

HIDROGEOQUÍMICA DO FÓSFORO NO ESTUÁRIO DO JAGUARIBE (CE)

Eschrique, S.A.; Marins, R.V.; Moreira, M.O.P. & Almeida, M.D.*

¹Universidade Federal do Ceará - Instituto de Ciências do Mar
(Av. Abolição, 3207, 60165-081 Fortaleza, CE, Brasil)

*samara_eschrique@yahoo.com.br

ABSTRACT

This study aims to evaluate the spatial distribution of phosphorus in the water column of the Jaguaribe estuary, Ceará state, NE Brazil and its dependence on anthropogenic influences and hydrochemical variability. Water samples were collected in 5 stations along the estuary, in 3 seasonal campaigns in the dry and rain seasons. The parameters (T, Sal, OD, pH) were obtained *in situ* with portable instrument. Total phosphorus ranged from 0.2-5.3 μM , dissolved P from <0.04-3.4 μM and particulate P from <0.04-4.5 μM , with the highest values associated with the inputs from anthropogenic sources and the fluvial influence. Hipertrophy was characterized in secondary channels.

RESUMO

Este trabalho objetivou determinar a distribuição espacial do fósforo no estuário do Jaguaribe e a sua dependência das influências antrópicas e da variabilidade hidroquímica sazonal. As amostras de água foram coletadas em 5 pontos ao longo do estuário, durante 3 campanhas, abrangendo as estações de seca (1ª e 2ª campanhas) e chuva (3ª campanha) da região. As concentrações de fósforo variaram de 0,2-5,3 μM (total), <0,04-3,4 μM (P inorgânico dissolvido) e <0,04-4,5 μM (P particulado total) durante as três campanhas ao longo do estuário, sendo que a fração particulada foi aquela que mostrou comportamento sazonal distinto. Os maiores valores de fósforo foram relacionados ao aporte fluvial e a entrada de efluentes antrópicos e mostraram que em canais secundários o estuário apresentou condições de hipertrofia.

Descriptors: Phosphorus, Hydrochemistry, Jaguaribe Estuary, Semi-arid.

Descritores: Hidroquímica, Fósforo, Estuário do Jaguaribe, Semi-árido.

INTRODUÇÃO

Os estuários são regiões de transição ecológica que desempenham importante função de ligação e trocas genéticas entre os ecossistemas terrestres e marinhos, rota de entrada de nutrientes para o oceano, sendo um ambiente complexo, diversificado e de extrema importância para a sustentação da vida no mar. A elevada concentração de nutrientes e as condições ambientais favoráveis, como excepcionais condições de abrigo e suporte à reprodução e alimentação inicial das espécies oceânicas, transformaram os estuários num dos principais focos de atenção no que diz respeito à conservação ambiental e manutenção da biodiversidade (Miranda *et al.*, 2002).

O fósforo está entre os elementos nutrientes mais importantes para a vida dos organismos aquáticos. A distribuição das diversas formas de fósforo nas águas estuarinas é amplamente controlada pelos agentes biológicos e físico-químicos específicos do ambiente. A depleção de nutrientes nos fluxos fluviais, especialmente de fósforo pode alterar a produtividade biológica do ecossistema estuarino, pois o fósforo é considerado o principal fator limitante da produtividade de águas continentais (Esteves, 1998).

O suplemento de fósforo pode ser maior nos estuários que ficam próximos de regiões densamente povoadas, devido às entradas de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, podendo provocar eutrofização do ambiente, especialmente onde a circulação é restrita, como em

baías, estuários e lagoas costeiras (Livingston, 2001). Tal alteração pode conduzir a várias conseqüências ecológicas, como florações indesejáveis, decréscimo nas concentrações de oxigênio, mudanças na composição das espécies e na qualidade hídrica (Nixon, 1992).

Para o metabolismo do ecossistema costeiro, outros parâmetros são importantes tais como: a transparência, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, material particulado em suspensão, clorofila *a* e o feopigmento (Costa, 1991; Carmouze, 1994; Flores Montes, 1996; Jeffrey *et al.*, 1997; Pereira & Soares-Gomes, 2002; Schmiegelow, 2004).

O elevado nível de açudagem do rio Jaguaribe pode alterar a disponibilidade de fósforo para o estuário, pois o seqüestro de sedimentos por sucessivos barramentos conhecidamente afeta a descarga sólida dos rios, conseqüentemente diminuindo a entrada de nutrientes e gerando impactos sobre a produtividade das regiões costeiras adjacentes (Marins *et al.*, 2002).

Por outro lado, a intensa atividade de carcinicultura e a presença urbana ao longo da bacia de drenagem do estuário do Jaguaribe, são fatores que contribuem para o aporte antrópico de fósforo para este ecossistema (Abreu *et al.*, 2003; Lacerda & Sena, 2005). Assim, este trabalho teve como objetivo determinar a distribuição espacial do fósforo presente nas águas estuarinas do Jaguaribe, litoral nordeste oriental brasileiro, e sua dependência da variabilidade hidroquímica sazonal e da produtividade primária expressa através dos teores de clorofila *a* e feopigmentos.

CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO JAGUARIBE E ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Jaguaribe é dividida em cinco sub-bacias e drena uma área total de 72.043 km² com 633 km de extensão. Ao longo da bacia, centenas de represas foram construídas desde 1906, sendo as principais (Castanhão, Orós, Cedro e Banabuíú) responsáveis por

mais de 70% do total de água represada (Morais *et al.*, 2002). O represamento normalizou e diminuiu a descarga hídrica média do Jaguaribe, atualmente estimada entre 20 a 60 m³.s⁻¹ (Campos *et al.*, 1997). Com este baixo suplemento de água fluvial a intrusão salina é favorecida (Marins *et al.*, 2003) pelas meso-marés, com amplitude de 2,8 m (ANEEL, 2000) e, as planícies de inundação no estuário são cobertas por aproximadamente 23.000 ha de mangues (Lacerda & Marins, 2002). O estuário é do tipo bem misturado, apresentando profundidades variando de 2-5 m. A precipitação anual da região é de 500 mm no interior da bacia, alcançando 800 a 1000 mm no litoral. O clima apresenta dois períodos, um longo e seco (junho a dezembro) e outro curto e chuvoso (janeiro a maio). O principal responsável pela regulação do clima da região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A temperatura média anual é de 26 ± 5°C e a insolação média anual de 3.000 h.ano⁻¹. Ventos alíseos são dominantes com velocidade de 3,0 a 4,0 m.s⁻¹ (Campos *et al.*, 2000). A geologia regional não apresenta depósitos minerais fosfáticos logo a contribuição por fontes litogênicas é pouco significativa para o conteúdo total de fósforo nas águas de drenagem. Entretanto, os solos representam uma fonte potencial de fósforo para o meio aquático, devido ao intemperismo e lixiviação de solos agrícolas via adições de fertilizantes que resultam em contribuições de cerca de 13% das emissões de fósforo para o estuário do Jaguaribe (Abreu *et al.*, 2003; Lacerda & Sena, 2005).

As cidades de Itaiçaba, Aracati e Fortim estão inseridas na micro-região do estuário do Jaguaribe somando 90 mil habitantes (Silva & Cavalcante, 2000). Em Itaiçaba, a 34 km da foz, o rio encontra uma barreira artificial, o dique construído para transpor as águas do rio para o canal do Trabalhador e responsável por 40% do abastecimento dos 2 milhões de habitantes de Fortaleza. Esta barreira impede o estabelecimento do gradiente estuarino durante as épocas de baixos deflúvios (Marins *et al.*, 2003).

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostragem

Cinco estações amostrais foram distribuídas ao longo do

estuário do Jaguaribe, no sentido foz-Aracati, delimitadas pelas coordenadas de $4^{\circ}25'12''\text{S}$ e $4^{\circ}36'0''\text{S}$ de latitude, e de $37^{\circ}50'24''\text{W}$ e $37^{\circ}43'12''\text{W}$ de longitude, conforme posicionamento indicado na Figura 1.

