica na coluna d'água. Nas estações 1, 2 os valores oscilaram de 25,50°C, em julho/03, na baixa-mar a 30,00°C, em novembro e dezembro/02 em ambas marés. Na estação 3, oscilaram de 26,00°C, em julho/03 durante a baixa-mar, a 30,00°C, em novembro e dezembro/02, (Fig. 4).

Figura 4 – Variação espacial e sazonal da temperatura da água (°C) no estuário do rio Timbó (PE).

Salinidade.

Foi observada uma nítida variação sazonal, com teores mais elevados durante o período seco. Espacialmente, observou-se um gradiente decrescente na direção da estação 3, sendo ambos mais perceptíveis durante a baixa-mar. Os valores variaram de 11,00 na estação 3, em maio/03, durante a baixa-mar a 36,31 na estação 1, em dezembro/02, durante a preamar. Levando-se em conta à distribuição vertical salina, o ambiente demonstrou ser no geral verticalmente homogêneo, exceto, na estação 3, no mês de maio/03, durante a baixa-mar, quando observou-se uma diferença na salinidade entre a superfície e o fundo, podendo este fato estar diretamente relacionado a um elevado índice pluviométrico. Segundo a classificação de Veneza (1958), o estuário apresentou zonas que variaram de eualino a mesoalino. A estação 1, registrou teores que variaram de 27,19, em julho/03 na baixa-mar a 36,31 em dezembro/02 na preamar. Para a estação 2, oscilaram entre 21,50, em maio/03 na baixa-mar e 36,23, em dezembro/02 na preamar. Na estação 3, variou de 11,00 em maio/03, a 33,60 em dezembro/02 (Fig. 5)

Figura 5 – Variação espacial e sazonal da salinidade no estuário do rio Timbó (PE).

Potencial Hidrogeniônico (pH).

Foi observada uma discreta variação sazonal, onde os valores elevaram-se um pouco durante o período seco, sendo mais nítido durante a baixa-mar, evidenciando, de uma forma geral, uma diminuição dos valores na direção da estação mais a montante (3). O valor mínimo encontrado foi de 7,87, na estação 3, no mês de julho/03, e máximo de 8,66, na estação 2, em dezembro/02, ambos durante a baixa-mar. Na estação 1, os valores variaram 7,93, em dezembro/02, na baixa-mar a 8,34, em novembro/02 preamar. Na estação 2, variou de 7,91, em julho/03 baixa-mar a 8,27, em outubro/02 preamar. Para a estação 3, variou de 7,87, em julho/03 a 8,43, em outubro/02 baixa-mar e preamar respectivamente (Fig. 6).

Figura 6 – Variação espacial e sazonal do pH no estuário do rio Timbó (PE).

Oxigênio Dissolvido (mL.L^{-1}) e sua Taxa de Saturação (%).

Os teores de oxigênio dissolvido não apresentaram um padrão sazonal definido, exceto a estação 3 na baixa-mar. Observou-se que em sua maioria, os teores decrescem em direção a estação 3, em virtude de um maior aporte continental, sendo registrados valores mínimos de $1,30\text{mL.L}^{-1}$ e 26,26%, na estação 3, em junho/03, durante a baixa-mar, e máximos de $7,13\text{mL.L}^{-1}$ e 152,68%, na estação 1, em julho/03, durante a preamar, visualizando que as preamares obtiveram em sua maioria, os teores mais elevados. Na estação 1, os teores variaram de $2,38\text{mL.L}^{-1}$ e 50,42%, em maio/03, na baixa-mar a $7,13\text{mL.L}^{-1}$ e 152,68%, em julho/03 na preamar. Na estação 2, de $2,17\text{mL.L}^{-1}$ e 45,02% em junho/03 na baixa-mar a $5,75\text{mL.L}^{-1}$ e 126,37%, em junho/03 preamar. Na estação 3, oscilaram de $1,30\text{mL.L}^{-1}$ e 26,26% em junho/03 na baixa-mar a $3,30\text{mL.L}^{-1}$, em julho/03 e 70,04%, em outubro/02 na preamar (Fig. 7).

Figura 7 – Variação espacial e sazonal do oxigênio dissolvido (mL.L^{-1}) e sua taxa de saturação (%) no estuário do rio Timbó (PE).

