



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

**INFLUÊNCIA DA DESCARGA FLUVIAL NA DINÂMICA DA BIOMASSA
FITOPLANCTÔNICA NA ZONA COSTEIRA (PERNAMBUCO – BRASIL)**

Amanda Yumi Otsuka

Recife

2014

AMANDA YUMI OTSUKA

**INFLUÊNCIA DA DESCARGA FLUVIAL NA DINÂMICA DA BIOMASSA
FITOPLANCTÔNICA NA ZONA COSTEIRA (PERNAMBUCO – BRASIL)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGO – UFPE), como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Oceanografia, Área de concentração: Oceanografia Biológica.

Orientador: **Prof. Dr. Fernando Antônio Nascimento Feitosa**

Coorientadores: **Prof. Dr. Alex Costa Silva**

Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes

Recife

2014

Catálogo na fonte
Bibliotecário Vimário Carvalho da Silva, CRB-4 / 1204

O88i

Otsuka, Amanda Yumi.

Influência da descarga fluvial na dinâmica da biomassa fitoplanctônica na zona costeira (Pernambuco - Brasil). / Amanda Yumi Otsuka. - Recife: A Autora, 2014.

xii, 68 folhas, il., foto., color., p&b, gráfs., tabs.

Orientador: Prof^o. Dr. Fernando Antonio Nascimento Feitosa.

Coorientador: Prof^o Dr. Alex C. S. Prof^o Dr. Manuel de J. F. Montes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2014.

Inclui Referências bibliográficas, listas de figuras, de tabelas e anexos.

1. Oceanografia. 2. Plataforma continental. 3. Estuário. 4. Rio Capibaribe. 5. Rio Jaboatão. I. Feitosa, Fernando Antonio Nascimento (orientador). II. Silva, Alex Costa. III. Título.

624 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2014-050

INFLUÊNCIA DA DESCARGA FLUVIAL NA DINÂMICA DA BIOMASSA
FITOPLANCTÔNICA NA ZONA COSTEIRA (PERNAMBUCO – BRASIL)

Amanda Yumi Otsuka

Dissertação de Mestrado aprovada dia 11 de fevereiro de 2014.

Folha de Aprovação – Banca Examinadora

Prof. Dr. Fernando Antônio Nascimento Feitosa (Orientador) – Presidente
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Alex Costa Silva (Coorientador)
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes (Coorientador)
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Silvio José de Macêdo – Titular Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Paulo Mafalda Junior – Titular Externo
(Universidade Federal da Bahia – UFBA)

Profa. Dra. Maria Luise Koenig – Suplente Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof. Dr. Mauro de Melo Junior – Suplente Externo
(Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Concluindo o desafio do curso de mestrado, chegou o momento de registrar os agradecimentos as pessoas cujas contribuições foram indispensáveis nessa etapa tão importante.

À Deus e a espiritualidade pela oportunidade de viver esse momento.

À minha mãe, Melzinha (*in memoriam*). Essa etapa em minha vida, como toda as outras, não seria possível se não fosse o seu esforço, seu apoio e seu amor. Sei que esteve sempre comigo e nos momentos mais difíceis foi a sua lembrança que me fez continuar. Te amo eternamente!

Ao meu pai Aroldo, meu padrasto/padrinho Marco Holanda, meus irmãos Andréa e Marquinhos e meu sobrinho Horacinho, que sempre me apoiaram. A distância só fez mostrar que nossa aliança é para sempre Amo vocês! À minha família, especialmente minha avó Iracy e minha tia/madrinha Marta Rocha pelo carinho e apoio.

Ao meu querido orientador Prof^o Fernando Feitosa, faltam palavras, mas não sentimentos, para expressar meus agradecimentos e admiração. Obrigada pela oportunidade, incentivo, confiança, amizade e paciência.

Aos coorientadores, Prof^o Manuel Flores-Montes e Prof^o Alex Costa, pela disponibilidade e contribuição nesse trabalho.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Oceanografia da UFPE pelos ensinamentos. Especialmente à Prof^o Luise Koenig, Prof^o Silvio Macêdo, Prof^o Tereza Araújo, Prof^o José Souto.

Ao meu noivo, Eduardo, que esteve sempre ao meu lado me incentivando, apoiando. Meu companheiro, parceiro, amor para toda vida. Te amo muito!

Ao meu amado Laboratório – Labfito, especialmente, Marina, Laisa, Andressa, Marcela e Nize, amizade que vai além das análises, artigos e campos. Meninas é muito bom saber que podemos contar uma com as outras!

À minha eterna republica, meus amores, Amanda, Aline e Brenda, que mesmo distante estão sempre presentes em ligações, whatsapp, pensamento e no coração. Obrigada friends pelo apoio e por essa amizade que só me faz bem. Amo vocês!

À minha curica, Simone Jorge, minha família pernambucana, por estar comigo em todos os momentos, tornar meus dias mais alegres e me emprestar uma avó! Não vai se livrar de mim tão cedo! À minha amiga, eterna dupla, Thayse Batista, que desde a

especialização, mostrou que com Deus e esforço conseguimos tudo! Meu incentivo diário!! À minha creche, Camila Brasil, surpresa do mestrado, muito bom saber que posso contar com você sempre! Vocês são peças fundamentais na minha história aqui! Amo!

Aos amigos que fiz no decorrer dessa caminhada e que com certeza vou levar para sempre, Cynthia, Igor, Gleice, Jana, Lucas, Daniele, Jéssica, Gledson, Nykon, Dani, Sawana, Felipe, Cabelo, Érika, Larissa, Viviane, Thaís, Patrícia Façanha, Keyla, Tiaguinho, Paulo, Wanessa e Carla Patrícia.

Ao meu amigo Alejandro Esteweson, que muito me ajudou nesse período, com sua incrível paciência e inteligência! Tu não é desse mundo!

Aos funcionários do Departamento de Oceanografia da UFPE, em especial Myrna Medeiros pela ajuda, paciência e compreensão, principalmente durante esse processo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

RESUMO GERAL

A plataforma continental de Pernambuco caracteriza-se por possuir um declive suave, ser estreita, rasa, com águas relativamente quentes, elevada salinidade e por apresentar-se quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos. Esse ambiente é afetado pelo aporte continental, atuando como um receptor final de água, materiais e substâncias, que são transportados pelas descargas dos rios. Desta forma, as regiões costeiras são as mais afetadas pela ação antrópica. O presente trabalho apresentou como objetivo analisar a dinâmica da clorofila-*a* e parâmetros hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco adjacente aos rios Jaboatão e Capibaribe. Foram realizadas coletas bimestrais, abrangendo período chuvoso e de estiagem, em um ponto situado na zona estuarina e quatro outros pontos distribuídos na plataforma. Foram analisados vários parâmetros ambientais como clorofila *a*, profundidade, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, taxa de saturação do oxigênio, pH, nutrientes inorgânicos (N-amoniaco, nitrito, nitrato, fosfato e silicato), material particulado em suspensão. A pluviosidade foi a forçante física que mais influenciou na maioria dos parâmetros. No rio Jaboatão, a clorofila-*a* no estuário variou de 2,89 à 34,71 mg.m⁻³ e na plataforma de 0,21 à 9,67 mg.m⁻³. De acordo com a ACP, a clorofila *a* esteve diretamente relacionada temperatura, taxa de saturação do oxigênio e inversamente com o pH, transparência da água e salinidade. No porto do Recife, a clorofila *a* variou entre 13,48 à 145,09 mg.m⁻³ no estuário e na plataforma a de 0,24 à 19,29 mg.m⁻³. A ACP mostrou uma relação direta da clorofila-*a* com o N-amoniaco, fosfato, transparência e inversa com nitrato e material particulado em suspensão. Nas duas áreas estudadas, houve um aumento da biomassa no período de estiagem. Os pontos da plataforma que mais sofreram influência do deságue foram os mais centrais (P3 e P4), devido ao predomínio dos ventos alísios de sudeste. Após análise das duas áreas, observou-se que os estuários encontram-se poluídos e que no porto do Recife a carga de matéria orgânica é bem mais elevada do que o Jaboatão, provocando maior efeito na plataforma adjacente. Em termo de dispersão de pluma dos rios, no porto do Recife a presença do dique de proteção provoca uma certa perturbação no sentido da corrente, limitando esta pluma, para a parte mais costeira, o que não foi observado na área do Jaboatão.

Palavras-chave: estuário, plataforma continental, clorofila-*a*, sazonalidade.

GENERAL ABSTRACT

The continental shelf of Pernambuco is characterized by a gentle slope, it is narrow, shallow, almost entirely covered by biogenic carbonate sediments; the water in the area is warm and has a high salinity. This environment is affected by continental input, and acts as a final receptor of water, materials and other substances that are transported by river discharge. Thus, the coastal regions are the most affected by human action. This study aims to analyze the dynamics of chlorophyll-*a* and hydrological parameters on the inner shelf of Pernambuco adjacent to the Jaboatão and Capibaribe rivers. The samplings were performed bimonthly at one research site on the estuarine zone and four additional sites distributed on the platform, covering the dry and rainy seasons. Various environmental parameters such as chlorophyll-*a*, depth, salinity, temperature, dissolved oxygen, oxygen saturation rate, pH, inorganic nutrients (ammonia, nitrite, nitrate, phosphate and silicate), and suspended particulate matter were analyzed. Rainfall was the most influent physical forcing to most parameters. In the Jaboatão River, chlorophyll-*a* ranged from 2.89 to 34.71 mg.m⁻³ in the estuary; and from 0.21 to 9,67 mg.m⁻³ at the platform. According to the PCA, the chlorophyll-*a* was directly related to temperature, oxygen saturation rate and inversely with the pH, water transparency and salinity. In the Port of Recife, chlorophyll-*a* ranged from 13.48 to 145.09 mg.m⁻³ in the estuary and from 0.24 to 19.29 mg.m⁻³ in the inner shelf. The PCA showed a direct relationship of chlorophyll-*a* with ammonia, phosphate and water transparency an inverse relationship with nitrate and suspended particulate matter. In both studied areas, there was an increase in biomass in the dry season. In the inner platform, The most central sites (P3 and P4) were the most influenced by river discharge, due to the dominance of trade winds from the southeast. After analysis of the two areas, it was observed that the estuaries are polluted and that, in the Port of Recife, the load organic matter is much higher than in Jaboatão causing greater effect on the adjacent platform. In regarding the river's plume dispersion in the Port of Recife, the presence of the dike causes some disturbance in the direction of the current. The plume is then limited to the most coastal area. This fact was not observed in the Jaboatão area.

Keywords : estuarine , continental shelf , chlorophyll-*a* , seasonality .

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
OBJETIVOS.....	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPÍTULO 1: DINÂMICA DA CLOROFILA <i>a</i> E PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS NA ZONA COSTEIRA (BARRA DAS JANGADAS – PERNAMBUCO – BRASIL).....	6
ABSTRACT.....	6
RESUMO.....	6
INTRODUÇÃO.....	7
ÁREA DE ESTUDO.....	8
METODOLOGIA.....	8
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	17
CONCLUSÃO.....	22
LITERATURA CITADA.....	22
ANEXOS.....	28
CAPÍTULO 2: DINÂMICA DA CLOROFILA <i>a</i> E PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS NA ZONA COSTEIRA ADJACENTES À BACIA PORTUÁRIA DO RECIFE (PERNAMBUCO – BRASIL).....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	31
INTRODUÇÃO.....	32
ÁREA DE ESTUDO.....	33
METODOLOGIA.....	34

RESULTADOS.....	35
DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÃO.....	49
LITERATURA CITADA.....	49
ANEXOS.....	54

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1 – Pontos de coleta. O P1 (estuário) está localizado na zona estuarina do Rio Jaboatão, todos os outros pontos estão distribuídos paralelamente à costa, na plataforma continental. (Fonte: Google Earth, 2012).....9
- Figura 2 – Dados de pluviometria dos anos de 2010, 2011 e a média mensal dos últimos 20 anos (1992-2011). Fonte: BDMEP/INMET.....11
- Figura 3 – Valores da salinidade na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.....12
- Figura 4 – Perfis de temperatura e salinidade durante a campanha de novembro/10 na plataforma continental.....13
- Figura 5 – Perfis de temperatura e salinidade durante a campanha de maio/11 na plataforma continental.....14
- Figura 6 – Taxa de saturação e material particulado em suspensão na plataforma continental, período estiagem e chuvoso.....14
- Figura 7 – Concentrações dos nutrientes inorgânicos na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso (ordem: N-amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato e silicato).....16
- Figura 8 – Concentração da clorofila-*a* na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.....17
- Figura 9 – ACP, análise diferenciando o estuário dos da plataforma diferenciando as amostras do período chuvoso e estiagem.....17

Capítulo 2

- Figura 1 – Localização dos pontos de coleta na zona estuarina do rio Capibaribe (P1) e na plataforma (P2,P3,P4,P5) adjacente ao porto do Recife, PE Brasil. (Fonte: Google Earth, 2013).....33
- Figura 2 – Dados de pluviometria dos anos de 2010, 2011 e a média mensal dos últimos 20 anos (1992-2011). Fonte: BDMEP/INMET.....34

Figura 3 – Valores da salinidade na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.....	35
Figura 4 – Perfil vertical de temperatura e salinidade ao longo da coluna d'água obtida nas pontos 2, 3, 4 e 5 durante a campanha amostral realizada em novembro/2010.....	37
Figura 5. Perfil vertical de temperatura e salinidade ao longo da coluna d'água obtida nos pontos P2, P3, P4 e P5 durante a campanha amostral realizada em maio/2011.....	38
Figura 6 – Taxa de saturação e material particulado em suspensão na plataforma continental, período estiagem e chuvoso.....	39
Figura 7 – Concentrações dos nutrientes inorgânicos na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso (ordem: N-amoniaco, nitrito, nitrato, fosfato e silicato)...	41
Figura 8 – Concentração da clorofila- <i>a</i> na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso,	42
Figura 9 – ACP, análise diferenciando o estuário dos da plataforma, diferenciando as amostras do período chuvoso e estiagem.....	42
Anexo 1 – Imagem da direção das correntes (ADCP) no mês de maio de 2011, na plataforma.....	54

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1 – Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso nos pontos referentes a Plataforma Continental (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão) e análise estatística ANOVA fatorial (sazonal e espacial), * $P \leq 0.05$28

Tabela 2 Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso no estuário (P1) (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão.....29

Capítulo 2

Tabela 1 – Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso nos pontos referentes a Plataforma Continental (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão) e análise estatística ANOVA fatorial (sazonal e espacial), * $P \leq 0.05$55

Tabela 2 Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso no estuário (P1) (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão.....56.

INTRODUÇÃO GERAL

O sistema estuarino se destaca por sua alta produtividade biológica e a sua abundante e diversificada comunidade. A capacidade de renovação periódica de suas águas faz destes ecossistemas, locais onde ocorrem intensas transformações da matéria orgânica, representando um importante elo de ligação entre os ecossistemas fluvial e marinho. Desta forma são considerados os principais fornecedores de nutrientes para região costeira, pois recebem e concentram o material originado de sua bacia de drenagem e podem vir a receber aportes significativos provenientes da ação antrópica (BRAGA *et al.*, 2000; PEREIRA FILHO *et al.*, 2003; NORIEGA *et al.*, 2005).