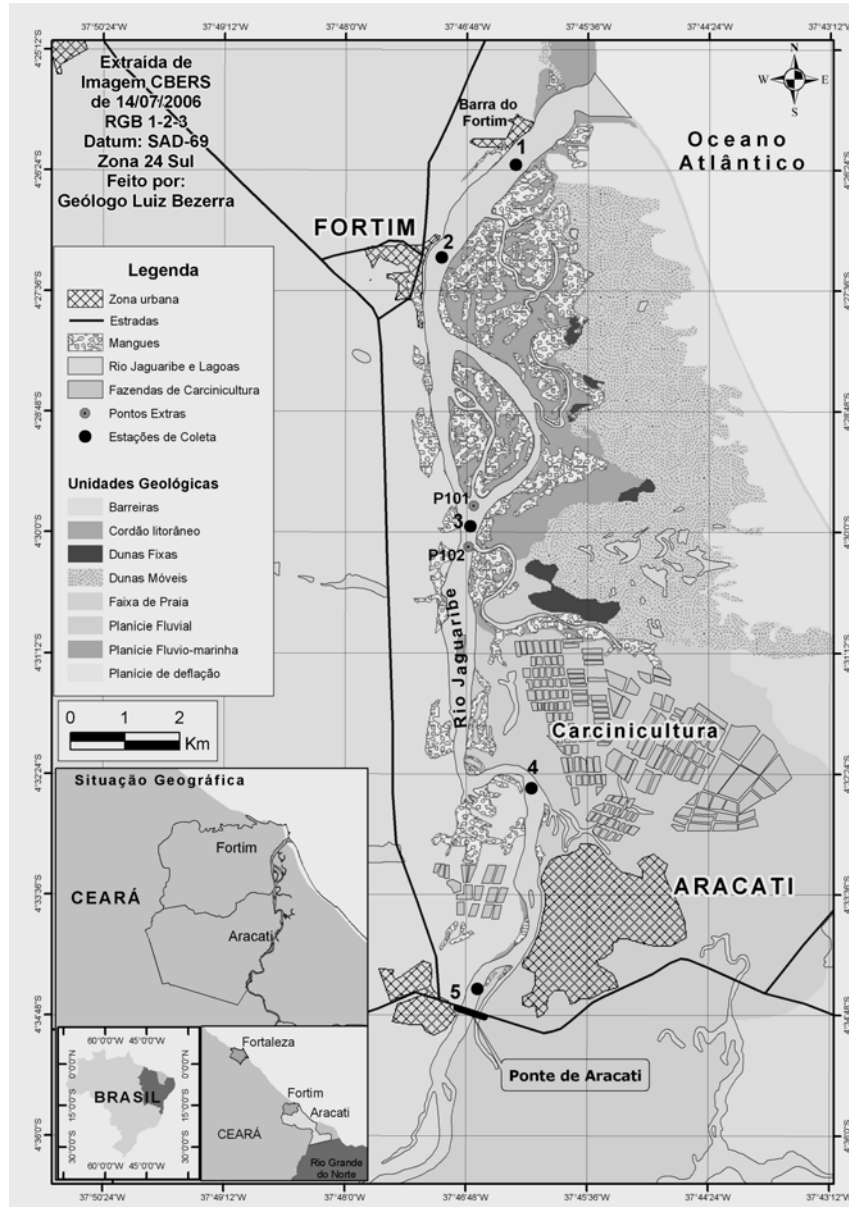


Fig. 1. Localização geográfica do estuário e das estações de coleta no rio Jaguaribe (CE).

Foram realizadas três campanhas de amostragem de acordo com a sazonalidade da região e a influência da maré. As campanhas foram realizadas durante os períodos de seca e chuva e todas em marés de quadratura. Os índices de precipitação pluviométrica dos últimos 15 dias que antecederam as coletas foram: 1º campanha - 27 de setembro de 2005 (0 mm); 2º campanha - 08 de fevereiro de 2006 (4,6 mm); e, 3º campanha - 24 de junho de 2006 (116,8 mm).

Em campo foram determinados: pH, através de pHmetro ORION modelo 250; oxigênio dissolvido, salinidade e temperatura, com auxílio da Sonda YSI modelo 85, previamente calibrada. As coletas foram feitas a 1% de penetração de luz (ponto de desaparecimento do disco de Secchi) amarrado a um cabo batimétrico com marcações em intervalos de 10 cm.

As amostras de água para a determinação das frações geoquímicas de fósforo foram coletadas no meio do canal estuarino, em duplicata, no sentido foz-rio, através do lançamento da garrafa de van Dorn, e estocadas em garrafas de vidro âmbar de 250 ml, previamente lavadas com solução de HNO₃ (1:1) (APHA, 2001). Estas amostras foram preservadas sob refrigeração a 4°C. Para a determinação de fósforo total na água (T-PO₄), foi coletada uma alíquota de amostra por estação, assim como para a análise de fósforo dissolvido na água (D-PO₄), outra alíquota foi filtrada, ainda em campo, através de filtro de fibra de vidro Millipore AP 040, com 0,45 µm de porosidade. Ambas as amostras foram preservadas para análise posterior em laboratório segundo Grasshoff *et al.* (1999). Para a análise

de material particulado em suspensão foram coletadas duplicatas de amostras de água acondicionadas em garrafas PET de 1,5 L, sob refrigeração à 4°C. Para as análises de clorofila *a* e feopigmento foram coletadas triplicatas de amostras de água, colocadas em garrafas escuras de 2 L, mantidas sob proteção da luz. Ainda no campo, as amostras foram filtradas em filtro Millipore de acetato de celulose (nitrato 75-80%) com 0,45 µm de porosidade. Após a filtração, os filtros foram dobrados, preservando a permanência do fitoplâncton na parte interna da dobra, e colocados em placa de petri e armazenados sob refrigeração a 4°C, protegidos da luz (Strickland & Parsons, 1972).

Determinação do Material Particulado em Suspensão

No laboratório, as amostras de água foram filtradas em filtros de fibra de vidro (Millipore AP 040) com 0,5-0,7 µm de porosidade, previamente secos e pesados a peso constante com precisão de 0,1 mg. O material particulado em suspensão (MPS) foi determinado por gravimetria através da diferença entre os pesos do filtro antes e após a filtração. O peso do MPS foi relacionado ao exato volume filtrado (APHA, 2001).

Determinação da Clorofila *a*

A clorofila *a* (Chl-*a*) foi determinada por espectrofotometria na região do visível, segundo a metodologia para fitoplâncton misto (Jeffrey & Humphrey, 1975), usada neste trabalho devido a apresentar menor variabilidade de erros (SCOR-Unesco, 1980) e pela elevada salinidade das águas coletadas, que

influencia diretamente a composição do fitoplâncton e conseqüentemente as proporções de clorofila *a*. A extração de clorofila *a* foi feita com 10 ml de solução de acetona, a 90%, em ambiente limpo de laboratório, à penumbra para evitar a descoloração dos pigmentos. As amostras foram agitadas em tubos fechados, que foram deixados em refrigerador, protegidos de luz, durante 24 horas. Depois, os tubos foram centrifugados a 4000 rpm por 10 minutos. Retirou-se o sobrenadante com a ajuda de pipeta automática, evitando-se a ressuspensão do precipitado. O sobrenadante foi transferido para cubeta e feita a correção do branco equivalente nos valores de absorbância considerados (630, 647 e 664 nm) e da turbidez (absorbância medida em 750 nm), antes dos cálculos finais para determinação da clorofila *a*.