Sais Nutrientes

No que se refere aos nutrientes (nitrito, nitrato e silicato), foi observado uma discreta variação entre os dois períodos, com as concentrações um pouco mais elevadas durante o período chuvoso. Já o fosfato, não mostrou um padrão sazonal nítido, e sim pequenas diferenças no decorrer dos meses estudados. Ficando observado para todos os sais nutrientes um gradiente crescente em direção a estação 3, em sua grande maioria, e concentrações mais elevadas durante as baixa-mares, exceto para o fosfato no mês de novembro, onde houve um acentuado decréscimo. As concentrações dos nutrientes oscilaram de valores indetectáveis para o nitrito, $0,62\mu\text{mol.L}^{-1}$ para o nitrato, $0,23\mu\text{mol.L}^{-1}$ para o fosfato, e $6,77\mu\text{mol.L}^{-1}$ para o silicato, todas na desembocadura do estuário (E-1), a máxima concentração de $1,87\mu\text{mol.L}^{-1}$ na estação 2, $6,62\mu\text{mol.L}^{-1}$, $10,99\mu\text{mol.L}^{-1}$, $3,79,14\mu\text{mol.L}^{-1}$, na estação 3, para nitrito, nitrato, fosfato e silicato, respectivamente (Fig. 8 à 11).

Figura 8 – Variação espacial e sazonal dos nutrientes (N₂, N₃, PO₄, SiO₂), no estuário do rio Timbó.

Material em Suspensão (mg. L⁻¹)

Não foi evidenciada grande diferença nas concentrações média dos dois períodos, sendo encontrado valor mínimo de 2,80mg. L⁻¹ na estação 1, em junho/03 e máximo de 29,60mg. L⁻¹ na estação 3, em novembro/02, durante a baixa-mar. Espacialmente, observou-se um gradiente crescente na direção da estação 3, durante a baixa-mar, já para a preamar, este padrão foi inverso, ficando no geral as maiores concentrações para as estações 1 e 2. Na estação 1, as concentrações variaram de 2,80 em junho/03, a 23,40mg. L⁻¹ em maio/03 durante a baixa-mar e preamar, respectivamente. Para a estação 2, as concentrações variaram de 4,20mg. L⁻¹, em junho/03, a 27,00mg. L⁻¹, em maio/03, em junho/03, durante a baixa-mar e preamar, respectivamente. Na estação 3, variaram de 5,00mg. L⁻¹, em maio/03, a 29,60mg. L⁻¹, em novembro/02 (Fig. 12).

Figura 9 – Variação espacial e sazonal do material em suspensão no estuário do rio Timbó (PE).

Biomassa Fitoplanctônica (Clorofila *a*)

Os teores de clorofila *a* mostraram uma nítida variação sazonal, estando mais concentrados no período chuvoso, sendo este padrão mais evidente na preamar. Já para a estação 3, em baixa-mar observou o inverso, em função de dois picos ocorridos durante os meses de novembro e dezembro/02, obtendo altos valores médios. Verificou-se um gradiente crescente na direção da estação 3, durante a baixa-mar, não sendo observado o mesmo na a preamar. As concentrações oscilaram de 2,43mg. m⁻³, na estação 1, no mês de dezembro/02, a 160,49mg. m⁻³, na estação 3, no mês de novembro/02, ambas durante a baixa-mar. A estação 1, apresentou menores concentrações de clorofila *a*, possivelmente em função dos nutrientes chegarem mais diluídos. Suas concentrações oscilaram de 2,43mg. m⁻³ em dezembro/02, a 26,94mg. m⁻³, em julho/03. Para a estação 2,

oscilaram entre $5,00\text{mg. m}^{-3}$, em junho/03 e $25,15\text{mg. m}^{-3}$, durante a baixa-mar e preamar, respectivamente. A estação 3, as concentrações variaram de $5,64\text{mg. m}^{-3}$, em dezembro/02, a $160,39\text{mg. m}^{-3}$, em novembro/02 durante a preamar e baixa-mar, respectivamente (Fig. 13).

Figura 10 – Variação espacial e sazonal da biomassa (clorofila *a*) no estuário do rio Timbó (PE).

Análise Multivariada – Associação das Amostras

A associação das amostras registrou uma análise cofenética resultando em um $r = 0,75$, sendo evidenciados 3 grandes grupos. O **grupo 1** ficou representado pelas amostras do período seco em ambas as marés. O **grupo 2** foi representado pelas amostras do período chuvoso, em sua grande maioria pelas baixamares. O **grupo 3** foi representado pelas amostras das preamares englobando ambos os períodos (Fig. 11).

Figura 11 – Dendrograma da associação das amostras no estuário do rio Timbó (PE).