Devido a essa descarga, as regiões marinhas são as mais afetadas pela ação antrópica, pois recebem diretamente a carga produzida nas respectivas bacias de drenagem, o que pode implicar em um processo de eutrofização (RABALAIS *et al.*, 1996).

Essa zona de interação continente/mar é considerada extremamente complexa do ponto de vista biológico por apresentar em seus limites uma profusão de influências, tanto terrestre, atmosférica e oceânicas, permitindo caracterizá-la como uma das mais férteis e dinâmicas da hidrosfera (RESURREIÇÃO, 1996).

De acordo com Brandini *et al.*, 1997, as variações no regime meteorológico, nas características geomorfológicas regionais e os impactos antropogênicos nas áreas costeiras, estabelecem, em conjunto, o regime hidrográfico particular de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica temporal das comunidades fitoplanctônica locais.

A importância em se determinar a capacidade produtiva de um ecossistema consiste em poder avaliar as suas reais condições de manter todos os níveis da teia trófica, tal afirmativa decorre do papel exercido pelos organismos fitoplanctônicos ao produzir a matéria orgânica inicial que permitirá o funcionamento da quase totalidade das teias alimentares, sustentando, assim, os demais níveis tróficos. E através da biomassa fitoplanctônica é possível ainda classificar o referido ambiente quanto ao seu grau de eutrofização. Portanto, esse parâmetro é fundamental para trabalhos de monitoramento ambiental (PASSAVANTE; FEITOSA, 1995; ROSEVEL DA SILVA *et al.* 2005; SMITH, 2007)

A plataforma continental do Estado de Pernambuco está inserida na margem continental nordeste-leste do Brasil, com aproximadamente 180 km de extensão nortesul, situa-se entre os paralelos de 07°32' e 08°55'30" Lat. Sul e os meridianos 34°49'30" 35°09'30" Long. Oeste. (ARAÚJO *et al.*, 2004). Esta se caracteriza por ter uma reduzida largura, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, elevada salinidade e por apresentar-se, quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos (MANSO *et al.*, 2004).

Trabalhos anteriores sobre biomassa fitoplanctônica na área costeira de Pernambuco estão voltados em sua maioria para área de estuário. No estuário do rio

Jaboatão: Branco *et al.* (2002), Branco (2007), Lacerda *et al.*, (2004), Macêdo *et al.* (2005), Noriega *et al.*, (2005). Na bacia portuária do Recife: Travassos (1991, 1991/93), Feitosa *et al.*, (1999), Santos *et al.*, (2009), Santiago *et al.*, (2010), Flores-Montes *et al.* (2011), Paulo *et al.* (2011), Anjos *et al.*, (2012) e Noriega *et al.*, (2013).

Existem ainda poucos trabalhos de biomassa fitoplanctônica na área de plataforma continental em Pernambuco, dentre os trabalhos pretéritos de biomassa fitoplanctônica, pode-se citar: Passavante *et al.*, (1987/89), Passavante e Feitosa (1985;1989), Moura e Passavante (1994/95) e Resurreição (1996) e Medeiros *et al.* (1999).

O presente trabalho faz parte de um projeto maior intitulado: Transporte do carbono orgânico total e sua interação com os processos de acidificação marinha em ambientes oceânicos e estuarino-costeiro nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, financiado pelo CNPq.

OBJETIVOS

Objetivo geral: Analisar as condições ambientais, clorofila-*a* e parâmetros hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco sob o efeito das plumas dos rios Jaboatão e Capibaribe.

Objetivos específicos:

- Avaliar a variação espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) no período de baixa-mar;
- Observar a variação espacial e temporal dos parâmetros hidrológicos (profundidade, temperatura, transparência, salinidade, pH, material particulado em suspensão, nutrientes, oxigênio dissolvido, no período de baixa-mar);
- Correlacionar a biomassa fitoplanctônica com os parâmetros hidrológicos;
- Caracterizar o grau de eutrofização das áreas estudadas;
- Comparar a capacidade de influência dos dois rios na plataforma continental;

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, T.C.M.; SEOANE, J.C., AND COUTINHO, P.N. Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S., AND COSTA, M.F. (eds.), *Oceanografia: um cenário tropical* : Bagaço, p. 39-58, 2004.
- BRANCO, E.S. *Influência das variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica estuarina*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 266p, 2007.
- BRANCO, E.S.; FEITOSA, F.A.N.; SILVA-CUNHA, M.G.G. Composição florística planctônica do sistema estuarino de Barra das Jangadas (Jaboatão do Guararapes – Pernambuco – Brasil). *Arquivos de Ciências do Mar*. Fortaleza, v.37, n.1, p.487, 2004.
- BRANCO, E.S.; FEITOSA, F.A.N., E MONTES, M.J.F. Variação Sazonal e Espacial da Biomassa Fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes-Pernambuco-Brasil). *Tropical Oceanography*, v.30, n.2, p.79-96, 2002.
- BRANDINI, F.P.; R.M. LOPES; K.S. GUTSEIT; H.L. SPACH & R. SASSI. Planctologia na plataforma continental do Brasil. Diagnose e revisão bibliográfica. Rio de Janeiro, *MMA-CIRM-FEMAR*, p.196, 1997.
- BRAGA ES, CVDH BONETTI, L BURONE; J BONETTI FILHO. Eutrophication and Bacterial Pollution caused by Industrial and Domestic Wastes at the Baixada Santista Estuarine System- Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, v.40, n.2, p.165-173, 2000.
- FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R.; COSTA, K. M. P. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina (Recife, PE). *Trabalhos Oceanográficos. Universidade Federal de Pernambuco*. v.27, n.2, p.1-13, 1999.
- FLORES MONTES, M., PAULO, J., DO NASCIMENTO, G., GASPAR, F., FEITOSA, F., SANTOS, A., BATISTA, T., TRAVASSOS AND R., PITANGA, M. The Trophic Status of an Urban Estuarine Complex in Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, (SI-64), p.408–411, 2011
- LACERDA, S. R.; KOENING, M L.; COSTA, K.M.; FEITOSA, F.A.N. A dinâmica do fitoplâncton em uma série temporal no estuário de barra das jangadas (pernambuco-brasil). In: *i congresso brasileiro de oceanografia e XIV Semana Nacional de Oceanografia*, p.299, 2004.
- MANSO, V.A.V.; VALENÇA, L.M.M.; COUTINHO, P.N.; GUERRA, N.C. Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S., AND COSTA, M.F.(eds) *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, p. 59-86, 2004.

- MEDEIROS, C.; MACÊDO, S.; FEITOSA, F.; KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east Brazilian waters. *Arch. Fish. Mar. Res.*, v. 47, n. 2/3, p. 133-151, 1999.
- MOURA, R. T.; PASSAVANTE, J. Z. O. Biomassa Fitoplanctônica da Baía de Tamandaré, Rio Formoso- Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*. Recife, v. 23. p. 1-16,1994/95
- NORIEGA, C. E. D.; COSTA, K. M. P.; FEITOSA, F. A. N.; MONTES, M. J. F.; GREGO, C. K. S.; SOARES, G. S. S., AND SILVA, H. P. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil). *Arquivos de Ciência do Mar*, v.38, p.5-18. 2005.
- PAULO, J.G., FLORES MONTES, M.J., SANTOS JÚNIOR, A.C., BATISTA, T.N.F., TRAVASSOS, R.K., NASCIMENTO FILHO, G.A., FEITOSA, F.A., GASPAS, F.L. E PITANGA, M.E. Allochthonous and autochthonous organic matter in na urban tropical estuarine área of northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, (SI 64), p.1798-1801, 2011.
- PASSAVANTE, J.Z.O.; GOMES, N.A.; ESKINAZI-LEÇA, E.; FEITOSA, F.A.N. Variação da clorofila-*a* do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. *Trabalhos oceanográficos da UFPE*. Recife, v.20, p.145-156, 1987/89.
- PASSAVANTE, J.Z.O.; FEITOSA, F.A.N. Produção primária do fitoplâncton da plataforma continental de Pernambuco (Brasil): área de Piedade. *Boletim Técnico e Científico de CEPENE*, v.3, n.1, p.7-22, 1995.
- PEREIRA-FILHO,J.; SPILLERE, L.C.; SCHETTINI, C.A.F. Dinâmica De Nutrientes Na Região Portuária Do Estuário Do Rio Itajaí-Açu, SC. *Atlântica*, Rio Grande, v.25, n.1, p 11-20, 2003.
- RABALAIS, N. N.; TUMER, R. E.; JUSTIC, D.; DORTCH, Q.; WISEMAN, W. J., AND SEM GUPTA, B. K. Nutrient changes in the Mississippi river and system responses on the adjacente continental shelf. *Estuaries*, v.19,p.386-407, 1996.
- RESURREIÇÃO, M. G.; PASSAVANTE J. Z. O.; MACÊDO, S. J. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil): Variação da biomassa fitoplanctônica (08° 03'38" Lat.S., 34° 42'28"- 34° 52'00" Long. W). *Trabalhos Oceanográficos, Recife*, v. 24, p.39-59, 1996
- SANTIAGO, M. F.; SILVA-CUNHA, M. G. G.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, K. M. P.; BORGES, G. C. P.; PORTO NETO, F. F.; NUNES, F. S. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, São Paulo, v. 58, n. 3, p. 189-205, 2010.
- SANTOS, T. G.; BEZERRA-JÚNIOR, J. L.; COSTA; K. M. P.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical

(Bacia do Pina, Recife, PE). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 4, n. 1, p. 95-109, 2009.

SCHETTINI, C.A.F.; RESGALLA JR., C.; PEREIRA FILHO, J.; SILVA, M.A.C.; TRUCCOLO, E.C.; RÖRIS, L.R. Variabilidade temporal das características oceanográficas e ecológicas da região de influência fluvial do rio Itajaí-açu. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, v.9, n.2, p.93-102, 2005.

SMITH, V.H. Using primary productivity as an index of coastal eutrophication: the units of measurement matter. *Journal of Plankton Research*, v.29, n.1, p. 1-6, 2007.

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

TRAVASSOS, P. E. P. F. *Hidrologia e Biomassa primária do fitoplâncton no estuário do rio Capibaribe, Recife, Pernambuco*. 1991. Tese, 286f. Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia, Centro de Ciências Tecnológicas e Geociências, Recife, 1991.

TRAVASSOS, P. E. P. F.; MACÊDO, S. J.; KOENING, M. L. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Trabalhos Oceanográficos Univ. Fed. PE*. v.22, p.9-38, 1991/93.

CAPÍTULO 1:

Dinâmica da clorofila *a* e parâmetros oceanográficos na zona costeira (Barra das Jangadas-Pernambuco-Brasil)

ABSTRACT

The Pernambuco shelf is inserted in the northeast-east continental margin of Brazil, is about 187 km long, being characterized by having a reduced width, shallow depth, gentle slope, relatively warm water and high salinity. It has some influence of translittoral rivers, among them the Jaboatão river. This study aimed to analyze the dynamics of chlorophyll-*a* and hydrological parameters in Pernambuco inner continental shelf under the influence of the Jaboatão river plume. Bimonthly samplings were carried out during the rainy and dry periods, at one point in the estuarine area and four points along the adjacent inner continental shelf. The parameters evaluated were: chlorophyll-*a*, temperature, salinity, transparency, dissolved oxygen, suspended particulate matter, pH, depth, and inorganic nutrients. Most parameters had significant seasonal variation. The chlorophyll-*a* in the estuary ranged from 2.89 to 34.71 mg.m⁻³ and in the shelf it varied from 0.21 to 9.67 mg.m⁻³ in the dry period. In the rainy period it had a variation from 0.79 to 12.46 mg.m⁻³ in the estuary and from 0.26 to 4.59 mg.m⁻³ on the shelf. According to PCA, the chlorophyll-*a* showed a direct relationship with oxygen saturation rate and temperature, and inverse relationship with pH, salinity and water transparency. The points of the shelf that were most influenced by the river outflow were points 3 and 4. The limiting factor for phytoplankton biomass was water turbidity due to the higher values observed in the dry period. The estuarine zone was considered at a stage of high eutrophication process and thus, interfering in the waters of the inner shelf.

Additional Index Words: phytoplankton biomass, nutrients, spatial and temporal variability.

RESUMO

A plataforma de Pernambuco está inserida na margem continental nordeste-leste do Brasil, possui cerca de 187 Km de extensão e se caracteriza por ter uma reduzida largura, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, elevada salinidade. Recebe influência de alguns rios translitorâneos, dentre eles, o rio Jaboatão. O presente trabalho apresentou como objetivo analisar a dinâmica da clorofila *a* e parâmetros hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco sob o efeito da pluma do rio Jaboatão. Foram realizadas coletas bimestrais, no período chuvoso e estiagem, em um ponto na zona estuarina e quatro ao longo plataforma continental adjacente. Os parâmetros avaliados foram: clorofila *a*, salinidade, oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão e nutrientes inorgânicos dissolvidos. A maioria dos parâmetros apresentou variação sazonal significativa. A clorofila *a* no estuário variou de 2,89 à 34,71 mg.m⁻³ e na plataforma continental de 0,21 à 9,67 mg.m⁻³ no período de estiagem e, no período chuvoso,

apresentou uma variação no estuário de 0,79 à 12,46 mg.m⁻³ e na plataforma de 0,26 à 4,59 mg.m⁻³. De acordo com ACP, a clorofila *a* apresentou uma relação direta com a temperatura e taxa de saturação do oxigênio e inversa com pH, salinidade e transparência da água. Os pontos da plataforma que mais sofreram influência do deságüe fluvial foram os pontos centrais P3 e P4. O fator limitante para a biomassa fitoplanctônica foi a turbidez da água e os maiores teores foram observados no período de estiagem. A zona estuarina encontra-se em um elevado processo de eutrofização antrópica e, desta forma, vem interferindo na qualidade das águas da plataforma continental.

Palavra-chave: biomassa fitoplanctônica, nutrientes, variabilidade espacial e temporal

INTRODUÇÃO

A plataforma de Pernambuco está inserida na margem continental nordeste-leste do Brasil, com aproximadamente 187km de extensão norte-sul, e localiza-se precisamente entre as latitudes 7°30' e 9°00' Sul. (Araújo, Seonane e Coutinho, 2004). Esta se caracteriza por ter uma reduzida largura, pouca profundidade, declive suave, águas relativamente quentes, elevada salinidade e por apresentar-se, quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos biogênicos (Manso *et al.*, 2004)

A plataforma continental atua como um receptor final de água, materiais e substâncias provenientes do continente, os quais são transportados pela descarga dos rios e estuários. A estrutura dinâmica resultante deste processo é uma massa de água flutuante com uma menor densidade do que das águas costeiras, chamada de pluma de rio (Marques *et al.*, 2006)

São denominadas plumas fluviais quando há um domínio da descarga do rio sobre os efeitos de marés resultando em uma liberação direta de água doce em direção ao mar. Nas plumas estuarinas, os efeitos das marés dentro do estuário promovem a mistura da maior parte da água provinda da drenagem continental (Trochimczuk e Schettini, 2003).

Devido a essa descarga, as regiões marinhas são as mais afetadas pela ação antrópica, pois recebe diretamente a carga produzida nas respectivas bacias de drenagem, o que pode implicar em eutrofização e/ou no enriquecimento de elementos tóxicos (Rabalais *et al.*, 1996).