Determinação do Feopigmento

As concentrações de feopigmento (Feo-Pig) foram obtidas a partir de leituras de absorbância a 750 nm (correção de turbidez), 664 e 665 nm (absorbância máxima para Chl-*a*) das amostras extraídas conforme descrito anteriormente na análise de clorofila *a*. Depois, adicionaram-se duas gotas de HCl, à 10%, nas amostras e mediu-se a extinção a 664, 665 e 750 nm. As absorbâncias medidas foram corrigidas pela subtração dos brancos das cubetas e turbidez segundo APHA (2001).

Determinação do Fósforo

O princípio da determinação das diferentes frações de fósforo utiliza a medida do elemento sob a forma de íon ortofosfato, através de sua reação, em meio ácido, com o

molibdato de amônio, formando o complexo fosfomolibdato. Este complexo é reduzido pelo ácido ascórbico, numa reação catalisada pelo antimônio tartarato de potássio, formando o complexo de coloração azul, medido em espectrofotômetro (Micronal, B582), a 880 nm. A intensidade da cor é proporcional à quantidade de fosfato presente na amostra. Foi determinado o branco de reagentes e usadas soluções-padrão para calibração do espectrofotômetro. Os polifosfatos e o fósforo orgânico não são determinados pelo método (Grasshoff *et al.*, 1999).

Tratamento dos Dados

Os testes estatísticos usados no tratamento dos resultados foram: Análise de Agrupamento, Kruskal-Wallis e Correlação de Spearman. Todos os testes estatísticos foram manipulados através do programa STATISTICA, versão 7.0 da StatSoft. Inc. (2004).

RESULTADOS

A distribuição espacial e temporal dos parâmetros hidroquímicos medidos no ambiente estuarino do Jaguaribe para a 1^a, 2^a e 3^a Campanhas, respectivamente, são apresentadas na Tabela 1. Os demais parâmetros são apresentados na Figura 2.

A salinidade ao longo do estuário variou entre as campanhas de 29,5 a 35,1; 27,0 a 39,2; e 1,2 a 17,5, referentes a 1^a, 2^a e 3^a Campanhas, respectivamente. A temperatura da água apresentou comportamento semelhante nas três campanhas, variando de 27,2 a 29,8°C, consideradas todas as campanhas, favorecendo a evaporação das águas estuarinas.

Tabela 1. Parâmetros medidos nas três campanhas realizadas no estuário do Jaguaribe.

Campanhas de campo	Estações de coleta	Hora da coleta	Altura maré (m)	Secchi (m)	Sal	T (°C)	OD (mg.l ⁻¹)	pH
1ª Camp.	1	10:20	1,9	1,0	31,9	27,2	6,5	8,2
	2	11:25	2,1	2,3	34,9	28,0	5,6	8,1
	3	12:50	2,3	2,0	35,1	28,9	6,5	8,1
	4	14:00	2,4	1,8	34,2	29,1	7,0	8,1
	5	14:50	2,4	1,4	29,5	29,5	5,9	7,9
2ª Camp.	1	08:30	1,4	1,7	33,1	29,2	6,0	7,9
	2	09:30	1,7	1,1	37,5	29,4	5,0	7,8
	3	10:30	1,9	1,0	39,2	29,4	3,1	7,7
	4	11:35	2,2	0,8	35,9	29,6	4,6	7,7
	5	12:10	2,4	0,4	27,0	29,7	7,1	8,0
3ª Camp.	1	10:15	0,5	0,7	17,5	28,4	6,5	8,2
	2	11:00	0,9	0,9	11,2	28,6	5,4	8,0
	3	12:00	1,4	0,6	2,8	28,9	6,1	8,1
	4	13:25	2,1	0,5	1,8	29,5	7,9	8,4
	5	14:40	2,7	0,5	1,2	29,8	9,0	8,4

A concentração de OD revelou que as águas estuarinas apresentam-se bem oxigenadas, com 5,6 a 7,0; 3,1 a 7,1; e 5,4 a 9,0 mgO₂.l⁻¹, correspondentes às 1ª, 2ª e 3ª campanhas, respectivamente, indicando uma tendência de equilíbrio entre consumo e produção fitoplanctônica. Os valores de pH foram alcalinos em todo o estuário, com poucas variações ao longo das campanhas, com valores de 7,9 a 8,2; 7,7 a 8,0; e 8,0 a 8,4, referentes às 1ª, 2ª e 3ª campanhas, respectivamente. As concentrações de MPS apresentaram teores variando de 10,9 a 19,0; 15,5 a 19,6; e 23,0 a 38,4 mg.l⁻¹, para as respectivas campanhas realizadas no estuário do Jaguaribe. Os teores de Chl-*a* foram crescentes a cada campanha, seguindo também uma distribuição espacial crescente da foz para as estações à montante, com valores de 1,2 a 8,2; 2,9 a 16,2; e 9,5 a 17,4

mg.m⁻³, referentes a 1ª, 2ª e 3ª campanhas.

Os teores de Feo-pig oscilaram entre 1,4 a 3,2; mg.m⁻³ (2ª campanha), e de 2,0 a 10,5 mg.m⁻³ (3ª campanha). Os valores médios por campanha mais que duplicaram entre estas campanhas. Este parâmetro não foi medido na 1ª campanha. Os resultados obtidos para as amostras em duplicatas das frações de fósforo na água, nas três campanhas realizadas na região estuarina do Jaguaribe, variaram, respectivamente, de 0,2 a 3,7 M, 2,0 a 5,3 µM e 3,7 a 6,6 µM para o fosfato total (T-PO₄); de < LD* a 2,7 µM, 1,2 a 3,4 µM e 1,3 a 2,5 µM para o fosfato dissolvido (D-PO₄); e de < LD* a 1,1 µM, 0,9 a 3,4 µM e 1,3 a 4,5 µM para o fosfato particulado (Part-PO₄), sendo que o limite de detecção do aparelho (LD*) foi de 0,04 ± 0,01 µM para P-PO₄.

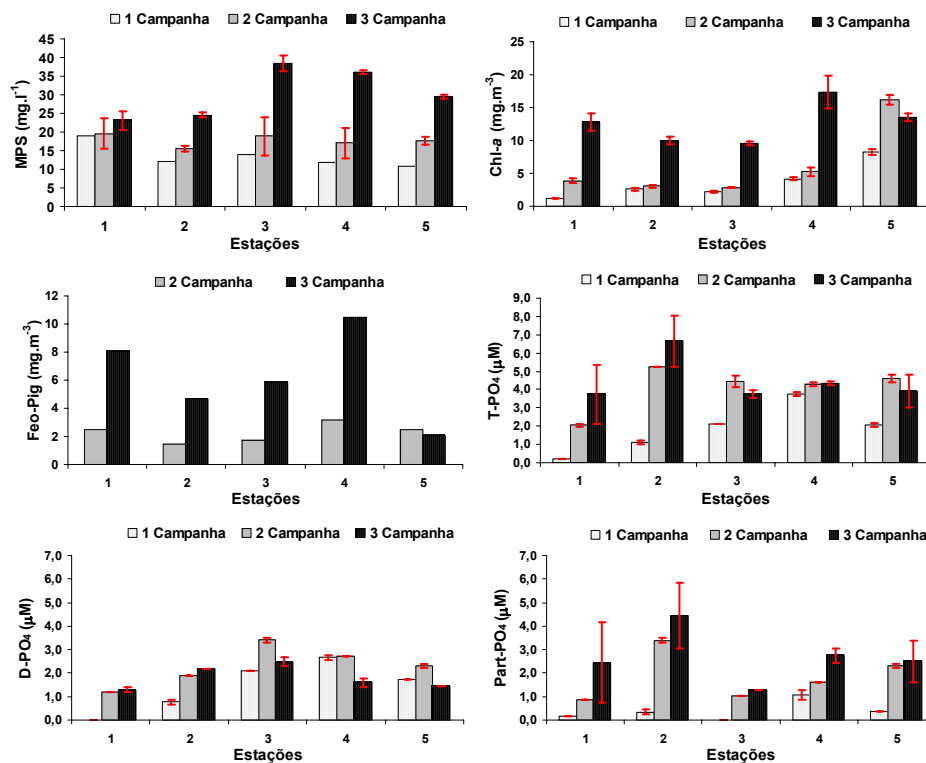


Fig. 2. Distribuição espacial e temporal de MPS, clorofila *a*, feopigmento e frações geoquímicas do P no estuário do Jaguaribe, durante as três campanhas realizadas no sentido foz-montante (estação 1-5).