Análise dos Componentes principais (ACP)

De acordo com a ACP os três primeiros fatores explicaram 64,96% das variações ocorridas no ambiente: **fator 1**, explicando 32,13% das variações e correlacionando positivamente os nutrientes (nitrito, nitrato e fosfato) e estes inversamente com a maré, oxigênio dissolvido, taxa de saturação do oxigênio e a salinidade. O **fator 2**, explicou 16,98% das variações, correlacionando diretamente a biomassa com o material em suspensão e o silicato, os quais apresentaram-se inversos com a transparência da água. Já o **fator 3**, explicou 15,85% das variações e correlacionou diretamente a pluviometria com a profundidade, estando estes inversos com a temperatura e o pH da água (Tabela 1)

Tabela 1: Análise dos componentes principais no estuário do rio Timbó (PE).

Parâmetros	Abreviaturas	Fator 1 (32,13%)	Fator 2 (16,98%)	Fator 3 (15,85%)
Pluviometria	PL	0,3756	0,4482	0,6254
Maré	MR	-0. 7395	0. 0012	0. 3056
Profundidade local	PR	-0. 3979	-0. 0216	0. 6735
Transparência da Água	TP	-0. 1709	-0. 7959	-0. 1202
Temperatura da Água	T°C	-0. 5323	-0. 2857	-0. 6088
Salinidade	SAL	-0. 7954	-0. 3434	-0. 1283
Potencial Hidrogeniônico	PH	-0. 4831	-0. 1676	-0. 5443
Oxigênio Dissolvido	OD	-0. 7765	0. 5085	-0. 0248
Taxa de Saturação do O ₂	TSOD	-0. 8134	0. 4634	-0. 0583
Nitrito	NO ₂	0. 7670	-0. 0555	-0. 2547
Nitrato	NO ₃	0. 5718	0. 0194	-0. 1794
Fosfato	PO ₄	0. 7007	-0. 1687	-0. 3043
Silicato	SI	0. 3426	0. 4789	-0. 1535
Material em Suspensão	MS	-0. 0730	0. 5759	-0. 3940
Biomassa Fitoplantônica	BIO	-0. 0290	0. 6463	-0. 6081

DISCUSSÃO

Os estuários representam um dos mais heterogêneos ambientes costeiros em relação às variações dos fatores físicos e químicos, sendo eles influenciados tanto pelo rio como pelo mar, além da interferência da climatologia local, ocasionando às vezes rápidas flutuações nos parâmetros hidrológicos e biológicos.

Em áreas tropicais e subtropicais o regime pluviométrico parece ser o principal fator que controla a distribuição, abundância e dinâmica sazonal do fitoplâncton estuarino, podendo afetar de forma positiva ou negativa a produção fitoplantônica, dependendo das condições fisiográficas e hidrográficas reinantes em cada área (SASSI, 1991; FEITOSA, 1996).

No litoral norte do estado de Pernambuco, verificou-se que durante a realização deste trabalho, a pluviometria esteve dentro do padrão normal, alcançando índices semelhantes ao registrado pela média histórica, sendo inclusive observada sua influência sobre os parâmetros hidrológicos e biológicos no estuário do rio Timbó, condicionando menores temperaturas, salinidades e transparências da água, durante o período chuvoso, enquanto o silicato e material em suspensão obtiveram os maiores valores, fato este visualizado pela ACP.

Em ambientes estuarinos a pluviometria exerce um papel fundamental na transparência da água, em função da chuva acarretar uma maior lixiviação do solo e conseqüentemente maior quantidade de material em suspensão e nutrientes, diminuindo assim a camada fótica, além do que, esses ambientes são pouco profundos corroborando para essa menor transparência da água.

No estuário do rio Timbó, as maiores transparências durante as baixa-mares, e na estação 3, em certos meses, estiveram possivelmente relacionadas às atividades de dragagens, presentes durante todo período trabalhado, além do hidrodinamismo local. Costa e Macêdo (1987/89), em trabalho pretérito no mesmo estuário, relataram não haver grandes diferenças na transparência em relação às marés, porém espacialmente, foram encontradas maiores zonas fóticas no ponto mais próximo ao oceano, enquanto que na estação 3 (em frente a fábrica Poty, que na época encontrava-se funcionando), foi observado os menores valores, em decorrência do material em suspensão proveniente desta fábrica.

Um outro parâmetro não menos importante é a temperatura, cuja ação pode agir diretamente sobre a periodicidade e a distribuição dos organismos aquáticos, assumindo grande importância na produtividade biológica da água, como também ser limitante na distribuição geográfica de muitas espécies de vegetais e animais (SIPAÚBA-TAVARES, 1998).

No estuário do rio Timbó, a temperatura registrou uma nítida variação sazonal em função do grau de insolação e das condições meteorológicas, com valores mais baixos durante o período de maior pluviometria e nebulosidade, visualizando um gradiente crescente no sentido da estação mais a montante, em virtude do fundo tornar-se mais lamoso e escuro, retendo melhor o calor recebido, além de bancos arenosos situados na porção intermediária do estuário. Semelhante aos observados por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989), no estuário do rio Timbó (PE); Flores-Montes (1996), no Canal de Santa Cruz (PE); Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE).