O plâncton vem sendo utilizado como indicador de condição ambiental, por possuir ciclo de vida curto, responder rapidamente as mudanças do meio, apresentar muitas variedades e formas resultantes de flutuações ambientais particulares e indicar o estado trófico do ambiente. (Costa, Neumann-Leitão e Souza-Santos, 2004). As variações quantitativas que ocorrem em regiões costeiras e oceânicas de Pernambuco permitem comprovar o conceito geral de que em regiões tropicais a produção planctônica está sujeita as condições sazonais do vento e pluviosidade, ou mesmo da ação conjunta dos fatores (Eskinazi-Leça, Koenig e Silva-Cunha, 2004).

Dentre os produtores primários, o fitoplâncton desempenha um papel bastante significativo na teia trófica, pois o mesmo além de representar o primeiro elo da cadeia, os organismos que o compõem são considerados excelentes bioindicadores da qualidade da água. (Passavante *et al.*, 2003). Os estudos sobre biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) são relevantes, devido à importância deste pigmento na fotossíntese através da qual é processada a matéria orgânica e liberado o oxigênio. Além disso, o estudo quantitativo do fitoplâncton oferece valiosas informações sobre a potencialidade produtiva de uma determinada área. (Noriega *et al.*, 2005).

Portanto, o presente trabalho, tem como objetivo principal analisar a dinâmica da clorofila *a* e parâmetros hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco sob o efeito da pluma do rio Jaboatão.

Área de estudo

O rio Jaboatão situa-se na parte sul da Zona da Mata do Estado de Pernambuco, nasce no Município de Vitória de Santo Antão, possuindo uma bacia hidrográfica de 442 km², sendo considerado um rio translitorâneo. Possui uma população estimada de 400.000 habitantes, com características de uma bacia urbana, recebendo em seu percurso despejos industriais e domésticos (Macêdo, Muniz e Flores-Montes, 2004). Ao longo de sua trajetória recebe influências do rio Pirapama, outro rio translitorâneo com cerca de 80 Km de extensão (CPRH, 1999). No encontro do rio Jaboatão com o rio Pirapama forma-se o sistema estuarino de Barra das Jangadas. Nas suas margens apresentam, por um lado, manguezal bastante preservado formando um istmo que separa suas águas do Oceano Atlântico, e por outro, intenso desmatamento, como consequência do crescimento demográfico, contribuindo para um acelerado assoreamento de suas margens naturais (Branco, 2007). Próximo a foz do rio, há um deságue da Lagoa Olho d'Água, que possui uma área de 3,7 Km² e lança suas águas hipereutrofizadas durante a maré baixa. Um dos maiores problemas desta lagoa é a ocupação indiscriminada de suas margens, sem planejamento, onde não há saneamento básico, drenagem e pavimentação (Assis, 1997). O atual grau de poluição do rio Jaboatão torna-se muitas vezes elevado, ocasionando transtornos a estas localidades, além de comprometerem seriamente a qualidade da água da praia de Barra das Jangadas (CPRH 1999).

O clima na região é tropical quente e úmido, do tipo As' com chuvas de outono-inverno, segundo a classificação de Köppen e apresenta temperatura anual elevada de aproximadamente 25,5°C (Araújo, Medeiros e Ribeiro, 1999).

METODOLOGIA

As coletas foram realizadas a cada dois meses, no período entre maio/10 à setembro/2011, englobando 4 meses do período chuvoso e 4 meses do período de estiagem, a bordo de um barco tipo lagosteiro, durante a baixa-mar e em maré de sizígia. As amostras de água para análise da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) e parâmetros hidrológicos foram coletadas na superfície através da garrafa oceanográfica de Niskin.

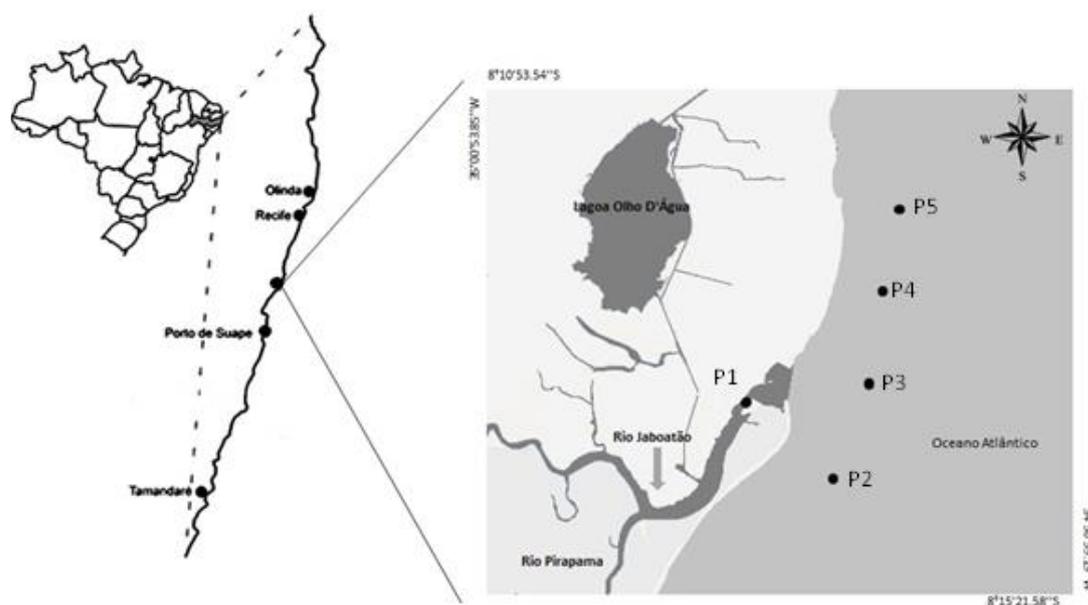


Figura 1 – Pontos de coleta. O P1 (estuário) está localizado na zona estuarina do Rio Jaboatão, todos os outros pontos estão distribuídos paralelamente à costa, na plataforma continental. (Fonte: Google Earth, 2012).

Os pontos de coleta ficaram assim distribuídos: um ponto fixo na desembocadura do rio, representando a zona estuarina (P1) e quatro outros pontos fixos na plataforma continental, paralelos à costa, sendo o ponto 2 (P2) o que está 1,5 km mais ao sul do estuário, o ponto 3 (P3) em frente a foz do rio Jaboatão, seguido do ponto 4 (P4) e o ponto 5 (P5) ao norte. A distância entre cada ponto situado na plataforma foi de 1,5 Km, e destes para a linha de costa 1,5 Km (Figura 1).

Para as análises de clorofila *a*, foram feitas as filtrações das amostras de água, através de filtros GFC da Whatman de 47mm de diâmetro, o volume filtrado variou de 0,25 a 1 L. Após esse procedimento, foi feita a extração da clorofila *a* na acetona 90% durante 24 horas a -18° C. Passado este período, as amostras foram centrifugadas a 3.000 rpm durante 10 minutos.

A biomassa fitoplanctônica foi quantificada através da concentração de clorofila *a*, utilizando o método espectrofotométrico da UNESCO (1966). As leituras foram realizadas no espectrofotômetro Biochrom Libra S6 nos comprimentos de ondas de 630, 645, 665 e 750 nm e os cálculos através da equação de Parsons & Strickland (1963), sendo os resultados expressos em mg.m^{-3}

A transparência da água foi medida *in situ* através de um disco de Secchi; a profundidade local através de uma ecossonda digital da marca LCD; o oxigênio dissolvido

foi analisado pelo método de Winkler modificado descrito em Strickland & Parsons (1972); a taxa de saturação do oxigênio dissolvido utilizou-se a “International Oceanographic Tables” (UNESCO, 1973) correlacionado os valores de temperatura e salinidade; o pH foi determinado por um pH-metro Hanna Instruments; os nutrientes dissolvidos (N-amoniaco, nitrito, nitrato e fosfato) foram analisados através o método de Strickland & Parsons (1972), e silicato, pelo Grasshoff, Ehrhardt e Kremling (1983); o material particulado em suspensão total, utilizou-se o método gravimétrico descrito por Baumgarten, Rocha e Niencheski (1996).

Os dados de temperatura e salinidade foram obtidos através de CTD da marca Sea Bird Electronics SBE19plus, equipado com bomba centrífuga e sensores de alta resolução para medições de condutividade (resolução = $0,00004 \text{ S m}^{-1}$), temperatura (resolução = $0,0003^\circ \text{ C}$) e pressão (resolução = $0,068 \text{ db}$).

Para a análise estatística, foi testada a homogeneidade de variâncias utilizando o teste de Levine. A normalidade dos dados foi testada utilizando o teste de Shapiro-Wilk, com os dados normalizados, foi realizado o teste da ANOVA fatorial, no programa Statistic 7, para verificar variações espaciais e sazonais, considerando significativo os valores de $p \leq 0,05$. Para a análise multivariada dos parâmetros utilizou-se a Análise dos Componentes Principais (ACP) com base na matriz de correlação momento-produto de Pearson. Em seguida, foram extraídos o autovetor e o autovalor dos dois principais componentes. Os cálculos foram realizados utilizando o programa computacional Statistic 7.

RESULTADOS

Pluviosidade

A média pluviométrica mensal de maio/10 à setembro/11 foi de 260,2 mm. O valor máximo foi de 755,7 mm em maio/11 e o mínimo de 23,5mm em nov/10. Comparando com a média dos últimos 20 anos (1992-2011), onde a pluviosidade total anual foi de 2.232,7 mm, nota-se que em 2011 o total de chuva (3.245,7mm) esteve 45,37% acima desta (Figura 2).

Profundidade

Os valores da profundidade de cada ponto foram: P1- 1,3 m; P2-10,0m; P3-12,16m, P4-12,25 m e P5-10,83 m. Esses valores foram baseados na média, levando em consideração a deriva da embarcação (Tabela 1 e 2).

Transparência da água

Os valores do disco de Secchi tiveram diferença significativa sazonal. Os valores do estuário (P1) variaram entre 0,10 m (jul/11) e 0,70 m (set/11). Os maiores valores foram encontrados no período de estiagem, com máximo de 6,70 m (mar/11, P3) e mínimo de 0,65 (jul/11, P2 e P3) (Tabela 1 e 2).

pH

O potencial hidrogeniônico se manteve alcalino em todos os pontos de coleta, com média de 8,46 ($\pm 1,74$) (Tabela 1 e 2).

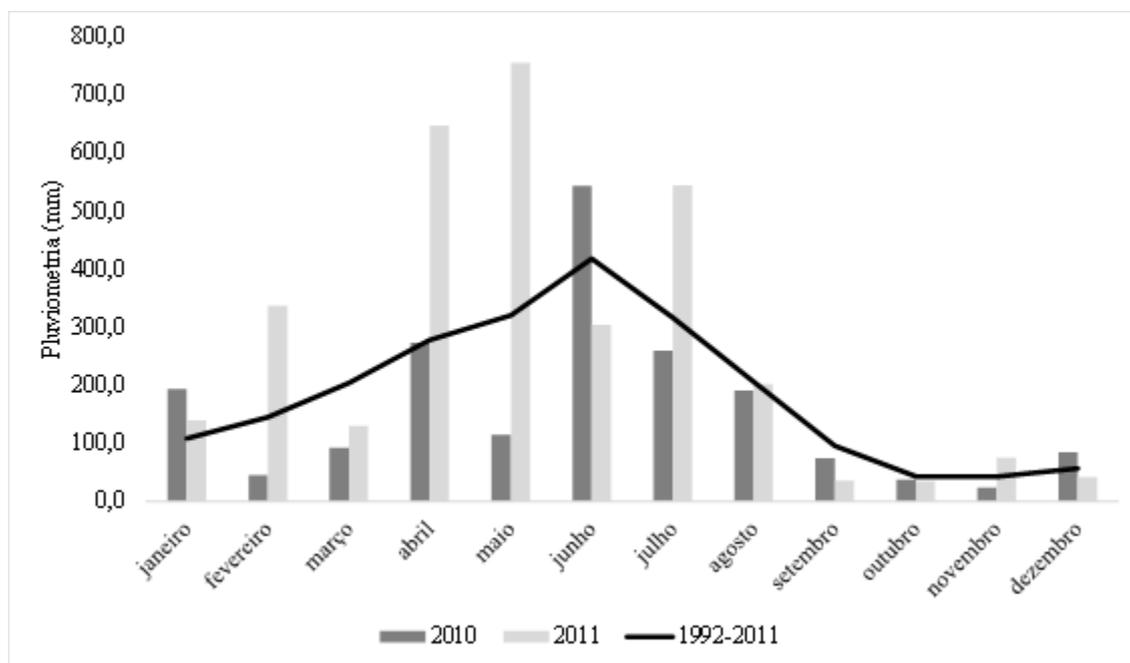


Figure 2 – Dados de pluviosidade dos anos de 2010, 2011 e a média mensal dos últimos 20 anos (1992-2011). Fonte: BDMEP/INMET.

Temperatura

O presente estudo apresentou dois períodos distintos: estiagem e chuvoso. O período de estiagem compreendeu os meses de nov/10, fev/11, mar/11 e set/11, com temperatura média de 28,76°C ($\pm 0,93$), e no período chuvoso os meses foram, maio/10, jul/10, maio/11 e jul/11 com temperatura média de 27,29°C ($\pm 0,75$). O valor máximo foi registrado no P1 em mar/11(30,5°C) e o mínimo encontrado no P5 em maio/11 (26,54°C). A temperatura apresentou diferença significativa sazonal (Tabela 1 e 2).

Salinidade

A média da salinidade foi de 27,02, variando de 0,17 no P1, em julho/11, apresentando características de ambiente limnético à 37,15 no P5 em março/11, a estação mais afastada da foz, em área totalmente marinha. O P1 e P3 foram aqueles que apresentaram valores menores que 30. O P4 apresentou uma variação de 10,77 à 36,09, o que indica um alcance de aporte continental nessa área. Estatisticamente, esse parâmetro, não apresentou diferença sazonal e espacial (Figura 3; Tabela 1 e 2).

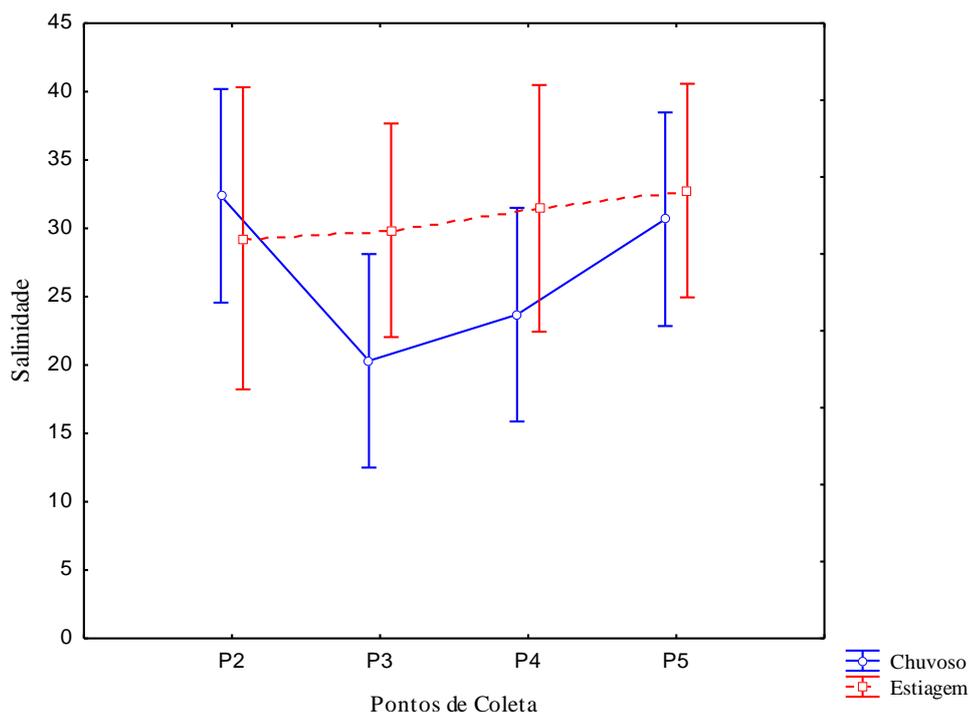


Figura 3 – Valores da salinidade na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.