DISCUSSÃO

Temperatura

A distribuição da temperatura nas águas estuarinas do Jaguaribe é bastante regular e segue o ciclo de radiação anual, característico de regiões tropicais e de baixas latitudes, que apresentam poucas variações meteorológicas condicionadas por períodos de maior ou menor nebulosidade, que na região são raros. O maior gradiente de temperatura foi observado durante a primeira campanha, com baixos valores na porção inferior, aumentando em direção a estação 5 do estuário. Este comportamento foi

observado durante as três campanhas de coleta e está estreitamente relacionado com a entrada de águas marinhas, que são mais frias que as fluviais, ocorrendo de forma diferenciada entre os períodos de coleta. Como este sistema é fortemente influenciado pela dinâmica das marés, este fator se torna o controlador para as diferenças observadas de temperatura. Outros trabalhos realizados no estuário do Jaguaribe corroboram com os resultados deste trabalho, tais como: Marins *et al.* (2003), que observaram temperatura média de 29,3°C no período de novembro de 2001; e Freitas *et al.* (2006), que encontraram temperaturas médias variando entre

28,8 a 29,0°C, entre junho de 2002 a janeiro de 2003. Segundo Figueiredo *et al.* (2006), a temperatura é um fator de fundamental importância no ambiente estuarino, devido a sua ação direta nos processos fisiológicos dos organismos.

Salinidade

A hidrologia estuarina na região nordeste brasileira tem sido caracterizada por flutuações na salinidade, que são correlacionadas com o fluxo de entrada de águas doce e salgada e pelo aumento ou diminuição da temperatura, decorrente de mudanças sazonais climáticas (Lins, 2002; Dias *et al.*, 2005b). Entretanto, no estuário do Jaguaribe não tem sido observada estratificação salina ou térmica (Marins *et al.*, 2003) ao longo do ano. Os dados obtidos neste trabalho corroboram estas descrições sendo que entre a primeira e segunda campanha (seca), a salinidade não apresentou grandes variações, evidenciando uma forte influência das águas marinhas na dinâmica estuarina. Os maiores valores de salinidade nestas campanhas ocorreram durante a enchente da maré e na estação 3 (Tab. 1). A maior salinidade encontrada no estuário do Jaguaribe (39,2) foi mais elevada que a salinidade local da água do mar, que chega a atingir 38,0. Este comportamento decorre da baixa circulação das águas estuarinas, que maximiza a evaporação e a salinização do estuário.

O gradiente de salinidade entre as porções inferior e superior do estuário só mostrou diferenciação marcante na 3ª campanha, período chuvoso, com baixos valores de salinidade registrados ao longo do

canal estuarino, justificado pela diluição das águas marinhas pelo maior aporte das águas fluviais. A salinidade apresentou valores mais baixos na estação 5, na porção superior do estuário, nas três campanhas de amostragem, salientando a influência do aporte fluvial sobre a salinidade mesmo no período de estiagem da região. Este padrão de distribuição da salinidade também foi observado por Lacerda & Marins (2002), que encontraram valores de entre 38,1 a 39,4; e por Marins *et al.* (2003), que observaram valores entre 36,50 a 39,10 até 34 km da foz do rio. O controle da salinidade pela maré tem sido notificado por outros autores em diferentes regiões da costa brasileira (Pereira-Filho *et al.*, 2001; Figueiredo *et al.*, 2006). Os valores elevados de salinidade ao longo do canal estuarino e o pequeno aporte de água doce no Jaguaribe podem afetar negativamente várias espécies de crustáceos e peixes estuarinos, adaptados a ambientes menos salinos (Marins *et al.*, 2003).

Oxigênio Dissolvido

No ambiente aquático, o teor de oxigênio dissolvido na superfície se encontra em equilíbrio com o ar atmosférico, ao passo que os processos químicos, resultantes de fenômenos biológicos ou não, promovem um desvio dos valores de saturação (Santos, 2000). No estuário do Jaguaribe, o menor valor de OD (3,1 mg.l⁻¹) foi medido durante a 2ª campanha na porção média do estuário (estação 3), onde também foi observado o maior valor de salinidade (Tab. 1, Fig. 2), o que pode estar relacionado com área ou instante de retenção hídrica.

Outros trabalhos realizados na região estuarina do Jaguaribe obtiveram valores de OD variando de 5,2 a 8,4 mg.l⁻¹ (novembro de 2001) (Marins *et al.*, 2003), de 4,8 a 7,9 mg.l⁻¹ (junho de 2002), de 5,6 a 7,5 mg.l⁻¹ (janeiro de 2003) (Freitas *et al.*, 2006), de 3,63 a 9,50 mg.l⁻¹ ao longo de 2004 (Dias *et al.*, 2005a). Níveis de oxigênio dissolvido ≤ 4 mg.l⁻¹, em águas naturais, favorecem os processos anaeróbicos, que produzem substâncias redutoras que consomem mais oxigênio para a sua oxidação (Esteves, 1998).

Os maiores valores de OD coincidiram com o horário de maior insolação, indicando, muito provavelmente, a predominância dos processos fotossintéticos além da contribuição das águas marinhas bem oxigenadas sobre processos como a biodegradação da matéria orgânica e respiração dos organismos aquáticos. Estes resultados corroboram com os obtidos por Figueiredo *et al.* (2006), que também correlacionaram as maiores concentrações de OD para o complexo estuarino de Itamaracá (PE) com o aumento da insolação. Ainda, segundo estes autores, incrementos nos teores de OD podem ser provocados pela turbulência devido às correntes de marés, agitação gerada pelos ventos e descarga fluvial.

pH

A distribuição dos valores de pH para o sistema estuarino do Jaguaribe esteve semelhante ao pH de águas marinhas, durante os períodos de seca (1^a e 2^a campanha). Este comportamento correlacionado com as características da água marinha em termos de salinidade e OD, reflete a influência da intrusão marinha e o balanço hídrico negativo

(evaporação > precipitação) no estuário. Os maiores valores de pH foram registrados principalmente no horário de maior insolação, sendo que os altos valores de pH das estações 4 e 5 (3^a campanha) sugerem a presença de água de origem não marinha devido a presença de maior aporte de MPS durante os eventos de chuva. Ou ainda, essa distribuição do pH pode variar em resposta à intensa atividade fitoplanctônica, pela assimilação do CO₂ durante o processo fotossintético, que tende a elevar os valores de pH d'água. Este fenômeno é consequência principalmente da hidrólise do íon bicarbonato em CO₂ e OH⁻ (Esteves, 1998). Altos valores de pH para ambientes estuarinos da costa nordeste também foram reportados por Eschrique & Marins (2006), Dias *et al.* (2005a, b) e Marins *et al.* (2003), que encontraram valores de pH > 8,0 para regiões do estuário do Jaguaribe, e por Figueiredo *et al.* (2006), que observaram o pH das águas estuarinas de Itamaracá (PE) entre 7,9 e 8,7.

Material Particulado em Suspensão

Os teores de MPS aumentam gradativamente com o aumento do aporte fluvial, com valores máximos quando a pluviosidade foi significativamente maior do que zero na quinzena antecedente à amostragem. Marins & Dias (2003) reportaram que as principais fontes de MPS na região de estudo são as descargas fluviais e a remobilização de sedimentos de fundo. Durante a 3^a campanha foi possível identificar a divisão da zona estuarina proposta por Dias *et al.* (2005c), através da distribuição do MPS, onde foi observada a zona de máxima turbidez na estação 3. Nas campanhas

anteriores, em períodos de seca, a constância dos baixos teores de MPS confirmou que o estuário estava sobre forte predominância marinha.