Em ambientes estuarinos um dos parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de uma comunidade é a salinidade, tornando-se um fator condicionante para o estabelecimento das espécies, visto que este parâmetro pode oscilar consideravelmente em função da maré, e os organismos que habitam estas áreas precisam estar adaptados às periódicas mudanças salinas. Além de servir tanto para delimitar o início e o término de um estuário, como também, influenciar a distribuição dos organismos, podendo ser considerada como uma barreira ecológica para as espécies conhecidas como estenohalinas (FEITOSA et al., 1999).

O estuário do rio timbó mostrou uma variação sazonal mais marcante durante a baixa-mar em função do fluxo de água doce carreado nesta maré e de um maior índice pluviométrico durante os meses de maio a julho/03. Baseando-se na classificação de água salobra, adotada no Simpósio de Veneza em 1958, a área apresentou regimes variando de mesoalino a eualino, não sendo evidenciado, na maioria dos meses estratificação salina e térmica, ficando o mesmo enquadrado como bem misturado. Vale salientar, que o padrão de distribuição da salinidade atual no estuário do rio Timbó continua o mesmo que foi observado anteriormente por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989).

Em se tratando do pH, Cavalcanti (2003), relata que seu controle é fundamental no meio aquático, pois ele afeta o nível de toxidez da amônia e do sulfeto de hidrogênio (H_2S). A concentração de amônia aumenta com o incremento da temperatura e do pH e, quando este aumenta, diminui as concentrações de H_2S .

No estuário do rio Timbó, o pH apresentou um padrão normal prevalecendo sempre alcalino, não alcançando valores que prejudicassem a biota, sendo compatíveis com os encontrados

por Melo Magalhães (2000), no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL) e Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE). Ao contrário, do que foi observado anteriormente por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989), que encontraram limites de pH entre 6,50 e 9,05 no estuário do rio Timbó.

Já oxigênio é essencial ao metabolismo de todos os seres vivos que possuem respiração aeróbica ou anaeróbica. Além de servir como indicador das condições ambientais, uma vez que baixas concentrações deste gás poderão indicar uma poluição química, física ou biológica, e valores muito elevados estão associados ao processo de eutrofização, que poderá ter conseqüências negativas como a depleção noturna, podendo provocar a migração ou morte de organismos (FLORES-MONTES, 1996).

No estuário do rio Timbó, o oxigênio dissolvido oscilou ao longo do período, salientando que as maiores concentrações obtidas nas preamaras foram em virtude das águas serem mais limpas, com menores concentrações de matéria orgânica, e mais oxigenadas devido ao efeito de circulação e mistura, fato registrado pela ACP. No entanto, foram observados picos durante a baixa-mar no período seco, provavelmente ocasionados por uma maior produção deste gás pela comunidade fitoplanctônica, visto que estes picos coincidiram com as maiores medições de biomassa algal.

De acordo com a classificação de Macêdo e Costa (1978), onde os autores estabelecem 4 padrões para a qualidade da água estuarina: saturada (>100%); baixa-saturação (50 – 100%); semi-poluída (25 – 50%) e poluída (<25%), pode-se dizer que o estuário do rio Timbó variou de zona semipoluída a supersaturada, prevalecendo, entretanto, a de baixa saturação. O fato de ter sido registrado zona semipoluída na porção mais interna do estuário, está diretamente associado a crescente ação antrópica sobre o meio, principalmente através do lançamento de efluentes domésticos e industriais.

Segundo Costa e Macedo (1987/89), os autores não relataram em nenhum momento índices de zona semipoluída para o mesmo estuário, variando sua classificação entre zona supersaturada e de baixa saturação. Baseado nisto, percebeu-se que o estuário do rio Timbó teve uma sensível redução na qualidade de suas águas.

Outros autores como Feitosa (1988), na bacia do Pina e Moreira (1994), no estuário do rio Cocó (CE), registraram zonas variando de supersaturada a semipoluída e poluída, e associaram a despejos domésticos e industriais. Já no sistema estuarino do rio São Francisco (SE), Souza et al. (1999), reportam que apesar da grande carga de dejetos que o rio recebe, o oxigênio dissolvido apresentou altos teores, uma vez que o rio drena um volume de água muito grande e a correnteza permite uma rápida circulação, classificando-o como zona sem poluição.