Perfis de CTD

Em novembro/2010 os valores de temperatura superficiais foram observados com valor máximo (29.3 °C) no P4 e valor mínimo (28.5°C) no P5. Neste período os menores valores de temperatura d'água (em torno de 28,1 °C) foram observados próximo ao fundo, nas profundidades de 9 m. As análises das estruturas verticais de temperatura apresentaram uma variação em torno de 0.5 - 1.0 °C entre a superfície e o fundo ao longo da coluna d'água.

Durante a campanha amostral de novembro/2010 houve a presença de pluma d'água estuarina de baixa salinidade (<34) no ponto P2, localizada em torno de 0,2 m de profundidade abaixo da linha superficial d'água. Nos pontos P3 e P5 não houve presença de uma massa d'água de baixa salinidade na superfície da coluna d'água, mas a presença de um pico de alto valor de salinidade (> 37) em torno de um metro de profundidade no P5 (Figura4).

Durante a campanha amostral de maio/2011 não foi observado grande variação de temperatura ao longo da coluna d'água nas estações de coletas, com máxima variação de temperatura de 0.2 °C entre a superfície e o fundo. Sendo que os máximos valores de temperatura (em torno de 28.2 °C) foi registrado na profundidade de 2 m no P5. Neste mesmo período, foi observado a presença da pluma d'água de salinidade mais baixa (nas quatro estações de coleta. Os valores de salinidade na superfície foram observados entre 34.9 – 35.2 (Figura 5).

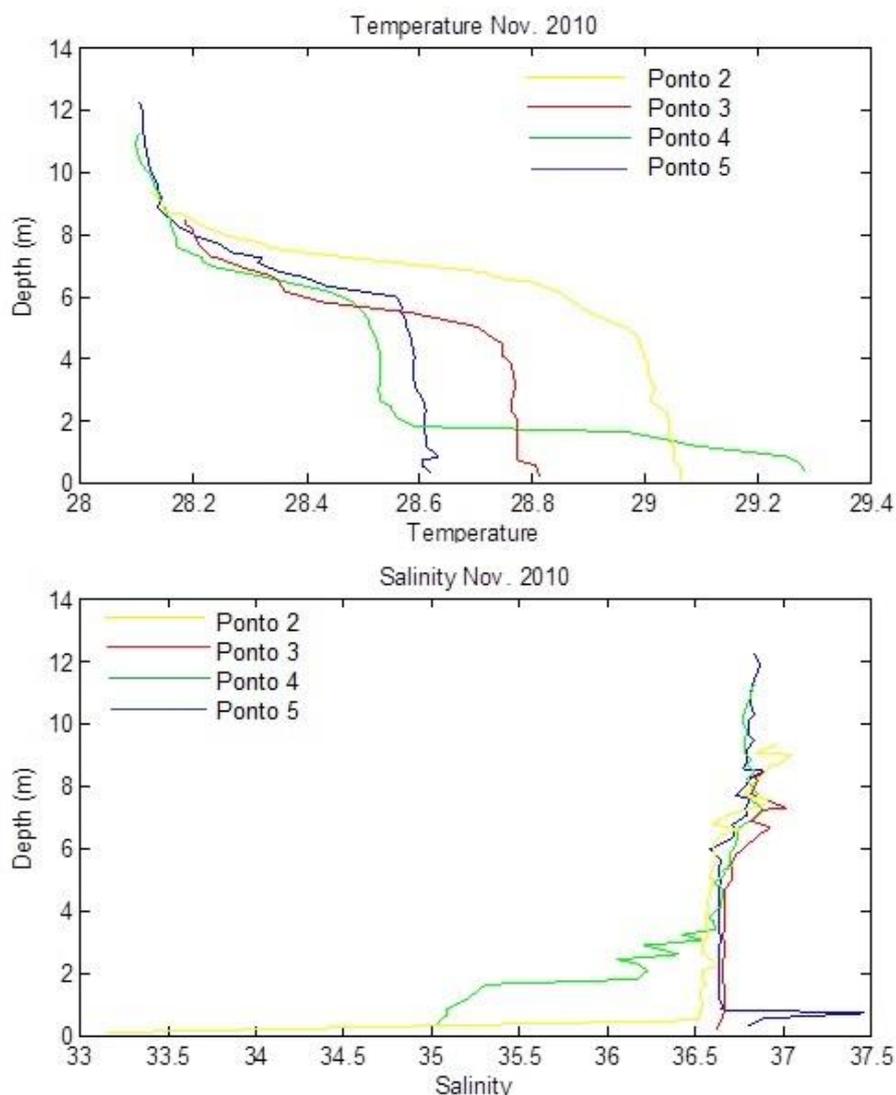


Figura 4: Perfis de temperatura e salinidade durante a campanha de novembro/10 na plataforma continental.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido apresentou diferença significativa sazonal e espacial. No P1 foi registrado os menores valores de oxigênio dissolvido, com o mínimo de $0,12 \text{ mL.L}^{-1}$ em mar/11 e máximo de $3,97 \text{ mL.L}^{-1}$ em jul/11. Nos demais pontos, o período de estiagem se manteve com valores mais elevados do que o período chuvoso, com o máximo encontrado no P2 em set/11 ($5,08 \text{ mL.L}^{-1}$) e mínimo no P3 em maio/11 ($3,67 \text{ mL.L}^{-1}$) (Tabela 1 e 2).

Taxa de Saturação do O_2

A taxa de saturação do O_2 , seguiu o mesmo perfil do oxigênio dissolvido, o P1 variou entre 2,47% (fev/11) à 85,65% (set/11). Na parte costeira, a taxa de oxigênio dissolvido variou entre 72,10% (P4, maio/11) e 114,57% (P2, nov/10). Esse parâmetro apresentou diferença significativa sazonal e espacial (Figura 6; Tabela 1 e 2).

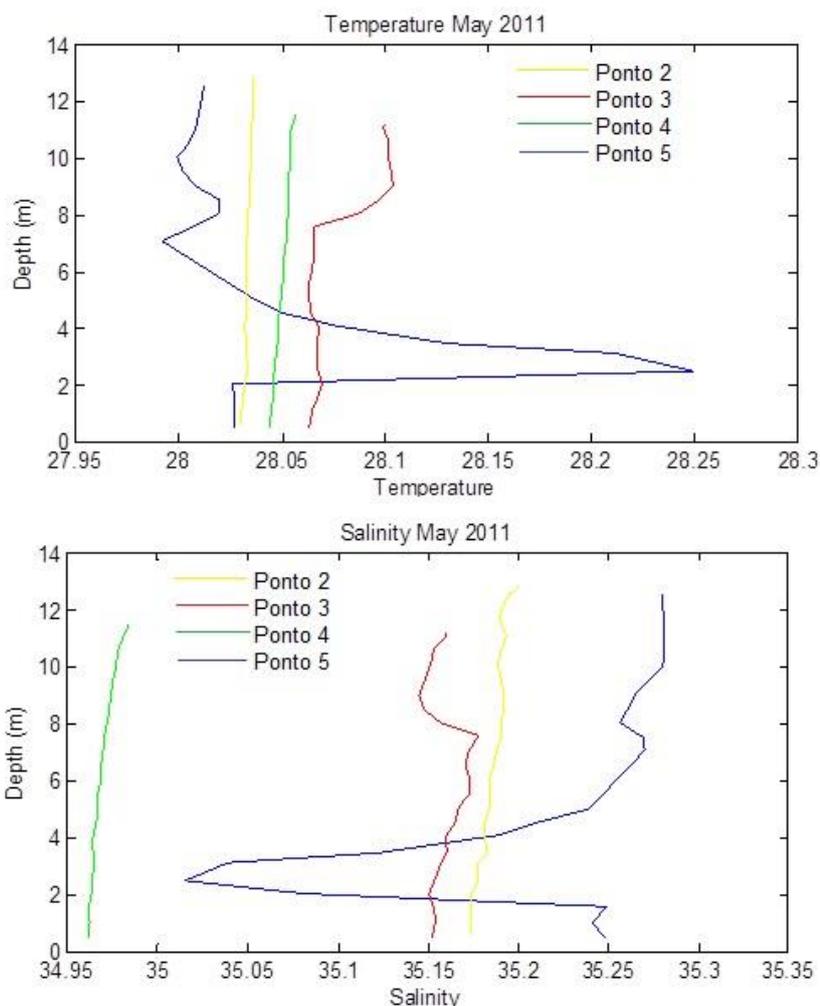


Figura 5 – Perfis de temperatura e salinidade durante a campanha de maio/11 na plataforma continental.

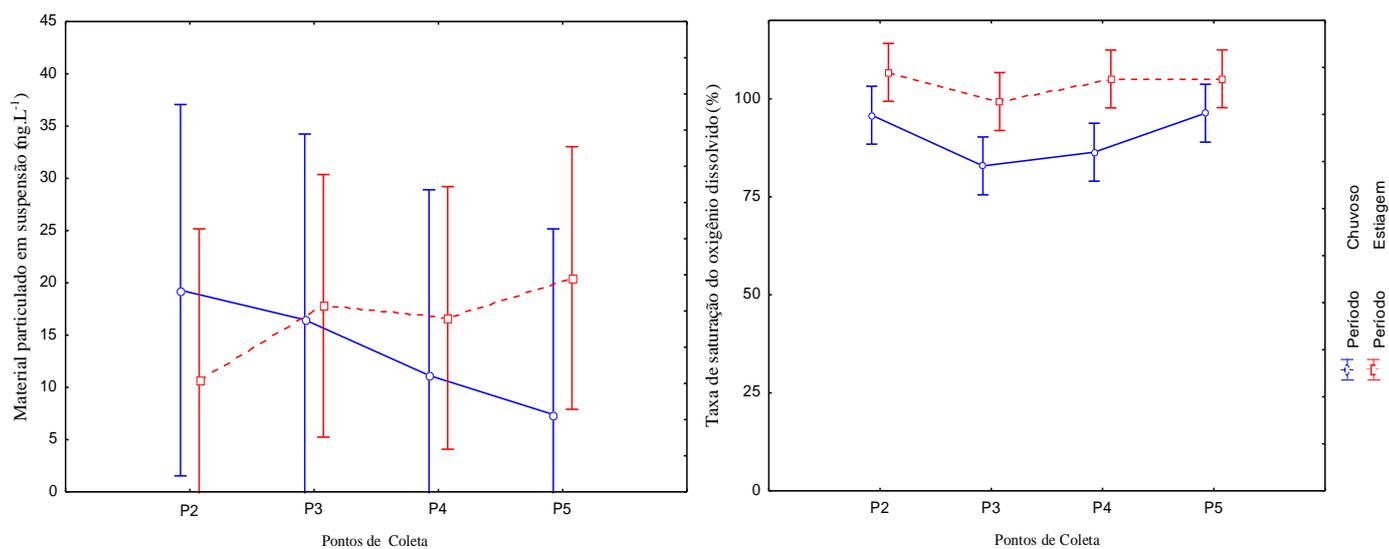


Figura 6 – Taxa de saturação e material particulado em suspensão na plataforma continental, período estiagem e chuvoso.

Material Particulado em Suspensão

O estuário obteve para esse parâmetro o máximo de 210,91 mg.L⁻¹ (jul/11) e mínimo de 7,84 mg.L⁻¹(mar/11). Para a plataforma, o P2 apresentou um máximo de 27,8 mg.L⁻¹ (maio/11) e mínimo 1,8 mg.L⁻¹(fev/11), P3 variou de 29 mg.L⁻¹ (set/11) à 5,41 mg.L⁻¹(fev/11), P4 apresentou o máximo de 29 mg.L⁻¹ (set/11) e mínimo de 4,4 mg.L⁻¹ (nov/10) e o P5 variando entre 34, mg.L⁻¹ (nov/10) e 1,4 mg.L⁻¹(maio/11) (Figure 6; Tabela 1 e 2).

Nutrientes inorgânicos

As concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no estuário (P1) variaram entre: N-amoniaco: 0,01 µmol.L⁻¹ (mar/11) – 22 µmol.L⁻¹ (nov/10); nitrito: indetectáveis (fev/11) - 10,59 µmol.L⁻¹ (jul/10); nitrato: indetectáveis (maio/10) – 34,40 µmol.L⁻¹ (jul/10); fosfato: 1,42 µmol.L⁻¹ (maio/11) – 91,40 µmol.L⁻¹ (mar/11); Silicato: 13,94 µmol.L⁻¹ (nov/10) – 126,98 µmol.L⁻¹ (maio/11).

Para os pontos da plataforma os valores máximos e mínimos das concentrações para cada nutrientes, respectivamente, foram: N-amoniaco: indetectáveis – 1,43 µmol.L⁻¹ (jul/11, P4)); nitrito: indetectáveis – 0,98 µmol.L⁻¹ (set/11, P3); nitrato: indetectáveis – 8,51 µmol.L⁻¹ (set/11, P3); fosfato: indetectáveis – 1,70 µmol.L⁻¹ (maio/10, P3); Silicato: 0,78 µmol.L⁻¹ (fev/11, P4) – 106,99 µmol.L⁻¹ (maio/11, P4) (Figura 7).

Estatisticamente, o N-amoniaco e o silicato tiveram apenas diferença sazonal. O nitrito, nitrato e fosfato, variaram sazonal e espacialmente (Tabela 1 e 2).

Biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*)

As concentrações de clorofila *a* no P1 variaram entre 0,79 mg.m⁻³(maio/11) à 34,71 mg.m⁻³(nov/10). Nos pontos da plataforma apresentou o valor mínimo de 0,21 mg.m⁻³(P4, fev/11) e o máximo de 9,67 mg.m⁻³(P3, nov/10).

Vale ressaltar no mês de nov/10, a média, considerando todos os pontos da plataforma foi de 8,00 (±1,43) mg.m⁻³. Com relação à estatística, esse parâmetro não apresentou variação espacial ou sazonal, porém nota-se que a média do período de estiagem se manteve um pouco acima da média do período chuvoso (Figure 8; Tabela 1 e 2).

ACP

De acordo com a Análise dos Componentes Principais (ACP), somente com dados dos pontos da plataforma, os dois primeiros fatores explicaram 59,99% do ordenamento entre os dados abióticos. A primeira componente explicou 48,13%, onde o material particulado em suspensão relacionou diretamente com o N-amoniaco, nitrito, nitrato, fosfato e silicato. A segunda componente explicou 11,86%, relacionando inversamente a clorofila-*a* com a salinidade, pH, transparência e diretamente com taxa de saturação do oxigênio e temperatura. Foi possível visualizar a formação de dois grupos, um com as amostras do período de estiagem com maior influência da salinidade, taxa de saturação do oxigênio dissolvido, temperatura, transparência da água e pH e as amostras do período

chuvoso influenciadas pelo material particulado em suspensão e os nutrientes inorgânicos (Figura 9).