Marins & Dias (2003) encontraram valores de MPS no estuário do Jaguaribe de 3,7 a 46,9 mg.l⁻¹ (maio de 2000 a março de 2002). Dias *et al.* (2005c) obteve concentrações de MPS de 7,1 a 608,0 mg.l⁻¹, entre fevereiro e setembro de 2004, um ano considerado atípico pelo registro de elevada pluviosidade. Comparando-se estes teores de MPS e os obtidos neste trabalho, confirma-se o forte controle do clima sobre a distribuição do MPS, onde em períodos de chuva ocorre aumento do aporte de materiais para o estuário, dependente dos deflúvios.

Clorofila a

No caso do estuário do Jaguaribe que apresenta uma baixa vazão hídrica, apesar da penetração de um grande volume de água marinha, a mistura das águas costuma ficar restrita à porção intermediária do estuário. Este processo de retenção faz com que haja uma maior produção de biomassa fitoplanctônica na porção superior do estuário, por ocasião da maré enchente, quando o tempo de residência das águas estuarinas torna-se elevado. Dias *et al.* (2007) reportaram que o tempo de residência das águas estuarinas do Jaguaribe é fortemente dependente da variabilidade climática da região e da vazão hídrica total estuarina, variando de 3 horas na estação seca a 12 horas na estação chuvosa. Fato semelhante também foi observado por Moreira (1994) no estuário do Rio Cocó (CE), fortemente impactado por efluentes urbanos.

A distribuição de clorofila *a* esteve correlacionada negativamente com o D-PO₄ durante todo este estudo, onde baixos valores desta fração corresponderam a alta produtividade primária. No estuário do Jaguaribe, próximo à estação 5, existe saída ilegal de esgotos urbanos da cidade de Aracati, que também podem estar contribuindo com nutrientes para o estuário e, por conseguinte, para as altas concentrações de Chl-*a*. Durante a 1^a campanha realizada no estuário do Jaguaribe, a análise de Chl-*a* nas amostras de água de dois pontos extras localizados a jusante (ponto 101) e a montante (ponto 102) da estação 3 mostrou teores de 5,3 mg.m⁻³ no ponto 101 e de 69,0 mg.m⁻³ no ponto 102, valor de duas a dezoito vezes acima da média registrada para esta campanha (3,7 mg.m⁻³) e para a estação 3 (2,2 mg.m⁻³). Esta biomassa fitoplanctônica, expressa em Chl-*a*, pode ser comparada às regiões de alta produtividade (Braga, 1995), indicando um grande potencial de eutrofização do estuário do Jaguaribe, devido ao baixo deflúvio, ao processo de represamento das águas estuarinas pelas forçantes de maré, que diminuem a capacidade de renovação das águas estuarinas e podem intensificar os efeitos das emissões inadequadas de efluentes.

Na 3^a campanha, a distribuição de Chl-*a* ao longo do estuário foi mais uniforme, com altos valores na estação 5, uma pequena redução na estação 3, e um suave aumento na estação 1. Moreira (2005) encontrou uma distribuição semelhante de Chl-*a* para o estuário do Jaguaribe, durante os meses de janeiro a abril de 2005, corroborando com estes resultados. Este

comportamento levanta a hipótese de uma maior capacidade de exportação do estuário do Jaguaribe durante o período de maior aporte fluvial, apesar da elevada açudagem do rio.

Em Itamaracá-PE, teores de Chl-*a* entre 4,06 a 35,49 mg.m⁻³ caracterizaram o ambiente como eutrófico (Santos-Fernandes *et al.*, 1998). Enquanto que, a Bacia do Pina (PE), com valores entre 2,7 a 256,1 mg.m⁻³ foi considerada um ambiente hipereutrofizado, e o estuário do Rio Goiana (PE), com valores entre 9,9 mg.m⁻³ na preamar e 13,5 mg.m⁻³ na baixa-mar, é ambiente eutrofizado (Feitosa *et al.*, 1999a e 1999b). Sendo assim, o ambiente estuarino do Jaguaribe (CE) com teores de Chl-*a* de 1,2 a 17,4 mg.m⁻³, para o período amostrado, pode ser caracterizado como eutrófico e de boa produtividade primária, embora na gamboa e no canal secundário tenham sido observados, teores relativos à ambiente hipereutrofizado.

Feopigmento

Os menores teores de Feo-pig foram observados nas estações 2 e 3 para as duas campanhas de coleta, e também coincidiram com os menores valores de Chl-*a*. Esta distribuição deve estar relacionada à zona de mistura do estuário, que pela sua intensa dinâmica de mistura, dificulta a produção de matéria orgânica na coluna d'água, diminuindo também a sua degradação. Com base na análise da relação entre as concentrações de feopigmento e clorofila *a* (Feo-pig:Chl-*a* Total), Tabela 2, indicativa do grau de degradação de Chl-*a* (Bianchi *et al.*, 2002), observou-se uma razão de degradação homogênea, com as menores quantidades de material decomposto (baixos valores de razão) encontradas na estação 5 nas duas campanhas, que coincide com altos valores de Chl-*a*, o que revela uma boa atividade fotossintética para a porção superior do estuário do Jaguaribe.

Tabela 1. Teores de Chl-*a* total, ativa e de feopigmento e suas relações (B=2ª campanha; C=3ª campanha).

Estação	Chl- <i>a</i> Total (mg.m ⁻³)	Feo-pig (mg.m ⁻³)	Chl- <i>a</i> ativa (mg.m ⁻³)	Feo-pig:Chl- <i>a</i> Total	Chl- <i>a</i> ativa:Feo-pig
1B	3,9	2,5	1,4	0,6	0,6
2B	3,0	1,4	1,6	0,5	1,1
3B	2,9	1,8	1,1	0,6	0,6
4B	5,2	3,2	2,1	0,6	0,7
5B	16,2	2,5	13,8	0,2	5,6
1C	12,8	8,1	4,7	0,6	0,6
2C	10,0	4,7	5,3	0,5	1,1
3C	9,5	5,8	3,7	0,6	0,6
4C	17,4	10,5	6,9	0,6	0,7
5C	13,5	2,0	11,5	0,2	5,6

A análise da relação entre os teores de clorofila ativa (Chl-*a* ativa = diferença entre os teores de Chl-*a* Total e Feo-pig) e feopigmento indica a condição fisiológica (maturidade fisiológica) do fitoplâncton em relação às condições hidroquímicas do local, no momento da amostragem (Ramírez, 2005). No estuário do Jaguaribe, a razão Chl-*a* ativa:Feo-pig (Tab. 2) para as estações 5 e 2 apresentaram valores > 1, mostrando que as concentrações de Chl-*a* ativa são predominantes, podendo-se inferir que a produtividade fitoplanctônica destas zonas do estuário estava em sua fase inicial. Enquanto que, as razões <1 com quantidade de material degradado (Feo-pig) maior que de matéria orgânica viva (Chl-*a* ativa) ocorreram nas estações 4 e 3, sugerindo que estes pontos estavam localizados após região de *bloom* e que receberam o material degradado produzido no estuário superior. Estas baixas razões podem, ainda, sugerir que estas zonas estuarinas já apresentam aspecto de eutrofização cultural, corroborando com outros resultados deste trabalho que apontam os impactos negativos da emissão de efluentes urbanos e da carcinicultura para o estuário do Jaguaribe.