Em ambientes estuarinos a fertilidade das águas é geralmente alta e, de um modo geral, a água doce, proveniente da drenagem terrestre, aumenta a quantidade de nutrientes, e o ciclo destes pode sofrer câmbios sucessivos. Os nutrientes carreados pelos rios são considerados, na maioria das vezes, como o mecanismo principal na manutenção da fertilidade, não só dos estuários como também das áreas marinhas adjacentes (CAVALCANTI, 1976).

Existem várias fontes de nutrientes, entre elas as autóctones, que vem da remineralização da matéria orgânica e as fontes alóctones ou externas, que vem dos processos de lixiviação no continente, atmosfera e as “novas” fontes de nitrogênio inorgânico, originado principalmente das atividades antropogênicas (LEGENDRE; RASSOULZADEGAN, 1995).

No estuário do rio Timbó, as diferenças nas concentrações dos nutrientes nitrato, nitrito, fosfato e silicato foram evidenciadas pelos regimes de marés, estando sempre as maiores concentrações associadas às baixa-mares, em virtude destas carregarem sais nutrientes através da drenagem terrestre e matéria orgânica derivadas de efluentes industriais e domésticos. Além da própria fonte autóctone, através do *turnover* dos respectivos elementos, sobre ação nitrificante de organismos planctônicos, especialmente certas bactérias e cianofíceas. Observou-se também discretas elevações durante o período de maior índice pluviométrico, em função de uma maior lixiviação do solo.

Em relação aos dois compostos nitrogenados, visualizou-se concentrações mais elevadas do nitrato em função da rápida oxidação do nitrito, cujo fato, do primeiro ser mais estável. Segundo Feitosa (1996), o nitrito normalmente apresenta teores baixos em relação aos outros nitrogênios, quando acontece de seus valores elevarem-se significa que o ambiente está recebendo um aporte extra de matéria orgânica, funcionando assim como um indicador de poluição. Fato perceptível no estuário do rio Timbó.

Para o fosfato, também foram registradas altíssimas concentrações, principalmente na estação à montante. Visualizou-se uma drástica redução durante a baixa-mar no mês de novembro, possivelmente em decorrência de um maior consumo pela comunidade fitoplancônica, visto que neste mesmo período ocorreu a maior medição da biomassa destes organismos (clorofila *a*).

Pöder et al. (2003), em estudo na boca do rio Daugava na abertura do mar Báltico, relatou uma correlação da biomassa algal com DOP (fosfato orgânico dissolvido) durante o verão, no entanto, para a primavera não foi evidenciada esta correlação, os autores observaram ainda que o fosfato parece ter sido o nutriente limitante para esta comunidade.

Passavante (1979) e Macêdo (1974), atribuíram as altas concentrações do fósforo no Canal de Santa Cruz, à presença de reservatórios naturais deste nutriente decorrentes das formações Gramanne, fato não descartável para o estuário do rio Timbó, vista que, em suas proximidades também é encontrado este tipo de terreno.

Já o silicato foi o nutriente mais concentrado no estuário Timbó, coincidindo com a maior dominância das diatomáceas, fato já esperado em virtude deste nutriente ser de origem continental.

Altos índices de silicato em áreas estuarinas já foram observados por outros autores, Silva (1992), no estuário do rio Paripe; Neumann-Leitão (1994), no estuário do rio Ipojuca; Souza et al. (1999), no sistema estuarino do rio São Francisco (SE), onde todos encontraram concentrações acima de $100\mu\text{mol. l}^{-1}$.

Varela e Prego (2003), no Porto de La Coruña Harbour (Espanha), observaram altas concentrações do silicato durante todo o levantamento, salientando que estas só encontraram-se baixas ($<5\mu\text{mol. L}^{-1}$), quando houve florações de diatomáceas.

As altas concentrações dos nutrientes, em especial nitrito e fosfato, evidenciam a grande ação antrópica (doméstica e industrial) que o ambiente em estudo vem sofrendo, principalmente na porção superior do estuário, entretanto, deve-se levar em consideração ainda a pouca profundidade do ambiente e o regime de maré, o que propicia a ressuspensão dos nutrientes sedimentados.

Comparando-se os dados atuais com os pretéritos realizados por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989), no estuário do rio Timbó, observa-se padrões diferentes, enfatizando os autores que as concentrações não foram indicativas de poluição.

Em relatório realizado pela CPRH (2001), foi constatado valores críticos de oxigênio dissolvido, DBO, coliformes fecais, amônia e fósforo, registrando padrões fora do estabelecido pelo CONAMA, na bacia do rio Timbó e Arroio Desterro, ressaltando o elevado grau de poluição orgânica causada por efluentes domésticos e industriais. Travassos (1991), no estuário do rio Capibaribe, Feitosa (1988), na bacia do Pina, e Moreira (1994), no estuário do rio Cocó, também registraram concentrações bastante elevadas de fosfato, compatíveis com às obtidas no trabalho, em função da alta presença de matéria orgânica.