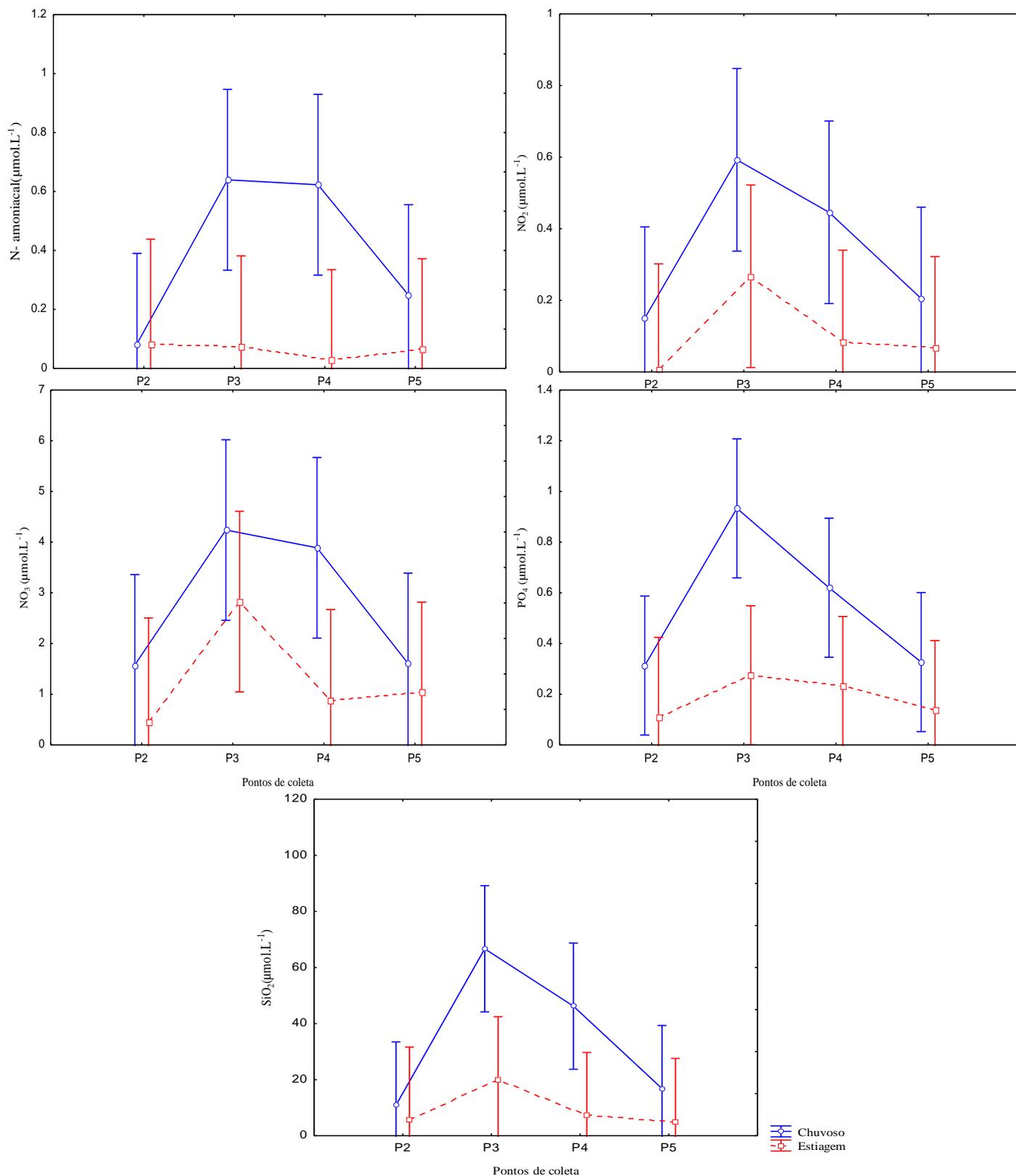


Figura 7 – Concentrações dos nutrientes inorgânicos na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso (ordem: N-amoniaco, nitrito, nitrato, fosfato e silicato).

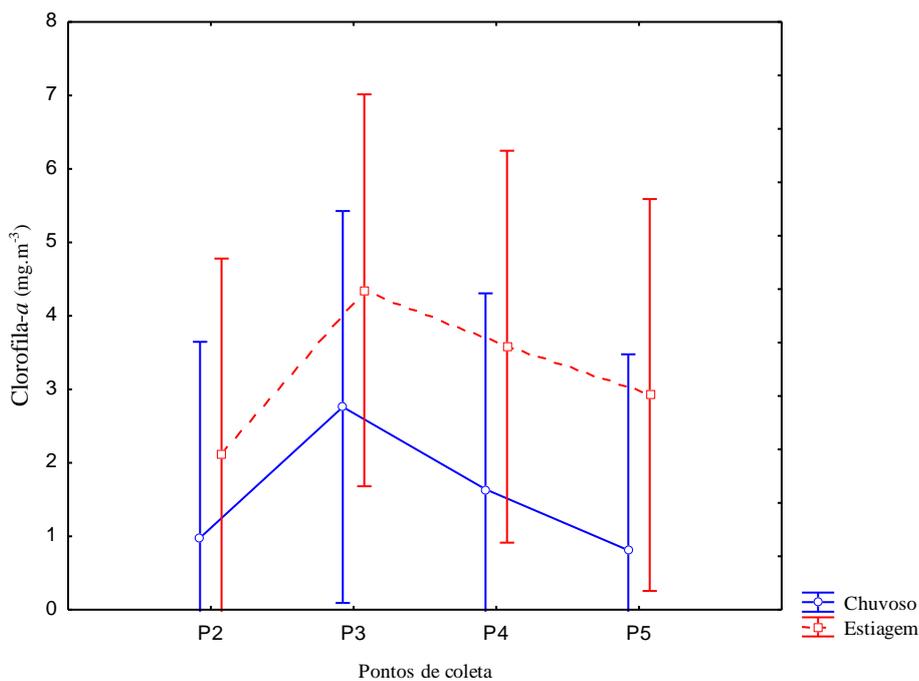


Figura 8 – Concentração da clorofila-a na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.

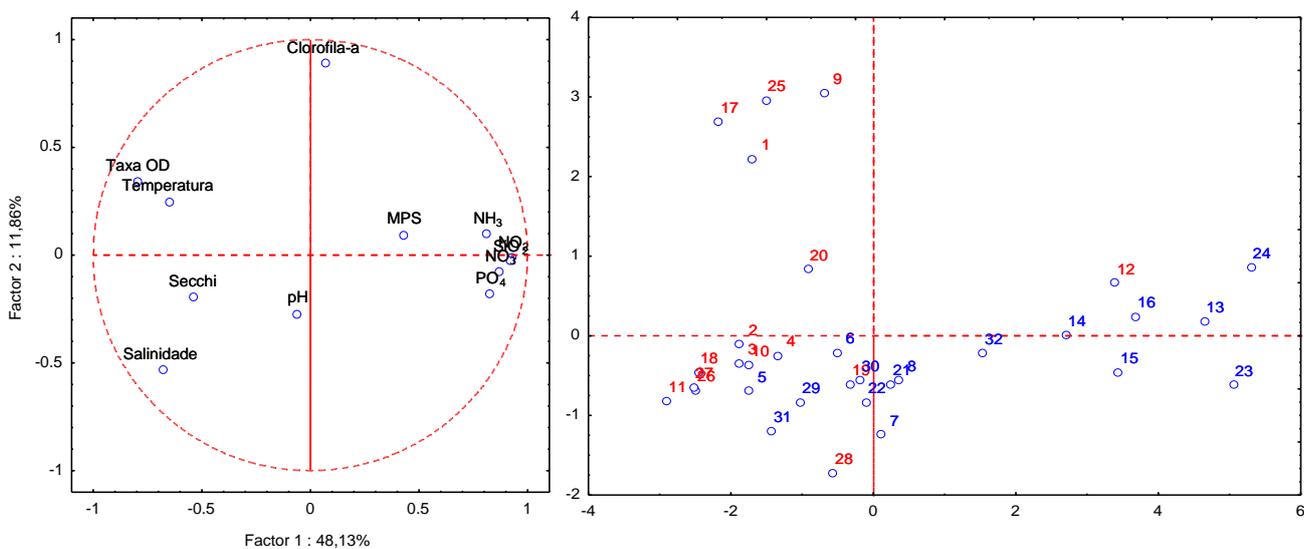


Figura 9 – ACP, análise da plataforma continental, diferenciando as amostras do período chuvoso e estiagem.

DISCUSSÃO

Na região tropical a pluviosidade se destaca dentre as demais forçantes físicas por atuar de forma significativa na zona mais costeira, alterando alguns parâmetros ambientais. Segundo Braga (1999), as chuvas afetam a região costeira através do aporte continental influenciando parâmetros oceanográficos, atuando como potencial fertilizador, através das

plumas dos rios. De acordo com Trochimczuk e Schettini (2003), as plumas dos rios são responsáveis pela exportação de matéria dissolvida e particulado do continente para o oceano, influenciando diretamente na qualidade ambiental.

No presente trabalho, pode-se observar que no ano de 2011 o volume de chuva ficou 58% acima do ano anterior e 45,37% acima da média dos últimos vinte anos. Este elevado índice de chuva provocou enchentes em várias cidades do estado de Pernambuco, inclusive em Recife. Resultados parecidos com relação à pluviometria foram encontrados no estuário do rio Ariquindá (Grego *et al.*, 2004), na zona costeira de Maracáipe (Bastos, Feitosa e Muniz, 2011).

Em ambientes estuarinos, a pluviometria exerce um papel fundamental na transparência da água, em função do carreamento do produto da lixiviação do solo e por conseguinte, de maior quantidade de material em suspensão e nutrientes *e.g.* (Grego *et al.*, 2004). Portanto, as plumas encarregam-se de transportar os mesmos para região costeira. De acordo com Eskinazi-Leça, Koenig e Siva-Cunha (2004), essa é uma característica de ambientes costeiros onde a influência terrígena é elevada durante o período chuvoso, provocando a diminuição da transparência da água e, conseqüentemente, da zona fótica. Fato observado neste estudo, onde os maiores valores de transparência foram encontrados no período de estiagem e nos pontos mais afastados da foz.

Através da ACP pode-se notar que a transparência relacionou-se inversamente com a clorofila *a*, taxa de saturação do oxigênio dissolvido e temperatura e diretamente com salinidade e pH. Resultados aproximados foram encontrados por Costa, Queiroz e Macêdo (1985) na plataforma continental de Pernambuco na vizinhança da área de estudo, Resurreição, Passavante e Macêdo (1996) na frente do Porto do Recife, Branco (2007) no estuário de Barra das Jangadas, Bastos, Feitosa e Muniz. (2005) no estuário do rio Una e por Nascimento *et al.* (2003) na Bacia do Pina.

Outra variável que sofre forte influência da pluviosidade é a salinidade. Esse parâmetro delimita o início e término de um estuário e influencia na distribuição dos organismos, servindo como uma barreira ecológica para certos tipos de espécies (Feitosa, Nascimento e Costa, 1999). Com relação à salinidade, foi possível evidenciar no estuário (P1) característica de ambiente limnético no período chuvoso e mesohalino à euhalino no período de estiagem. Pode ser observado a influência da pluma do rio nos pontos P3 e P4, seguindo a orientação da corrente no sentido norte.

De acordo com os dados obtidos pelo CTD, no mês de nov/10 a pluma chegou a atingir o P2, indicando uma direção da mesma para sul, devido a influência de vento nordeste, nesse período. No mês de maio/11, o vento predominante é o de sudeste, fazendo com que a direção da pluma seja no sentido norte, fato este comprovado pela presença da pluma no ponto P4. Vale ressaltar, que essa pluma estuarina do rio Jaboatão é rasa, sendo sentida nos primeiros metros da coluna d'água.

A temperatura é um importante fator que influencia no teor de gases dissolvidos na água. (Branco, 1986). Com relação a profundidade, pode-se notar que a coluna d'água é homogênea, pois a variação de temperatura da superfície para o fundo é de aproximadamente 1°C. A ACP relacionou diretamente este parâmetro com transparência e pH, e inversamente com clorofila *a*, taxa de saturação do oxigênio. Foi observado uma variação sazonal deste parâmetro, com valores elevados no período de estiagem e valores menores no período chuvoso, possivelmente em virtude da redução da matéria orgânica em suspensão e aumento da camada eufótica. O mesmo padrão foi relatado na área por Branco, Feitosa e Montes (2002), na plataforma continental de Pernambuco por Costa, Queiroz e Macêdo (1985), Feitosa, Nascimento e Costa (1999) na Bacia do Pina, Anjos *et al.* (2012) no estuário do rio Capibaribe, ao contrário do encontrado por Mafalda *et al.* (2004) nas águas da plataforma na costa norte da Bahia.

O pH se manteve alcalino em todos os pontos evidenciando uma forte influência marinha. Este parâmetro está ligado à quantidade de dióxido de carbono dissolvido e outros compostos, sendo diretamente proporcional à atividade respiratória e inversa com a fotossintética (Santos, 2000). Fato este constatado pela ACP neste trabalho e observado na mesma área por Noriega *et al.* (2005), na zona costeira de Itamaracá por Koenig e Macêdo (1999), na Bacia do Pina por Feitosa, Nascimento e Costa (1999).

O oxigênio dissolvido é um importante indicador da qualidade da água, baixas concentrações poderão indicar processo de eutrofização ou outro tipo de poluição ambiental. (Flores Montes, 1996). Sendo assim, este parâmetro mostrou situações próxima de anoxia no estuário (P1) no período estiagem. Nos pontos da plataforma, os valores são característicos de área não poluída, e com um discreto padrão onde os maiores valores foram registrados no período de estiagem. Essa situação de anoxia no estuário de Barra das Jangadas já foi observada na mesma área por Branco (2007) e Souza e Tundisi (2003), como consequência da forte ação antrópica.

Portanto, nota-se que a parte interna do estuário já se encontra com altos indícios de processo de eutrofização, porém os valores encontrados nos pontos mais costeiros não indicaram esse efeito na plataforma continental. Ao contrário, Costa, Queiroz e Macêdo (1985) não encontraram uma variação sazonal no oxigênio na plataforma adjacente do rio Jaboatão e observaram águas super saturadas, refletindo na área o intenso processo de mistura recorrente das ondas e correntes de maré, como também o processo fotossintético.

Com relação a taxa de saturação do oxigênio foi registrado uma sazonalidade com as maiores porcentagens no período de estiagem. Branco (2007) no estuário de Barra das Jangadas não encontrou uma sazonalidade significativa, já Honorato da Silva *et al.* (2004) no estuário do rio Formoso e Grego *et al.* (2004) no estuário do rio Timbó, encontraram um padrão sazonal com maiores índices no período de estiagem e baixa-mar. De acordo com a classificação de Macedo e Costa (1978), o estuário P1 variou de zona poluída à zona de baixa saturação, e os demais pontos da plataforma (P2, P3, P4, P5) como zona de baixa saturação à saturada. Branco (2007) evidenciou que o sistema estuarino do rio

Jaboatão variou de zona poluída à supersaturada no período de preamar. Sendo assim, no período de baixamar, é onde as consequências da ação atrópica estão mais intensificadas.