Teor de Fósforo na Água

Em geral, os teores de fosfato total ao longo do estuário do Jaguaribe foram elevados quando comparados com a concentração média de estuário não poluído, em torno de 1,2 μM (Baumgarten *et al.*, 1996) e, quando comparados a valores observados de fosfato na costa do Ceará, entre <0,01 a 0,84 μM , e <0,01 a 1,54 μM , para os anos de 1997 e 1998 respectivamente (Becker, 2001). As concentrações de T-PO₄ na água

foram crescentes entre as campanhas. Esse aumento nas concentrações de fósforo indica a ocorrência de fontes antrópicas para o ambiente estuarino, tendo em vista que durante a 1^a e 2^a campanha, a contribuição fluvial foi mínima para o estuário e que, na 3^a campanha, a diluição dos teores fluviais não seguiu o padrão de variação de acordo com a salinidade.

Durante a 1^a campanha no Jaguaribe foram coletadas amostras de água para análise de fosfato em dois pontos extras no estuário, localizados a jusante (ponto 101) e a montante (ponto 102) da estação 3. O ponto 101 é o canal secundário do estuário, que apresentou concentração média de 4,0 μM (T-PO₄), 2,7 μM (D-PO₄), e de 1,3 μM (Part-PO₄). O ponto 102 é a gamboa que recebe os efluentes das fazendas de carcinicultura do estuário, e apresentou teor médio de 5,6 μM (T-PO₄), 0,4 μM (D-PO₄), e de 5,2 μM (Part-PO₄). Os valores encontrados nestes pontos extras ficaram muito acima da média registrada para esta campanha (Fig. 2). Isto mostra que os efluentes da carcinicultura aumentaram de 2 a 3 vezes os teores médios da fração T-PO₄ e, de 3 a 13 vezes os teores médios da fração Part-PO₄. Como o monitoramento desses pontos não foi contínuo durante as demais campanhas, não é possível afirmar que estes resultados são representativos de todo o ano, mas confirmam a presença de fontes antrópicas deste nutriente para o estuário, capazes de promover mudanças significativas na partição hidrogeoquímica do fósforo.

O padrão de distribuição espacial do fósforo está relacionado à somatória das forçantes que atuam no estuário. De um lado, há

contribuição das águas marinhas, que diluem as concentrações na foz (estação 1) e, por outro lado, há a entrada de efluentes com elevados teores de fósforo, que permanece sinalizada mesmo com o aumento das descargas fluviais. Os efluentes domésticos são conhecidos como fonte de fósforo para o meio aquático, seja ele particulado ou dissolvido. As altas concentrações de fósforo indicam fontes antropogênicas e desencadeiam processos de eutrofização (Carreira & Wagener, 1998; de Jonge *et al.*, 2002).

A diminuição das concentrações de fosfato dissolvido nas regiões vizinhas a região de aporte de efluentes na coluna d'água indicam uma rápida retirada de D-PO₄ através da assimilação preferencial desta fração pela biomassa fitoplanctônica e/ou pela alteração da partição natural do fósforo pela emissão dos efluentes da carcinicultura, que na 1ª campanha mostrou ser predominantemente de Part-PO₄. Vários autores citam o papel dos produtores primários na assimilação do fósforo da coluna d'água. A remoção de fósforo da coluna d'água tem sido explicada através da combinação de processos geoquímicos e biológicos (Fonseca *et al.*, 2002; Fontes, 2004).

Tratamento dos Dados

Utilizando o teste estatístico de análise de agrupamentos para os resultados médios obtidos nas três campanhas ao longo do estuário do Jaguaribe, observou-se a formação de dois grandes grupos (Fig. 3). A partir dessa constatação, organizou-se a planilha de dados de modo a formar dois grupos temporalmente distintos: Grupo 1 - abrange os resultados da 1ª (A) e 2ª (B) campanhas sob condição

de período de seca da região; Grupo 2 - os resultados da 3ª campanha (C), sob a condição de período de chuva, mais a estação 5 da 2ª campanha (5B), que apresentou características semelhantes as da 3ª campanha. Os dois grupos foram analisados separadamente ainda pelo mesmo teste de análise de agrupamento, para estabelecer as relações existentes entre as variáveis estudadas dentro de cada grupo. Observou-se que as variáveis se relacionaram de maneira diferente em cada grupo, evidenciando que a sazonalidade da região do Jaguaribe interfere nas correlações das variáveis hidrogeoquímicas ao longo do estuário. O resultado desta análise corrobora dados anteriores (Marins *et al.*, 2003; Marins & Dias, 2003; Dias *et al.*, 2007) de que a variabilidade climática altera significativamente a hidroquímica deste estuário.

A correlação de Spearman foi utilizada para determinar as variáveis que controlam o comportamento do fósforo nos dois grupos obtidos pela análise de agrupamento. Os resultados desta correlação (Tab. 3) foram comparados para avaliar o grau de relacionamento entre observações emparelhadas de duas variáveis para cada grupo individual.

Segundo os resultados deste teste estatístico, no grupo (1) (período de seca), o T-PO₄ e o D-PO₄ apresentaram correlação positiva com a salinidade. Esta correlação não significa que as águas marinhas sejam uma fonte deste nutriente, e sim que o rio Jaguaribe durante a estação seca, tem uma elevada hidrodinâmica na região da foz que dificulta o estabelecimento dos processos fotossintéticos (Marins *et al.*, 2007; Dias *et al.*, 2007) e mantém

os níveis do nutriente elevados, uma vez que não há forte consumo. Ainda analisando o grupo 1, o Part-PO₄ teve correlação positiva com a temperatura, o que pode indicar uma maior taxa metabólica dos organismos fitoplanctônicos, pois segundo Carmouze (1994), estes organismos liberam o fósforo para coluna d'água na fração particulada, influenciados pelo aumento da temperatura. O pH apresentou correlação inversa com todas as frações de fósforo presente na água, indicando que as águas fluviais contribuíram como fonte de fósforo para a coluna d'água, uma vez que o pH fluvial é menor que o marinho. Ainda neste grupo, o T-PO₄ apresentou correlação positiva com as frações dissolvida e particulada na água.

No grupo (2) (período de chuvas), não foram observadas correlações significativas entre os parâmetros medidos e a distribuição

do fósforo nas águas estuarinas do Jaguaribe.

Através da análise de Kruskal-Wallis, identificou-se que para as seguintes variáveis: salinidade, MPS, pH, Part-PO₄ e Chl-*a*, a hipótese de igualdade (H₀) deve ser rejeitada, ou seja, existe diferença estatística significativa entre as médias dos parâmetros medidos nas três campanhas de coleta de acordo com a variabilidade sazonal da região.

Para as demais variáveis, a hipótese de igualdade (H₀) foi aceita. Ou seja, T-PO₄ e D-PO₄, OD, temperatura e Feo-pig, não mostraram diferenças significativas com as variações climáticas regionais. Além disso, isto mostra que a fonte de fósforo é constante para o sistema, reforçando a afirmativa de que existe potencial de eutrofização permanente do ecossistema estuarino, fortemente depende de não ocorrer da capacidade de depuração promovida pelo efeito de diluição causado pelas marés.

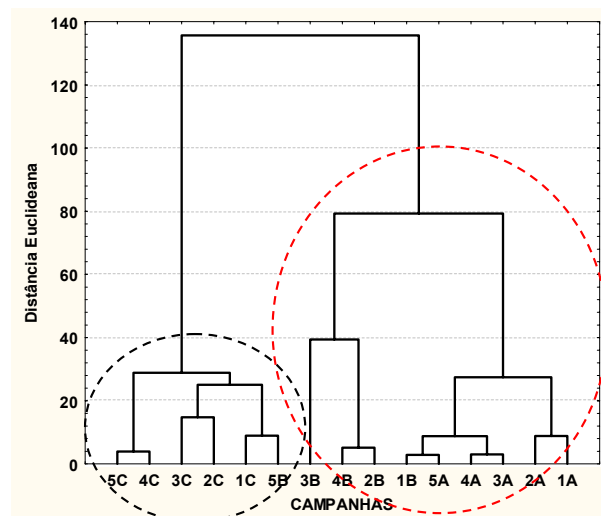


Fig. 3. Análise de agrupamentos salientando a formação de dois grandes grupos: Grupo 1 (campanha A e B - seca) – círculo pontilhado vermelho; Grupo 2 (campanha C - chuva) – círculo pontilhado preto.