Devido ao ambiente estuarino apresentar um forte hidrodinamismo, e sofrer interferência tanto do rio como do mar, é de se esperar que ele apresente sempre, uma boa quantidade de material em suspensão na água. Entretanto, o regime pluviométrico da região pode provocar variação sazonal nas concentrações deste material em suspensão (BASTOS, 2002).

No rio Timbó, verificou-se que o material em suspensão só apresentou variação espacial durante a baixa-mar e ao contrário do que se esperava, sazonalmente não houve diferença acentuada. Este padrão provavelmente deve estar associado à atividade de dragagem observada durante o trabalho. Contudo, deve-se levar ainda em consideração a topografia do estuário, que possui bancos arenosos na sua porção intermediária e uma língua de areia na sua jusante.

Fato interessante a mencionar, é que no período seco no mês de novembro ocorreu um pico de material em suspensão na baixa-mar coincidindo com o pico de biomassa fitoplanctônica o que nos leva a supor que este material em suspensão tem uma maior procedência biológica, também sendo perceptível pela ACP, onde mostra uma correlação direta entre estes dois parâmetros.

Segundo Varela e Prego (2003), atividades antrópicas, como dragagem, ocasionam distúrbios no ambiente, através de ressuspensão dos sedimentos os quais são ricos em despejos urbanos e industriais como também em nutrientes, causando enriquecimento na coluna d'água, conforme foi observado no rio Timbó.

Ao se comparar os resultados obtidos na presente pesquisa com os pretéritos reportados por Costa e Macêdo (1987/89) e Silva (1989), verifica-se que em nenhum deles houve um padrão sazonal definido e que os autores acima observaram que em alguns meses na preamar os valores variaram mais amplamente na estação intermediária, em decorrência da fuligem expelida pela fábrica de cimento Poty. Outrossim, é que as concentrações obtidas no trabalho acima citado estiveram superiores aos atuais.

Os trabalhos sobre variação espaço-temporal da clorofila *a* são de grande importância ecológica, pois permitem avaliar o potencial de produção orgânica dos ecossistemas aquáticos, podendo fornecer indicações sobre a quantidade de matéria orgânica disponível aos demais níveis tróficos (PASSAVANTE et al. 1987/89).

Segundo Smayda (1983), é importante caracterizar a variabilidade da clorofila em longo prazo, em diferentes regiões, não apenas como uma característica da variação natural, mas como um passo essencial para detectar qualquer efeito antrópico sobre a dinâmica do fitoplâncton em águas costeiras. Como também para Edwards et al. (2003), o entendimento da dinâmica relação entre o suprimento de nutrientes e a formação da biomassa fitoplanctônica é importante para prever e evitar eutrofizações marinhas.

Em se tratando da biomassa fitoplanctônica medida no estuário do rio Timbó, foi observado uma tendência para maiores concentrações durante o período chuvoso, no entanto, os picos ocorridos durante o período seco na estação à montante, elevaram a média mascarando o padrão sazonal do ambiente. Observou-se também, que as preamares em alguns meses se sobressaem nas concentrações, em decorrência de uma melhor qualidade óptica da água, associada a quantidades suficientes de nutrientes. Um outro fato relevante a mencionar, foi que durante o período seco da baixa-mar, o fosfato parece ser o principal nutriente absorvido, assegurado por sua drástica redução no período de maior aferição da clorofila *a*.

Essa tendência de concentrações mais elevadas durante a preamar e/ou período seco, é estabelecida por ambientes que já demonstram sofrer ação antrópica, onde a referida maré e o período anual assumem papéis preponderantes, favorecendo uma maior diluição e transparência da água, resultando conseqüentemente, em um melhor desenvolvimento fitoplanctônico.

Varela e Prego (2003), no Porto de La Coruña (Espanha) relatam que a ação antrópica se fez presente, encontrando concentrações altas de clorofila durante todo o ano exceto para a estação de inverno.

De acordo com Feitosa (1988) e Feitosa et al. (1999), na bacia do Pina (PE), Moreira (1994), no estuário do rio Cocó (CE), Moura Júnior (1997), no estuário do rio Vaza-Barris (SE), os maiores teores de clorofila *a* durante o período de estiagem, foram em função de uma maior transparência da água associado ao bom suprimento de sais nutrientes, visto que no período chuvoso esta transparência reduziu em decorrência de maiores concentrações de material em suspensão.

Entretanto, Moura (1991), na Baía de Tamandaré (PE), Melo Magalhães (2000), no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba (AL), Branco (2001), no sistema estuarino de Barra das Jangadas (PE), Bastos (2002), no estuário do rio Una (PE) e Honorato da Silva (2003), no estuário do rio Formoso (PE), associaram as maiores aferições da clorofila *a* aos maiores índices pluviométricos.