Segundo Passavante e Feitosa (2004), os nutrientes em águas costeiras e estuarinas são mais concentrados que em região oceânica, fazendo com que a produtividade primária nessas áreas seja elevada. As concentrações dos nutrientes encontradas nesse trabalho confirmam a condição interna do estuário (P1), apresentado sempre valores bastante elevados, evidenciando um forte processo de eutrofização. Os pontos distribuídos na plataforma apresentaram valores característicos de regiões costeiras banhadas por águas oligotróficas, porém com influência do aporte continental, fato este que pode ser explicado pelo distanciamento da foz do rio. De acordo com Scharler e Baird (2000) a diluição da água do mar pode ser a principal responsável pela redução na concentração de nutrientes observada ao longo do *continuum* rio-estuário-mar.

Com relação aos teores desses nutrientes, o silicato foi o mais concentrado, seguido pelo nitrato, fosfato, N-amoniaco e nitrito. Os baixos teores de nitrito podem ser explicado por ser um produto intermediário e instável das reações de denitrificação e nitrificação, convertendo-se em nitrato. Portanto, é comum que sua concentração seja mais baixa do que as outras formas de nitrogênio (Noriega *et al.*, 2005). Porém, os valores de nitrito e do fosfato no P1, foram indicativos de ambiente fortemente impactado, enquanto na plataforma seus valores foram considerados normais.

O nutrientes, exceto o silicato e N-amoniaco, tiveram variação sazonal. Branco, Feitosa e Montes (2002), Lacerda *et al.* (2004) e Branco (2007), encontraram uma variação sazonal para os nutrientes no referido estuário. Costa, Queiroz e Macêdo (1985) também encontraram uma pequena variação sazonal na plataforma continental de Pernambuco, porém com concentrações significativamente menores, por se tratar de pontos mais afastados da costa, com características de águas oceânicas.

O N-amoniaco se destacou por apresentar teores elevados no ambiente. Segundo Oliveira, Gaigher e Silveira (2004), a amônia é um bom indicador de contaminação recente, sua elevada concentração está associada à locais próximos de efluentes urbanos

O silicato é utilizado pelas microalgas do grupo das diatomáceas e dos silicoflagelados para formação das suas frústulas, sendo o nutriente inorgânico que se apresenta com os maiores concentrações nos ambientes estuarinos, devido a sua origem terrígena (Noriega *et al.*, 2005).

No presente trabalho, o silicato foi aquele, que apresentou os teores mais elevados, com uma variação sazonal onde se destacou no período chuvoso. Além do estuário ser evidenciado, os pontos costeiros (P3 e P4) obtiveram concentrações elevadas comparando com os demais. Lacerda *et al.* (2004) e Branco (2007) encontraram o inverso no estuário de Barra das Jangadas, com os maiores valores de silicato no período de estiagem, assim como Costa, Queiroz e Macêdo (1985) na plataforma continental, nos pontos mais próximos à costa.

Através da biomassa fitoplanctônica é possível quantificar a produção local e conseqüentemente indicar o grau de eutrofização da área, tornando esse parâmetro um dos mais importantes e indispensáveis para os casos de monitoramento ambiental. (Smith, 2007)

No presente trabalho, a clorofila-*a* não apresentou variação sazonal nem espacial. Porém nota-se que as médias da biomassa algal no período de estiagem estiveram acima do período chuvoso, levando a crer que o fator que influenciou mais neste parâmetro foi a turbidez da água, ou seja, redução da camada fótica. A ACP confirma este fato ao relacionar diretamente a clorofila *a*, com a temperatura.

Diferente do encontrado neste estudo, ou seja, em que os picos de produção estão relacionados com o material particulado em suspensão, foram registrados por Grego *et al.* (2004) no estuário do rio Timbó, devido as obras de dragagem. Trabalhos que apresentaram uma correlação positiva do material particulado em suspensão com a clorofila-*a* foram encontrados por Losada, Feitosa e Lins (2003) nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucabas e Noriega *et al.* (2005) no estuário de Barra das Jangadas. Alguns trabalhos pretéritos na área de estudo indicaram variação sazonal significativa. (Branco, Feitosa e Montes, 2002; Branco, 2007; Macedo *et al.*, 2005).

Segundo Losada, Feitosa e Correia-Lins (2000), em regiões tropicais, as maiores concentrações de clorofila *a* tanto ocorrem no período chuvoso como no de estiagem, dependendo da variabilidade dos parâmetros oceanográficos de cada ambiente. O maior fator condicionante para que isso ocorra é a chuva, pois ela tanto contribui com o enriquecimento de sais nutrientes, como também aumenta a quantidade de material em suspensão, podendo afetar o desenvolvimento do fitoplâncton e diminuir as concentrações de biomassa.

Levando-se em consideração a classificação de Vollenwieder e Kerekes (1982), que avaliam a condição ambiental das águas costeiras, o estuário (P1), apesar de apresentar algumas oscilações apresentou forte tendência ao processo de eutrofização. Os pontos da plataforma continental mostraram teores que variaram de oligotróficos a eutróficos.

Resultados aproximados foram encontrados por Resurreição, Passavante e Macêdo (1996) no Porto do Recife e Nascimento *et al.* (2003) na Baía do Pina onde a concentração da biomassa fitoplanctônica decresceu à medida que se distancia da costa. Branco (2007) encontrou também uma variação espacial no período chuvoso.

De acordo com a ACP, a biomassa fitoplanctônica está inversamente relacionada com salinidade, pH e transparência e diretamente relacionada com taxa de oxigênio dissolvido e temperatura.

Smith Jr e Damaster (1996) na plataforma adjacente do rio Amazonas, afirmam que a interação entre as águas fluviais e oceânicas define as condições que podem influenciar diretamente no crescimento fitoplanctônico, pela combinação do *input* de nutrientes e

disponibilidade de irradiância, criando uma zona de transição altamente produtiva, e sua localização vai variar com intensidade da descarga fluvial. Esta zona desempenha um importante papel na transferência de energia para a plataforma adjacente.

Segundo Santos *et al.* (2010), os teores de clorofila-*a* na plataforma continental do Amazonas, variaram de 0,09 à 5,47 mg.m⁻³ e afirmam que o fator limitante da produtividade local foi a elevada turbidez das águas.

Trabalhos pretéritos realizados nas águas costeiras de Pernambuco (Passavante *et al.*, 1987/89; Passavante e Feitosa, 1995; Resurreição, Passavante e Macêdo) evidenciaram variações sazonais e espaciais nas concentrações de clorofila-*a*, variando entre 0,02 à 15,27 mg.m⁻³, onde os teores mais elevados foram registrados no período estiagem e próximos à costa. Ainda na zona costeira da região Nordeste, teores mais baixos de clorofila-*a* foram encontrados por Costa (1991), Medeiros *et al.* (1999) e Mafalda *et al.* (2004), onde as concentrações de clorofila oscilaram entre 0,01 à 0,60 mg.m⁻³ sendo características de águas oligotróficas.

Na região Sudeste/Sul, Brandini (1990), ao analisarem as águas da plataforma continental de São Paulo, Paraná e Santa Catarina encontraram concentrações de clorofila variando de 0,05 a 3,76mg.m⁻³ tanto sazonal como espacialmente onde valores mais elevados ocorreram próximos à costa com um gradiente decrescente em direção ao oceano. Os autores acima comentam que os responsáveis pelo aumento da clorofila tanto são aportes terrígenos para os pontos mais costeiros, a entrada da ACAS na plataforma no período de verão e o processo de ressurgência favorecem a elevação dos teores de clorofila-*a*.

Na região Sul do Brasil (RS) Ciotti *et al.* (1995), observaram concentrações de clorofila variando entre 1,0 e 3,0 mg.m⁻³ e tendo a pluma do rio da Prata, a Lagoa dos Patos e procesos de ressurgências como os maiores contribuidores e responsáveis pela elevação da clorofila nas águas da plataforma continental.

CONCLUSÃO

O estuário de Barra das Jangadas encontra-se em um elevado processo de eutrofização antrópica (poluído), com excesso de nutrientes inorgânicos dissolvidos na água, como consequência da forte urbanização e lançamento de efluentes domésticos;

A redução da camada eufótica (turbidez) no período chuvoso, foi fator limitante da biomassa fitoplanctônica na plataforma continental;

As águas da plataforma continental variaram de oligotróficas nos pontos de coleta mais afastados (P2 e P5) a eutróficas nos pontos mais centrais P3 e P4, entretanto, no período de chuvoso, a influência do deságüe atinge todos os pontos de coleta.

LITERATURA CITADA

- Anjos, D.L.; Passavante, J.Z.O.; Silva-Cunha, M.G.G. e Honorato da Silva, M., 2012. Biomassa fitoplanctônica correlacionada aos fatores hidrológicos no estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, 40(1), 167-184.
- Araújo, T.C.M.; Seoane, J.C., e Coutinho, P.N., 2004. Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., e Costa, M.F. (eds.), *Oceanografia: um cenário tropical* : Bagaço, pp. 39-58.
- Araújo, M., Medeiros, C. and Ribeiro, C., 1999. Energy balance and time-scales of mixing and stratification in the Jaboatão estuary, NE-Brazi. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 47(2), 145-154.
- Assis, H. M. B., 1997. Projeto diagnóstico do meio físico da Bacia Lagoa Olho D'Água, *CPRM/PMJG*, pp. 94.
- Bastos, R.B; Feitosa, F.A.N.; Koenig, M.L.; Machado, R.C.A., e Muniz, K., 2011. Caracterização de um zona costeira tropical (Ipojuca–Pernambuco–Brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(1), 01-10.
- Bastos, R.B.; Feitosa, F.A.N., e Muniz, K., 2005. Variabilidade espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco-Brasil). *Tropical Oceanography*, 33(1), 1-18.
- Baumgarten, M. G. Z.; Rocha, J. M. B. e Niencheski, L. F. H., 1996. *Manual de análises em oceanografia química*. Rio Grande: Editora da FURG, 132p.
- Braga, Elizabeth S. Seasonal variation of atmospheric and terrestrial nutrients and their influence on primary production in an oligotrophic coastal system- southeastern Brazil. *Revista Oceanográfica*. São Paulo, v. 47,n.1, p. 47-57, 1999.
- Branco, E.S., 2007. *Influência das variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica estuarina*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 266p.
- Branco, E.S.; Feitosa, F.A.N., e Montes, M.J.F., 2002. Variação Sazonal e Espacial da Biomassa Fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes-Pernambuco-Brasil). *Tropical Oceanography*, 30(2), 79-96.

- Branco, S.M., 1986. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. Ed. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 640p.
- Brandini, F. P. 1990. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off Southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). *Hydrobiology*, 196(2), 111-148.
- Ciotti, A.M.; Odebrecht, C.; Fillmann, G., and Mooler Jr, O.O., 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the Southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, 15(14), 1737-1756.
- Costa, M.F.; Neumann-Leitão, S., e Souza-Santos, L.P., 2004. Bioindicadores de Qualidade Ambiental. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., and Costa, M.F. (eds.), *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Bagaço, pp. 319-352.
- Costa, K. M. P., 1991. Hidrologia e biomassa primária da região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8°00'00" e 2°44'30"S e as longitudes de 35°56'30" e 31°48'00"W. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de mestrado, 217p.
- Costa, K.M.P.; Queiroz, C.M., e Macêdo, S.J., 1985. Hidrologia e plankton da Plataforma Continental de Pernambuco 1. Variação das características físico-químicas da água. In: *Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro III*, Fortaleza, 337-371.
- CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), 1999. *Diagnostico Ambiental Integrado da Bacia do Pirapama*, pp. 273. <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pirapama.pdf>.
- Eskinazi-Leça, E.; Koenig, M. L., e Silva-Cunha, M. G. G., 2004. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplânctônica. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitao, S.; Costa, M. F. (eds.) *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Bagaço, pp. 353-373.
- Feitosa, F.A.N.; Nascimento, F.C.R., e Costa, K.M.P., 1999. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplânctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina (Recife-PE). *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, Recife, 27(2), 1-13.
- Flores Montes, M., 1996. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz (Itamaracá, PE). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de mestrado, 119p.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. and Kremling, K., 1983. (Ed.) *Methods of seawaters analysis*, Verlag Chemie, 2ª edição. 419p.
- Grego, C. K. S.; Feitosa, A.N.; Silva, M.H.; Cunha, M.G.G.S, e Filho, G.A.N., 2009. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco,

- Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. *Atlântica*, 31(2), 183 - 198.
- Grego, C.K.S.; Feitosa, F.A.N.; Honorato Silva, M., and Flores Montes, M.J., 2004. Distribuição espacial e sazonal da clorofila-a fitoplanctônica e hidrológica do estuário do rio Timbó (Paulista-PE). *Tropical Oceanography*, 32(2), 181-199.
- Honorato Silva, M.; Passavante, J.Z.O.; Silva-Cunha, M.G.G.; Nascimento-Vieira, D.A.; Grego, C.K.S., e Muniz, K., 2004. Distribuição especial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, 32(1), 89-106.
- Koenig, M.L. and Macêdo, S.J., 1999. Hydrology and Phytoplankton Community Structure at Itamaracá-Pernambuco (Northeast Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 42(4).
- Lacerda, S.R.; Koenig, M.L.; Neumann-Leitão, S., and Flores Montes, M.J., 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil). *Brazilian Journal Biology*, 64, 81-94.
- Losada, A.P.M.; Feitosa, F.A.N. e Lins, I.C. 2003. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré - PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. *Tropical Oceanography* (31), 1-29.
- Losada, A.P.M.; Feitosa, F.A.N., e Correia-Lins, I., 2000. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos Rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 28(2), 117-138.
- Mafalda Jr., P.O.; Sinque, C.; Brito, R.R.C. e Santos, J.J., 2004. Biomassa planctônica, hidrografia e pluviosidade na costa norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, 32(2), 143-158.
- Macêdo, S.J.; Neumann-Leitão, S.; Koenig, M.L.; Araujo Filho, M.; Schwamborn, R.; Feitosa, F.A.N.; Muniz, K.; Lacerda, S.R., and Flores-Montes, M.J., 2005. Status of the barra das jangadas estuary (north-eastern Brazil): an ecological approach. In: Tiezzi, C.A., Brebia, S.E., Jorgensen, S. and Almorza Gomar Witpress (eds.) *Ecosystems and sustainable developmet V*. Boston. pp. 709-722,
- Macêdo, S. J.; Muniz, K., e Flores Montes, M. J., 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do Estado de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitao, S.; Costa, M. F. (eds.) *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, pp. 255-286.
- Macêdo, S.J. and Costa, K.M.P., 1978. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco – Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. *Ciência e Cultura*, 30(7), 368.