Tabela 3. Correlações estatísticas (teste de Spearman) entre as variáveis medidas para grupos representantes da sazonalidade do estuário do Jaguaribe (CE). Sendo (1) estação seca, (2) estação das chuvas.

(1) Correlação de Spearman, n=10, p<0,05				(2) Correlação de Spearman, n=5, p<0,05			
Parâmetro	T-PO ₄ (mM)	D-PO ₄ (mM)	Part-PO ₄ (mM)	Parâmetro	T-PO ₄ (mM)	D-PO ₄ (mM)	Part-PO ₄ (mM)
Sal	0,7833	0,6833	0,4833	Sal	0,1429	0,2000	-0,3143
T (°C)	0,6611	0,6025	0,6778	T (°C)	0,2571	0,1429	-0,0857
OD (mg.L ⁻¹)	-0,4833	-0,3500	-0,4833	OD (mg.L ⁻¹)	-0,1429	-0,4286	0,0286
pH	-0,7950	-0,7280	-0,7197	pH	-0,4286	-0,6000	0,3143
MPS (mg.L ⁻¹)	-0,0833	-0,1000	0,0333	MPS (mg.L ⁻¹)	-0,2571	0,2571	-0,0286
Chl- <i>a</i> (mg.m ⁻³)	0,3500	0,3667	0,6000	Chl- <i>a</i> (mg.m ⁻³)	0,2571	-0,3143	0,2571
T-PO ₄ (mM)	1,0000	0,8333	0,7667	Feo-pig (mg.m ⁻³)	-0,3143	-0,1429	0,0857
D-PO ₄ (mM)	0,8333	1,0000	0,5333	T-PO ₄ (mM)	1,0000	0,3714	0,5429
Part-PO ₄ (mM)	0,7667	0,5333	1,0000	D-PO ₄ (mM)	0,3714	1,0000	-0,4286

CONCLUSÃO

As características hidroquímicas do sistema estuarino do Jaguaribe foram controladas em grande parte pela dinâmica marinha. Porém, a contribuição dos aportes fluviais de fósforo foi atuante, principalmente durante o período chuvoso da região. No geral, o estuário do Jaguaribe é bem oxigenado, com boa produtividade primária, devido aos efeitos da enchente da maré e insolação constante que promove intenso processo fotossintético, na presença constante de fósforo nas frações total e dissolvida. Por outro lado, os processos de biodegradação da matéria orgânica e respiração dos organismos aquáticos não foram significativos na coluna d'água, mas houve indícios de uma pequena degradação ambiental na estação 3 (2^a campanha), onde foram observados os menores valores de OD e pH.

A boa disponibilidade de fósforo no estuário é originada de diversas fontes naturais e antrópicas, como a urbanização e as emissões de efluentes da carcinicultura na porção

superior do estuário, e se intensificam durante os eventos de chuva. A Chl-*a* esteve sempre inversamente correlacionada com a distribuição do fosfato dissolvido na água, apresentando-se mais elevada no estuário superior, onde as condições favoráveis de luz associadas às entradas da fração preferencialmente assimilável e, muito provavelmente, onde a hidrodinâmica foi favorável ao processo fotossintético, permitiram a assimilação fitoplantônica. Altas concentrações de clorofila *a* também estiveram relacionadas com fontes pontuais, como foi registrado nos canais que recebem efluentes da carcinicultura, e foi caracterizado que durante aquela campanha estes canais secundários do rio apresentavam-se hipereutróficos. Assim, observou-se que o estuário do Jaguaribe já apresenta um alto potencial de eutrofização. Por outro lado, os fatores climatológicos associados com a hidrodinâmica local, como a entrada e saída da maré, renovam as águas do estuário.

Embora o estuário esteja inserido na região oligotrófica da costa nordeste brasileira, neste equilíbrio, cargas/capacidade de depuração, altamente dependente do

tempo de residência das águas estuarinas, reside a saúde do ecossistema, que mesmo tendo uma alta capacidade depuradora, pode ficar comprometido se a ação antrópica aumentar, provocando sérias mudanças nas condições hidrogeoquímicas e na produtividade do estuário do Jaguaribe.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de mestrado e produtividade em pesquisa. Ao apoio do Milênio Estuários e a Capes pela bolsa de Prodoc dos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, I.M.; Lacerda, L.D. & Marins, R.V. 2003. Estimativas das emissões de carbono, nitrogênio e fósforo para o estuário do Rio Jaguaribe. VI Congresso de Ecologia do Brasil. Fortaleza, 163-164p.
- ANEEL, 2000. Agência Nacional de Energia Elétrica. Descarga Média de Longo Período: Bacias Hidrográficas Brasileiras. Site: <<http://www.anel.gov.br>>. Acessado em 12/03/2006.
- APHA, 2001. American Public Health Association. Standard methods for examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, Port City Press. cap.1:34-38p.
- Baumgarten, M.G.Z.; Rocha, J.M.B. & Niencheski, L.F.H. 1996. Manual de análises em oceanografia química. Editora da Fundação da Universidade do Rio Grande. 132p.
- Becker, H. 2001. Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do NE brasileiro: uma contribuição ao Programa REVIZEE. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo. 158p.
- Bianchi, T.S.; Rolff, C.; Widbom, B. & Elmgren, R. 2002. Phytoplankton pigments in Baltic Sea seston and sediments: seasonal variability, fluxes, and transformations. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 55:369-383.
- Braga, E.S. 1995. Nutrientes dissolvidos e produção primária do fitoplâncton em dois sistemas estuarinos do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 2v.
- Campos, J.N.B.; Souza Filho, F. & Araújo, J.C. 1997. Errors and variability of reservoir yield estimation as a function of variation of annual inflows. Proc. 27th IARH Congress, San Francisco. 1-7p.
- Campos, J.N.B.; Studart, T.M.C.; Luna, R.; Franco, S. 2000. Hydrological transformations in Jaguaribe River basin during 20th Century. Fort Collins, Co. Proceeding of the 20th Annual American Geophysical Union. Fort Collins, Co: Hydrology Days Publications, 2000. v.1, 221-227p. Site: <<http://www.deha.ufc/nilson/jaguaribe>>. Acessado em 05/08/2006.
- Carmouze, J.P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Editora Edgard Blücher e FAPESP, São Paulo. 254p.
- Carreira, R.S. & Wagener, A.L.R. 1998. Speciation of sewage derived phosphorus in coastal sediments from Rio de Janeiro, Brazil. *Mar.Pollut.Bull.*, 36 (10): 818-827.
- Costa, K.M.P. 1991. Hidrologia e biomassa primária da região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00"S e 2°44'30"S e as longitudes de 35°56'30"W e 31°48'00"W. Universidade Federal de Recife: Dissertação de Mestrado, CGT. 217p.
- De Jonge, V.N. ; Elliott, M. & Orive, E. 2002. Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiologia*, 475/476: 1-19.