CONCLUSÕES

- A precipitação pluviométrica, que no período estudado esteve dentro do padrão de chuvas para a região, provocou alterações em alguns parâmetros ambientais tais como a temperatura, salinidade, transparência e os sais nutrientes.
- Baseado na distribuição vertical da temperatura e da salinidade pôde-se classificar o estuário do rio Timbó como sendo verticalmente homogêneo, e variando de mesoalino a eualino.
- As concentrações de biomassa algal caracterizaram o ambiente como eutrófico, concluindo-se que as maiores medições registradas na estação a montante e durante o período seco, foram em função de quantidades suficientes de nutrientes e uma melhor qualidade óptica da água.
- Comparando-se os dados pretéritos com os atuais, levando-se em conta os parâmetros oxigênio, nitrito e fosfato, pode-se concluir que o estuário do rio Timbó está sofrendo um maior impacto ambiental, em função de cargas excessivas de poluentes orgânicos, principalmente à montante do estuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, G. O. ; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. In: VASCONCELOS SOBRINHO, J. (Ed). **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife: CONDEPE, 1971. p. 95-138.

BARCIA RÉ, P. A. *Biologia Marinha*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 2000. 94p.

BASTOS, R. B. **Variação espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil)**. Recife, PE: 2002. 56f. Monografia (Graduação em Biologia) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

BRANCO, E. de S. **Aspectos ecológicos da comunidade fitoplanctônica no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes-Pernambuco-Brasil)**. Recife, PE: 2001. 125f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) Universidade Federal de Pernambuco, 2001.

CAVALCANTI, L. B. **Caracterização do Canal de Santa Cruz (PE – Brasil) em função dos parâmetros físico-químicos e pigmentos fotossintéticos**. Recife, PE: 1976. 115f. Tese (Livre Docência), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 1976.

_____. **Variações das condições hidrológicas e da clorofila *a* associadas ao cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Bonne, 1931), na região estuarina do rio Paraíba do Norte (Paraíba – Brasil)**. Recife, PE: 2003. 146f. Tese (Doutorado em Oceanografia) Universidade Federal de Pernambuco. 2003.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE, DIRETORIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E FLORESTAIS (CPRH). **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte**. Recife, 2001. 254p.

COSTA, K. M. P., MACÊDO, S. J. Estudo Hidrológico do Rio Timbó. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v. 20 p. 7-34, 1987/89.

EDWARDS V. R. ; TETT, P. ; JONES K. J. Changes in the yield of chlorophyll a from dissolved available inorganic nitrogen after an enrichment event applications for predicting eutrophication in coastal waters. **Continental Shelf Research**. P. 1-15. 2003

FEITOSA, F. A. do N. **Produção Primária do Fitoplâncton Correlacionadas com Parâmetros Bióticos e Abióticos na Bacia do Pina (Recife, Pernambuco, Brasil)**. Recife, PE:1988. 270f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) Universidade Federal de Pernambuco, 1988.

_____. **Estrutura e produtividade da comunidade fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos no sistema estuarino do rio Goiana (Pernambuco-Brasil)**. São Paulo, SP: 1997. 250 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1996.

_____. ; SILVA-CUNHA, M. G. G. ; PASSAVANTE, J. Z. de O. ; NEUMANN-LEITÃO, S. ; LINS, I. C. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife: v. 27, p. 17-25. 1999.

FIDEM. **Estudo geológico-ambiental do estuário do rio Timbó, município de Igarassu**. Recife, 1980. 60p.

FLORES MONTES, M. J. **Variação nictimeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE**. Recife, PE: 1986. 197f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 1996.

GRASSHOFF, K., EHRARDT, M., KREMELING, K. **Methods of sea water analysis**. 2 ed. New York: Verlag Chemie, 1983. 317 p.

GREGO, C. K. S. **Distribuição espacial e sazonal da composição e biomassa fitoplanctônica correlacionadas com a hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista, Pernambuco)**. Recife: 2004. 117f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

HONORATO DA SILVA, M. **Fitoplâncton do estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil): biomassa, taxonomia e ecologia**. Recife, PE: 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

LEGENDRE, L. ; RASSOULZADEGAN, F. Plankton and nutrient dynamics in marine waters. **Ophelia**, Helsingor: v. 41, p. 153-172, Feb. 1995.

MACÊDO, S. J. **Fisioecologia da alguns estuários do Canal de Santa Cruz (Itamaracá – Pernambuco)**. São Paulo, SP: 1974. 121f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia), Universidade de São Paulo, 1974.