- Manso, V.A.V.; Valença, L.M.M.; Coutinho, P.N., and Guerra, N.C., 2004. Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco. *In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., and Costa, M.F. (eds.), Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, pp. 59-86.
- Marques, C.W.; Monteiro, I.O.; Möller, O.; Fernandes, E.H., 2006 A dinâmica da pluma costeira da Lagoa dos Patos, Brasil. *In: Seminário e workshop em engenharia oceânica, II*, Rio Grande, <http://repositorio.furg.br:8080/1/946>.
- Medeiros, C.; Macedo, S. J.; Feitosa, F. A. do N., and Koenig, M. L., 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of northeast Brazilian waters. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3), 133-151.
- Nascimento, F.C.R.; Muniz, K.; Feitosa, F.A.N.; Araújo, J.P.; Silva, R.M.S.; Silva, G.S., and Montes, M.J.F., 2003. Disponibilidade nutricional da Bacia do Pina e rio Tejipió (Recife-PE-Brasil) em relação aos nutrientes e biomassa primária (setembro/2000). *Tropical Oceanography*, 31(2), 149-169.
- Noriega, C. E. D.; Costa, K. M. P.; Feitosa, F. A. N.; Montes, M. J. F.; Grego, C. K. S.; Soares, G. S. S., e Silva, H. P., 2005. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil). *Arquivos de Ciência do Mar*, 38 (2005), 5-18.
- Oliveira, C.M.S.; Gaigher, L.P., e Silveira, I.M.O., 2004. Concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato no rio Piraquê-Uça (Aracruz-ES). *II Congresso Brasileiro de Oceanografia*. P.181.
- Passavante, J.Z.O. and Feitosa, F.A.N., 2004. Dinâmica da Produtividade Fitoplanctônica na Zona Costeira Marinha. *In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., and Costa, M.F. (eds.), Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, pp. 425-440.
- Passavante, J. Z.O.; Feitosa, F. A.N.; Macêdo, S. J.; Aragão J. O. R.; Leitão, S. N., e Lins, I. C., 2003. Produção, biomassa fitoplanctônica, climatologia e hidrologia do estuário do rio Botafogo, Itapissuma, Pernambuco. *Boletim Técnico e Científico de CEPENE*, 11.
- Passavante, J.Z.O. e Feitosa, F.A.N., 1995. Produção primária do fitoplâncton da plataforma continental de Pernambuco (Brasil): área de Piedade. *Boletim Técnico e Científico de CEPENE*, 3(1), 7-22.
- Passavante, J.Z.O.; Gomes, N.A.; Eskinazi-Leça, E., e Feitosa, F.A.N., 1987/89. Variação da clorofila *a* do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 20, 145-157.
- Parsons, T. R. and Strickland, J. D. H. 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophyll *a* and carotenoids. *Journal of Marine Research*, 21(3), 155-163.

- Rabalais, N. N.; Tumer, R. E.; Justic, D.; Dortch, Q.; Wiseman, W. J., and Sem Gupta, B. K., 1996 Nutrient changes in the Mississippi river and system responses on the adjacent continental shelf. *Estuaries*, 19, 386-407.
- Resurreição, M.G.; Passavante, J.Z.O., e Macêdo, S.J., 1996. Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil): variação sazonal da biomassa fitoplanctônica (08°03'38'' lat. S; 34°42'28'' à 34°52'00'' long. W.). *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 24, 39-59.
- Santos, M.L.S e Muniz, K., 2010. Variação nictemeral de parâmetros abióticos e clorofila *a* em uma estação oceanográfica na plataforma continental do Amazonas. *Atlântica*, 32(2), 237-246.
- Scharler, U.M. and Baird, D. 2000. The effects of a single freshwater release into the Kromme Estuary. 1: General description of the study area and Physico-chemical responses. *Water SA*. 26 (3), 291-300.
- Smith, V.H., 2007. Using primary productivity as an index of coastal eutrophication: the units of measurement matter. *Journal of Plankton Research*, 29(1), 1-6.
- Smith Jr, W.O. and Demaster, D.J., 1996. Phytoplankton biomass and productivity in the Amazon River plume: correlation with seasonal river discharge. *Continental Shelf Research*, 16(3), 291-319.
- Souza, A.D.G., and Tundisi, J.G., 2003. Water quality in watershed of the Jaboatão river (Pernambuco, Brazil): a case study. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(4), 711-721.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R., 1972. A practical handbook of seawaters analysis. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, 167, 207-211.
- Trochimczuk Fo.A. e Schettini, C. A. F., 2003. Avaliação da dispersão espacial da pluma do estuário do rio Itajaí-Açu em diferentes períodos de descarga. *Notas técnicas Facimar*, 7, 83-96.
- UNESCO, 1973. *International Oceanographic Table*. Great Britain Wormly 2, 141 p.
- UNESCO, 1966. *Determination of photosynthetic pigments in sea waters*. Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meat from 4 to 6 June 1964. Paris, (Monographys on Oceanology Methodology). 66 p.
- Vollenweider, R.A., Kerekes, J.,(eds),. 1982. Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control. *Report of the OECD cooperative program on Eutrophication*. Organization for the Economic Development and Co-operation, Paris. 156 p.

ANEXOS

Tabela 1 – Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso nos pontos referentes a Plataforma Continental (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão) e análise estatística ANOVA fatorial (sazonal e espacial), *P≤ 0.05.

Parâmetros	Estiagem		Chuvoso		ANOVA Fatorial (p)		
	Max/Min	Média/D.P.	Max/Min	Média/D.P.	Espacial	Sazonal	Espacial*Sazonal
Clorofila-a (mg.m⁻³)	9,67/0,5	2,39/±2,56	4,59/0,26	1,5/±1	0,25	0,21	0,93
Salinidade	37,15/21,05	28,67/±7,86	35,34/10,77	26,8/±8,34	0,33	0,16	0,39
Oxigênio dissolvido (mL.L⁻¹)	5,3/4,05	4,46/±0,35	4,8/3,67	4,3/±0,31	0,00 *	0,00*	0,00*
Taxa de Saturação O₂ (%)	119,56/91,52	104,1/±7,64	101,79/72,1	90,4/±8,28	0,22*	0,00*	0,00*
pH	8,69/8,05	8,3/±0,23	8,92/7,76	8,3/±0,36	0,92	0,68	0,97
Material Particulado em Suspensão (mg.L⁻¹)	34,8/1,67	16,8/±12	127,8/1,4	13,6/±7,59	0,8	0,99	0,47
N-amoniacal (µmol.L⁻¹)	0,18/0	0,1/±0,05	1,43/0	0,4/±0,44	0,23	0,00*	0,14
Nitrito(µmol.L⁻¹)	0,98/0	0,1/±0,25	5,85/0	0,3/±0,27	0,04*	0,00*	0,72
Nitrato(µmol.L⁻¹)	8,51/0,12	1,4/±2	0,95/0	2,8/±1,73	0,03*	0,00*	0,65
Fosfato(µmol.L⁻¹)	0,63/0	0,2/±0,19	0,84/0,11	0,5/±0,38	0,02*	0,00*	0,41
Silicato(µmol.L⁻¹)	61,77/0,78	9,7/±15	106,99/6,34	35,2/±33	0,06	0,00*	0,53
Profundidade (m)	13,1/6,6	10,6/±2,23	15,2/5,7	11/±2,1	—	—	—
Temperatura (°C)	29,5/27,2	28,7/±0,8	29/26,54	27,3/±0,83	0,93	0,00*	0,87
Secchi (m)	6,7/1,5	3,4/±1,55	5/0,65	1,8/±0,82	0,48	0,00*	0,68

Tabela 2: Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso no estuário (P1) (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão).

Parâmetros	Estiagem		Chuvoso	
	Max/Min	Média/D.P.	Max/Min	Média/D.P.
Clorofila-<i>a</i> (mg.m ⁻³)	34,71/2,89	12,76/±14,90	12,46/0,79	4,82/±5,45
Salinidade	16,31/10,69	12,86/±2,71	13,45/0,17	4,7/±7,58
Oxigênio dissolvido (ml.L ⁻¹)	0,61/0,12	0,35/±0,21	3,97/0,59	1,9/±1,56
Taxa de Saturação O₂ (%)	85,65/32,29	64,13/±22,73	56,69/39,4	47,1/±7,76
pH	8,6/7,22	10,14/±5,64	8,52/7,25	7,86/±0,69
Material Particulado em Suspensão (mg.L ⁻¹)	62,8/7,84	43,11/±25,43	210,91/85,56	131,56/±69,01
N-amoniaco (μmol.L ⁻¹)	22/0,01	8,56/±9,91	17,15/0,98	5,42/±7,83
Nitrito (μmol.L ⁻¹)	0,5/0	0,3/±0,23	10,59/0,07	3,36/±4,87
Nitrato (μmol.L ⁻¹)	9,8/0,2	4,53/±4,67	34,4/0	15,09/±15,03
Fosfato (μmol.L ⁻¹)	91,4/3,13	30,17/±41,09	14,4/1,42	6,35/±5,8
Silicato (μmol.L ⁻¹)	76,11/13,94	55,96/±28,35	126,98/32,3	78,16/±47,85
Profundidade (m)	1,6/1	1,25/±0,26	2,0/1	1,35/±0,44
Temperatura (°C)	30,5/27	28,95/±1,47	27,2/26,97	27,09/±0,09
Secchi (m)	0,7/0,35	0,46/±0,16	0,45/0,1	0,24/±0,15

CAPÍTULO 2:

Influência da descarga fluvial na dinâmica da clorofila *a* na plataforma continental adjacente à bacia portuária do Recife (Pernambuco-Brasil)

ABSTRACT

This study was developed in the coastal zone of the state of Pernambuco adjacent to the port area of Recife, that corresponds to the continental shelf. This research aimed to analyze the dynamics of *chlorophyll a* and several environmental variables. Sampling was conducted bimonthly, on the surface, from Sept 11th to May 10th, encompassing the rainy and dry periods, and during low tide and spring tide. The analyzed parameters were *chlorophyll a*, salinity, temperature, transparency, dissolved oxygen, oxygen saturation rate, pH, suspended solids, dissolved inorganic nutrients. Phytoplankton biomass ranged from 13.48 to 145.09 mg.m⁻³ in the estuarine area and the inner shelf, the variation was from 0.24 to 19.29 mg.m⁻³ in the dry season and from 0.78 to 5.20 mg.m⁻³ in the rainy season. The PCA showed a direct relationship of *chlorophyll-a* with ammonia, phosphate and transparency and an inverse relationship with suspended particulate matter and nitrate. Biomass was not significantly different for seasonal or spatial dynamics. The estuary of the river Capibaribe is considered highly impacted, and as it forms the basin port of Recife, it joins with two more strongly eutrophic bodies of water, the river Beberibe and the Pina Basin, causing an amplification of its influence on the adjacent shelf. In terms of the river's plume dispersion in the Port of Recife, the presence of a dike causes some disturbances in the direction of the current, limiting this plume to the most coastal area.

Additional Index Words: phytoplankton biomass, spatial and temporal variability and eutrophication.

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na zona costeira do estado de Pernambuco adjacente a área portuária do Recife, correspondente à plataforma continental. Apresentou como objetivo analisar a dinâmica da clorofila *a* e variáveis ambientais. As coletas foram realizadas bimestralmente, na superfície, em maio/10 à set/11 englobando os períodos chuvoso e estiagem, durante a baixa-mar e em maré de sizígia. Os parâmetros analisados foram clorofila *a*, salinidade, temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, taxa de saturação do oxigênio, pH, material em suspensão e nutrientes inorgânicos dissolvidos. A biomassa fitoplanctônica variou entre 13,48 e 145,09 mg.m⁻³ na área estuarina, no período de estiagem e na plataforma de 0,24 à 19,29 mg.m⁻³ e, no período chuvoso de 0,78 a 5,20 mg.m⁻³ na área estuarina e de 0,78 à 5,20 mg.m⁻³ na plataforma. A ACP evidenciou uma relação direta da clorofila *a* com N-amoniacal, fosfato e transparência e inversa com o material particulado em suspensão e

nitrato. A biomassa não apresentou diferença significativa para sazonal e espacialidade. O estuário do rio Capibaribe é considerado altamente impactado, e ao formar a bacia portuária do Recife, este se soma a mais dois corpos d'água fortemente eutrofizados, o rio Beberibe e a Bacia do Pina, fazendo com que a influência na plataforma adjacente seja ampliada. Em termo de dispersão de pluma dos rios, no porto do Recife a presença do dique provoca uma certa perturbação no sentido da corrente limitando esta pluma para a parte mais costeira.

Palavra-chave: biomassa fitoplanctônica, sazonalidade e espacialidade, eutrofização.

INTRODUÇÃO

O ambiente marinho costeiro pode ser entendido basicamente como área de transição entre os continentes e a massa líquida marinha que cobre aproximadamente 70% da superfície terrestre. Esta zona de interação continente/mar é considerada extremamente complexa do ponto de vista biológico por possuir em seus limites uma profusão de influências, tanto terrestre e atmosférica como oceânicas, permitindo caracterizá-la como uma das mais férteis e dinâmicas da hidrosfera (Resurreição, Passavante e Macêdo., 1996).

A dispersão de águas de drenagem continental nas áreas costeiras tem sido reconhecida como um importante processo físico para o gerenciamento costeiro e de bacias hidrográficas. Rios e estuários geralmente escoam na forma de pluma, atuando no transporte de sedimentos, nutrientes e materiais orgânicos do continente para os oceanos (Stacey *et al.*, 1999).

De acordo com Abessa *et al.* (2012), o descarte de efluentes domésticos no oceano, seja em águas rasas ou mais profundas, pode induzir uma séria de impactos ambientais negativos, dos quais se destacam a eutrofização e a floração de algas tóxicas.

A comunidade planctônica apresenta um caráter muito dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, respondendo rapidamente às alterações físicas e químicas do meio aquático e estabelecendo complexas relações intra e interespecíficas na competição e utilização do espaço e dos recursos (Valiela, 1995). Por esta razão, algumas espécies desta comunidade são utilizadas como bioindicadoras oferecendo um panorama da resposta integrada dos organismos à modificações ambientais.

A importância em se determinar a capacidade produtiva de um ecossistema consiste em poder avaliar as suas reais condições de manter todos os níveis da teia trófica, e através da biomassa fitoplanctônica é possível ainda classificar o referido ambiente quanto ao seu grau de eutrofização. (Passavante e Feitosa, 2004)

Portanto, o presente trabalho, apresentou como objetivo principal analisar a dinâmica da clorofila-*a* e parâmetros hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco sob influência principal da pluma do rio Capibaribe e outros tributários.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe compreende uma área de 7.552 km², o que equivale a 6,73 % da área do estado de Pernambuco. Da nascente até a foz, o rio corre pelo Agreste do estado e Zona da Mata cortando a região metropolitana do Recife, em aproximadamente 250 quilômetros de percurso (SRHE, 2012). No final do seu percurso, o rio Capibaribe se encontra com o rio Beberibe, a bacia do Pina e deságuam no Oceano Atlântico, na altura do porto do Recife. O clima no litoral de Pernambuco é do tipo As', segundo a classificação de Köppen. Possui uma temperatura anual média de 25,6°C, a precipitação anual fica na média de 2.272,9 mm e os ventos dominantes de sudeste (Araújo, Medeiros e Ribeiro, 1999; Porto do Recife, 2013).