- Dias, F.J.S.; Marins, R.V. & Maia, L.P. 2005a. Avaliação da Hidroquímica e tempo de residência no estuário do Rio Jaguaribe – CE. *In*: CD-ROOM Anais da 57^a Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Fortaleza – CE.
- Dias, F.J.S.; Marins, R.V. & Maia, L.P. 2005b. Modelo de funcionamento hidrológico para o estuário do Rio Jaguaribe (CE). *In*: CD-ROOM Anais do X Congresso Brasileiro de Limnologia, Ilhéus – BA.
- Dias, F.J.S.; Marins, R.V. & Maia, L.P. 2005c. Descargas de cobre e zinco no material em suspensão do estuário do Rio Jaguaribe (CE), Nordeste-Brasil. *In*: CD-ROOM Anais do X Congresso Brasileiro de Geoquímica, Porto de Galinhas – PE.
- Dias, F.J.S.; Marins, R.V.; Maia, L.P. & De Farias, E.G.G. 2007. Dependência do tempo de residência da água no estuário do Rio Jaguaribe (NE, Brasil), em relação à entrada de águas marinhas e a descarga de água doce. *In*: Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Florianópolis-SC.
- Eschrique, S.A. & Marins, R.V. 2006. Hidrogeoquímica do fósforo no estuário do Jaguaribe - CE/Brasil. *In*: CD-ROOM do III Simpósio Brasileiro de Oceanografia, São Paulo - SP.
- Esteves, F.A. 1998. Fundamentos da Limnologia. Editora Interciência/FINEP - 2^o ed. Rio de Janeiro: 602p.
- Feitosa, F.A.N.; Nascimento, F.C.R. & Muniz, K. 1999a. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina (Recife-PE). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, Recife, 2 (27):1-13.
- Feitosa, F.A.N.; Silva-Cunha, M.G.G.; Passavante, J.Z.O.; Neumann-Leitão, S. & Lins, I.C. 1999b. Estrutura do microfitoplanctônica no sistema estuarino do Rio Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, Recife, 2 (27):15-25.
- Figueiredo, J.A.; Muniz, K.; Macêdo, S.J.; Flores Montes, M.J. & Feitosa, F.A.N. 2006. Hidrologia e biomassa fitoplanctônica nas barras Orange e Catuama (canal de Santa Cruz), em Itamaracá-PE: variação nictemeral. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, 39:5-17.
- Flores Montes, M. J. 1996. Variação Nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 174p.
- Fonseca, A.; Braga, E.S. & Eichler, B.B. 2002. Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil. *Atlântica*, Rio Grande, 24 (2):69-83.
- Fontes, M.L.S. 2004. Breve estudo espaço-temporal e de impacto do feriado do Carnaval e de Corpus Christi sobre variáveis ambientais da Lagoa da Conceição – Florianópolis. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Santa Catarina. 128p.
- Freitas, L.E.L.; Feitosa, C.V. & Araújo, M.E. 2006. Mangrove oyster (*Crassostrea Rhizophorae*) (Guilding, 1928) farming areas as artificial reefs for fish: a case study in the state of Ceará, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 54 (1):31-39.
- Grasshoff, K.; Kremling, K. & Ehrhardt, M. 1999. *Methods of Seawater Analysis*. 3ed. Florida: Verlage Chemie. 417p.
- Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F., 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem. Physiol. Pflanzen* (BPP), Bd. 167, S. 191-194.
- Jeffrey, S.W.; Mantoura, R.F.C. & Wright, S.W. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography*. SCOR, UNESCO Publishing.
- Karl, D.M. & Tien, G. 1992. Magic: a sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments. *Limnology and*

- Oceanographic. Lawrence, 37 (1):105-116.
- Lacerda, L.D. & Marins, R.V. 2002. An electronic journal dedicated to enhance public awareness on the environmental importance of mangroves. ISME/GLOMIS Electronic Journal. v. 2, n. 1, Julho.
- Lacerda, L.D. & Sena, D.D. 2005. Estimativas de cargas de N, P e metais pesados de interesse ambiental para as bacias inferiores do litoral do estado do Ceará. SEMA-CE, Programa ZEE do litoral do Ceará, 84p.
- Lins, P.A.M. 2002. Hidrologia e hidrodinâmica do baixo estuário do Rio Ipojuca, Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. 74p.
- Livingston, R.J. 2001. Eutrophication Processes in coastal systems: origin and succession of plankton blooms and effects on secondary production in Gulf Coast estuaries. Boca Raton, CRC Press, 327p.
- Marins, R.V. & Dias, F.J.S. 2003. Alterações na hidrogeoquímica do estuário do Rio Jaguaribe (CE): descarga ou retenção de materiais. Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém-PA. 480-482.
- Marins, R.V.; Freire, G.S.S.; Maia, L.P.; Lima, J.P.R. & Lacerda, L.D. 2002. Impacts of land-based activities on the Ceará coast, North-Eastern Brazil. *In*: Lacerda, L.D.; Kremer, H.H.; Kjerfve, B.K.; Salomons, W.; Marshall, Crossland, J.I.; Crossland, C.J. South American Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment – Coastal Sea Interaction and Human Dimensions LOICZ Reports Studies. 92-98p.
- Marins, R.V.; Lacerda, L.D.; Abreu, I.M. & Dias, F.J.S. 2003. Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe. Ciências Hoje, 33 (197):66-70p.
- Marins, R.V.; Godoy, J.M.; Dias, F. J.S.; Lacerda, L.D.; Maia, L.P. & Eschrique, S.A. 2007. Variabilidade hidroquímica e geoquímica sedimentar em resposta as descargas antropizadas para o estuário do Rio Jaguaribe – CE. *In*: Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Florianópolis-SC.
- Miranda, L.B.; Castro, B.M. & Kjerfve, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. 1ed. Universidade de São Paulo – SP. 15-105p.
- Morais, J.O., Granjero, C.M.M., Da Silva, E.V. & Souza, M.J.N. 2002. Diagnóstico Geoambiental da Bacia do Jaguaribe. Relatório da PROJUR/SEMACE. 143p.
- Moreira, M.O.P. 1994. Produção do fitoplâncton em um ecossistema estuarino tropical (estuário do Rio Cocó, Fortaleza-CE). Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 338p.
- Moreira, M.O.P. 2005. Biomassa do fitoplâncton (clorofila *a*) nos estuários do Estado do Ceará. Programa Zoneamento Ecológico e Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. Governo do Estado do Ceará e Universidade Federal do Ceará. 42p.
- Nixon, S.W. 1992. Quantifying the relationship between nitrogen input and the productivity of marine ecosystems. Proceedings of the advanced Marine Technical Conference 5, 57-83.
- Paula Filho, F.J. 2004. Distribuição e partição geoquímica de fósforo em sedimentos estuarinos do Rio Jaguaribe/CE. Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 88p.
- Pereira, R.C. & Soares-Gomes, A. 2002. Biologia Marinha. Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda. 382p.
- Pereira-Filho, J.; Schettini, C.A.F.; Rörig, L. & Siegle, E. 2001. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC, and chlorophyll *a* in the Camboriú River Estuary, Brazil. *Estuar., Coast. Shelf Sci.*, 53: 249-257p.
- Ramírez, B. 2005. Distribución vertical de clorofila en los fiordos Australes Ubicados entre el estrecho de Magallanes y el Cabo de Hornos

- (Chile). *Cienc. Tecnol. Mar.*, 28 (2): 43-61p.
- Santos, M.L.S. 2000. Influência dos rios Amazonas e Pará sobre a biomassa fitoplanctônica. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 92p.
- Santos-Fernandes, T.L.; Passavante, J.Z.O.; Koenig, M.L. & Macêdo, S.J. 1998. Fitoplâncton do estuário do Rio Jaguaribe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil): biomassa. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife*, 26 (2):1-18p.
- Schmiegelow, J.M.M. 2004. O planeta azul: uma introdução às ciências marinhas. Rio de Janeiro. Editora Interciência Ltda. 202p.
- SCOR-UNESCO, 1980. Determination of chlorophyll in seawater: report of intercalibration tests. Unesco technical papers in marine science. Unesco, Paris, n. 35, 20 p.
- Silva, J.B. & Cavalcante, T.C. 2000. Atlas escolar, Ceará: Espaço geo-histórico e cultural. 1ªed. João Pessoa: Editora Grafset Ltda. 176p.
- STATSOFT, 2004. Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board of Canada, Ottawa*, 125: 1-205p.