MACÊDO, S. J. e COSTA, K. M. P. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco - Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 30, n. 7, 368 p. 1978.

MCLUSKY, D. S. **The estuarine ecosystem**. 2. ed. Glasgow. Blackie and Sons Ltda. 1989, 215p.

MELO MAGALHÃES, E. M. de. **Ecologia do fitoplâncton do complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas-Brasil**. Recife, PE: 2000. 92f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. 2000.

MELO, U., SUMMERHAYES, C. P., TORNER, L. G. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3/4, p. 115-127, 1975.

MOREIRA, M. O. P. **Produção fitoplanctônica em um ecossistema estuarino tropical (estuário do rio Cocó, Fortaleza, Ceará)**. Recife, PE: 1994. 338f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1994.

MOURA, R. T. **Biomassa, produção primária do fitoplâncton e alguns fatores ambientais na Baía de Tamandaré. Rio Formoso. Pernambuco. Brasil**. Recife, PE: 1991. 209f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1991.

MOURA JUNIOR, A. M. **Microfitoplâncton no estuário do rio Vaza-Barris, Sergipe**. Recife, PE: 1997. 128f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1997.

NEUMANN-LEITÃO, S. **Impactos antrópicos na comunidade zooplancônica estuarina**. Porto de Suape – PE – Brasil. São Carlos, SP: 1994. 273f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Ambiental), Departamento de Hidráulica, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1994.

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba**. Rio de Janeiro, SUOREN, 1979. 117 p.

PASSAVANTE, J. Z. de O. **Produção primaria do fitoplâncton do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-Pernambuco)**. São Paulo, SP: 1979. 188 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1979.

_____. ; GOMES, N. A. ; ESKINAZI-LEÇA, E., FEITOSA, F. A. N. Variação da clorofila e do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife: v. 20, p145-154. 1987/89.

PÖDER T., MAESTRINI, S. Y., BALODE, M., LIPS, U., BÉCHEMIN, C., ANDRUSHAITIS, A., E PURINA, I. The role of inorganic and organic nutrients on the

development of phytoplankton along a transect from the Daugava River mouth to the Open Baltic, in spring and summer 1999. **ICES Journal of Marine Science**. v. 60, 827 -835. 2003.

SASSI, R. Phytoplankton and environmental factors in the Paraíba do Norte river estuary, northeastern Brazil: composition, distribution and qualitative remarks. **Bolm. Inst. Oceanogr.**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 93-115. 1991.

SILVA, J. V. **Produção Primária do Fitoplâncton do Estuário do Rio Timbó (Paulista-PE)**. Recife, PE: 1989. 83 f. Dissertação (Mestrado em Criptógamos) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 1989.

SILVA, I. de G. **Variação sazonal e espacial da produção, biomassa e densidade fitoplanctônica no estuário do rio Paripe (Itamaracá – Pernambuco - Brasil)**. Recife, PE: 1992. 153 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Departamento de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Limnologia dos sistemas de cultivos. In: VALENTI, W. C. (Ed.), **Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia para Produção de Camarões**. Brasília. IBAMA/FAPESP, 1998. Cap. 3, p. 47-75.

SMAYDA, T. J. The plankton of estuaries. In: KETCHUM, B. H. (Ed.). **Estuaries and enclosed seas**. Amsterdam: Elsevier, 1983. Cap. 4., p. 65-112.

SOUZA, M. R. M. ; SILVA-CUNHA, M. G. G. ; FLORES-MONTES, M. J. ; NEUMAN-LEITÃO, S. ; PORTO NETO, F. F. ; MOURA, M. C. de O. ; CHAMIXAES LOPES, C. C. B. Hidrologia e fitoplâncton do sistema estuarino do rio São Francisco, nordeste do Brasil. **Trabalhos Oceanograficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife: v. 27, n. 1, p. 15-31. 1999,

STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A Practical handbook of seawater analysis. 2 ed. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, Ottawa, v. 167, p. 207-211, 1972.

TRAVASSOS, P. E. P. F. **Hidrologia e biomassa do fitoplâncton no estuário do rio Capibaribe, Recife-Pernambuco**. Recife, PE: 1991. 288 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1991.

UNESCO. **Determination of photosynthetic pigments in seawater**. Raport of SCOR/UNESCO, working group 17 with meat from 4 to 6 June 1964. Paris: (monography on Oceanography Methodology, 1). Paris, 69 p. 1966.

VARELA, M., PREGO, R. Hydrography and phytoplankton in an isolated and non-pristine ria area: the A Coruña Harbour (NW Spain). **Acta Oecologica**. v. 24, 113–124. 2003.