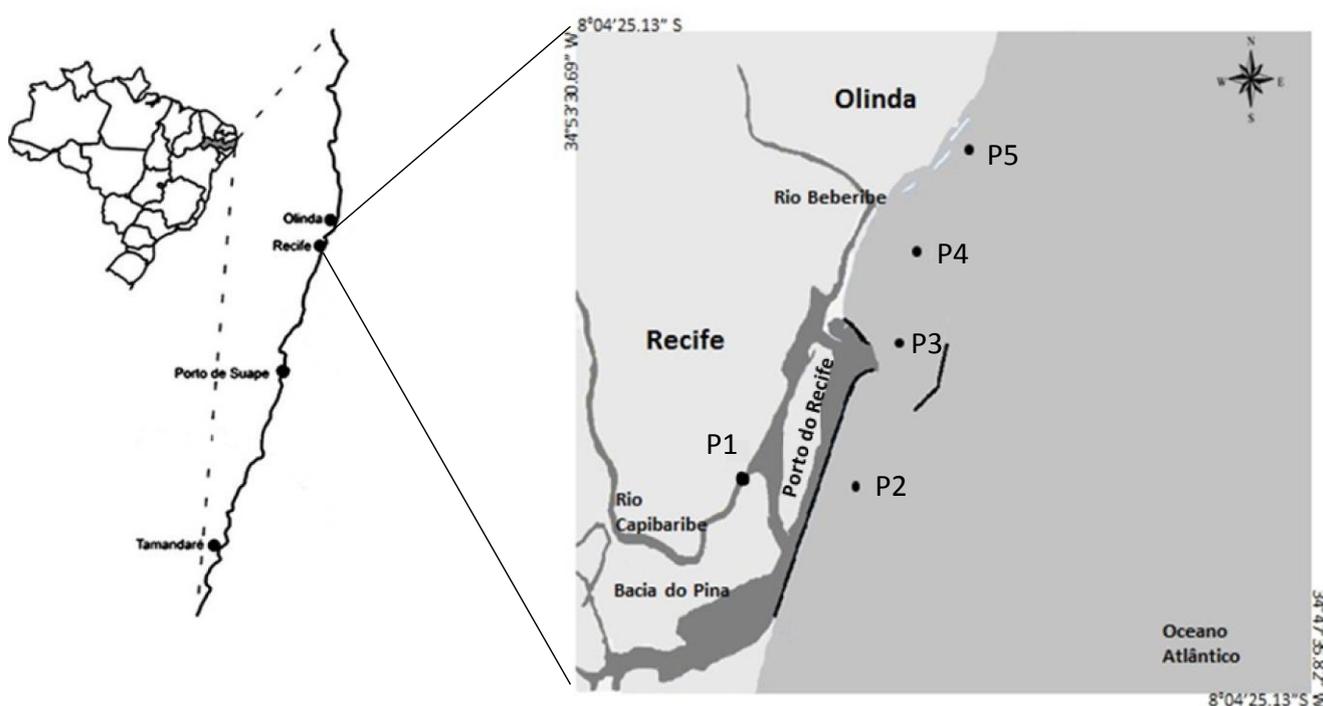


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta na zona estuarina do rio Capibaribe (P1) e na plataforma (P2,P3,P4,P5) adjacente ao porto do Recife, PE Brasil. (Fonte: Google Earth, 2013).

O Capibaribe possui uma população estimada em 430 mil habitantes em seu entorno, dentre as principais fontes de degradação ambiental deste rio, destaca-se a poluição proveniente do lixo urbano e industrial (SRHE, 2010). O sistema estuarino do porto do Recife apresenta uma série de problemas associados com a degradação ambiental. O principal problema está associado ao sistema de esgoto da cidade, que consistem de subsistemas secundários isolados (Noriega *et al.*, 2013).

METODOLOGIA

Etapas de campo

As coletas foram realizadas em 5 pontos distintos, sendo um dentro do estuário (P1), e quatro pontos na plataforma continental, paralelos à costa, sendo o ponto 2 (P2) localizado 1,5km ao sul do porto do Recife, ponto 3 (P3) na entrada/saída do porto, seguido do ponto 4 (P4) em frente à praia Del Chifre e o ponto 5 (P5) a cerca de 3 km ao norte do porto do Recife, em frente ao Fortinho de Olinda. A distância entre os pontos de coleta e deles para a linha de costa é de aproximadamente 1,5 Km, exceto o P1 (Figura 1). Foram realizadas coletas bimestrais, no período entre maio/2010 à setembro/2011, a bordo de um barco tipo lagosteiro, no estágio de baixa-mar e em maré de sizígia. As amostras de água para análise da biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a*) e parâmetros hidrológicos foram coletadas na superfície, utilizando a garrafa oceanográfica de Niskin.

Etapas de laboratório

As amostra de água para determinação da clorofila *a* foram filtradas através de filtros GF/C de 47mm da Whatman. O volume variou de 0,25 a 1,0 L. Após esse procedimento, foi feita a extração da clorofila *a* na acetona 90% durante 24 horas a -18° C. Passado este período, as amostras foram centrifugadas a 3.000 rpm durante 10 minutos. Foi utilizado o método espectrofotométrico da UNESCO (1966), os cálculos foram feitos pela equação de Parsons & Strickland (1963) e os resultados expressos em mg.m^{-3} .

A transparência da água foi medida *in situ* através de um disco de Secchi; a profundidade local através de uma ecossonda manual digital; o oxigênio dissolvido foi analisado utilizando-se o método de Winkler modificado descrito em Strickland & Parsons (1972); a taxa de saturação do oxigênio dissolvido foi calculada através da “International Oceanographic Tables” (UNESCO, 1973) correlacionado os valores de temperatura e salinidade; o pH foi determinado por um pH-metro; os nutrientes (N-amoniacal, nitrito, nitrato e fosfato) foram analisados pelo método de Strickland & Parsons (1972), e silicato, por Grasshoff., Ehrhardt e Kremling (1983) e para o material particulado em suspensão (material particulado em suspensão) utilizou-se o método gravimétrico descrito por Baumgarten, Rocha e Niencheski (1996).

Os dados de temperatura e salinidade foram obtidos através de CTD da marca Sea Bird Electronics SBE19plus, equipado com bomba centrífuga e sensores de alta resolução para medições de condutividade (resolução = $0,00004 \text{ S m}^{-1}$), temperatura (resolução = $0,0003^\circ \text{ C}$) e pressão (resolução = 0,068 db). Os levantamentos dos parâmetros hidrodinâmicos foram realizados através de um Acoustic Doppler Current Profile (ADCP), ou correntômetro acústico de afeito Doppler, da marca modelo RDI 600, para medir seu movimento com relação ao fundo assim como a distribuição de sedimentos em suspensão na seção de medição.

Para a análise estatística, foi testada a homogeneidade de variâncias utilizando o teste de Levene. A normalidade dos dados foi testada utilizando o teste de Shapiro-Wilk, com os dados normalizados, foi realizado o teste da ANOVA fatorial, no programa Statistic 7, para verificar variações espaciais e sazonais, considerando significativo os valores de $p \leq 0,05$. Para a análise multivariada dos parâmetros utilizou-se a Análise dos Componentes Principais (ACP) com base na matriz de correlação momento-produto de Pearson. Em seguida, foram extraídos o autovetor e o autovalor dos dois principais componentes. Os cálculos foram realizados utilizando o programa computacional Statistic 7.

RESULTADOS

A média mensal da chuva no período estudado foi de 260,2 mm, com o máximo de 755,7mm encontrado em maio/11 e mínimo 23,5mm em nov/10. Destacaram-se dois períodos: estiagem e chuvoso. O período de estiagem compreendeu os meses de nov/10, fev/11, mar/11 e set/11, que apresentou uma média de 113,3 mm, e no período chuvoso os meses foram, maio/10, jul/10, maio/11 e jul/11 com a média de 429,5 mm. O total de chuvas foi de 1.933,4 mm no ano de 2010 e 3.245,7 mm no ano de 2011, onde os máximos foram registrados em maio/11 (755,7 mm) e abril/11 (647,4 mm) e os mínimos em nov/10 (23,5 mm) e set/11 (35,7 mm). Em comparação com a média dos últimos 20 anos (1992-2011) que foi de 2.232,7mm foi observado que o ano de 2011 esteve 45,37% mais elevada (Figura 2).

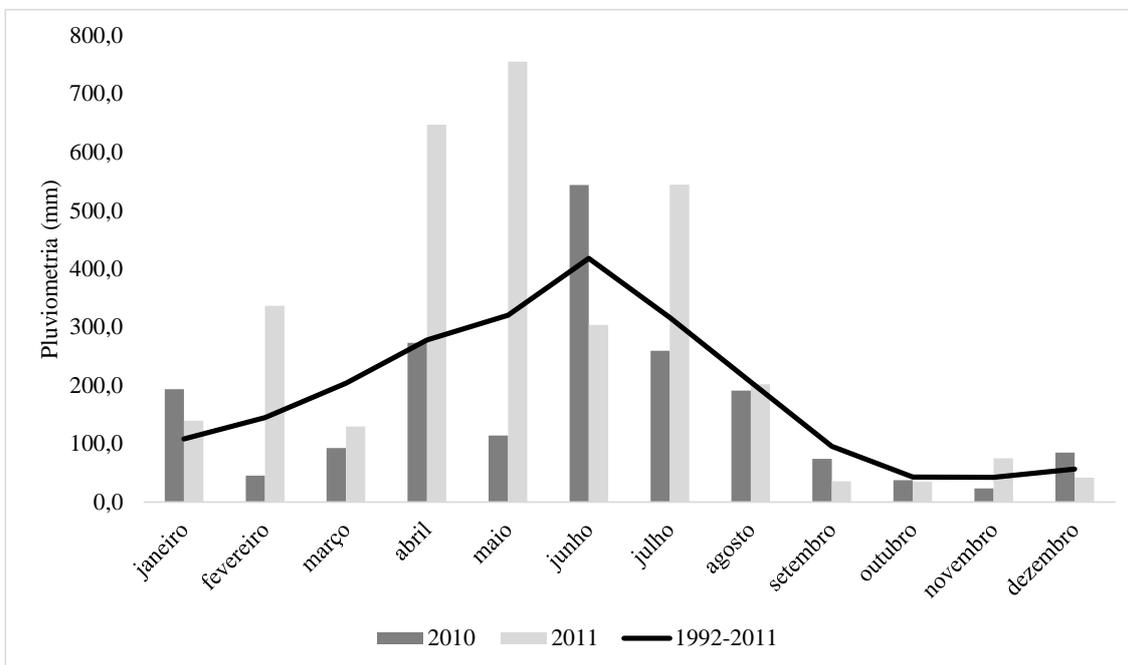


Figura 2 – Dados de pluviosidade da estação Recife-PE dos anos de 2010 e 2011 e a média dos últimos 20 anos (1992-2011). Fonte: INMET.

Profundidade

A profundidade média de cada ponto amostrado foi: 1,42m no P1 (estuário), 9,74m no P2, 10,71m no P3, 8,79m no P4 e 7,44m no P5 (Tabela 1 e 2).

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH se manteve alcalino em todos os pontos amostrados e nos dois períodos, variando entre 7,22 no P1 (set/11) e 8,52 no P1 (maio/10). Estatisticamente, esse parâmetro não apresentou diferença sazonal ou espacial significativa (Tabela 1 e 2).

Salinidade

A salinidade no estuário (P1) se manteve sempre baixa, devido a maior influência fluvial, com máximo de 16,31 (fev/11) e mínima de 0,17 (jul/11). Nos pontos da plataforma, pode observar que no P2 apresentou uma salinidade baixa de 14,97 (maio/10), 24,76 (jul/11) e 25,57 (maio/11), nos demais meses a salinidade foi superior a 33. No P3, a salinidade se manteve abaixo dos 30 em quase todos os meses, exceto em set/11 (35,83), mar/11 (35,36). No P4, a salinidade abaixo de 30 foi encontrado em jul/11 (12,91), maio/11 (24,23) e jul/10 (26,64). No P5, os valores mais baixos e salinidade foram encontrados em jul/11 (22,88) e em maio/11 (29,07) (Figura 3; Tabela 1 e 2).

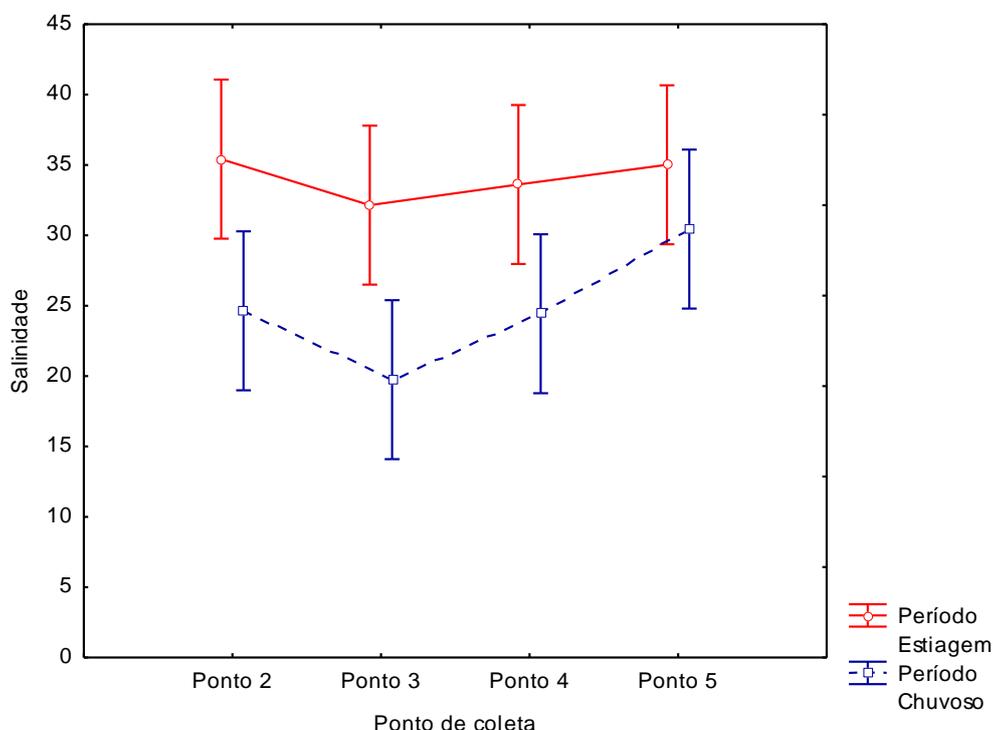


Figura 3 – Valores da salinidade na plataforma continental, período estiagem e chuvoso.

Temperatura

A temperatura da superfície da água apresentou o valor máximo de 30,5°C no P1 (mar/11) e mínimo de 26°C no P4 (set/11). Estatisticamente, esse parâmetro apresentou variação sazonal, com os maiores valores observados no período de estiagem (Tabela 1 e 2).

Perfis de CTD

Para identificação das estruturas verticais dos parâmetros físicos (temperatura e salinidade) foram realizadas medidas ao longo da coluna d'água nos 4 pontos de coletas na plataforma, durante as campanhas amostrais realizadas em novembro/2010 e maio/2011.

Em novembro/2010 os valores temperatura superficiais foram observados em torno de 28,6 °C nos quatro pontos de coleta (P 2, 3, 4 e 5). Neste período os menores valores de temperatura d'água (em torno de 28,2 °C) foram observados próximo ao fundo, nas profundidades de 9 m (P 2) e 11 m (P3). As análises das estruturas verticais de temperatura apresentaram uma variação em torno de 0,4 °C entre a superfície e o fundo ao longo da coluna d'água (Figura 4).

Neste período houve a presença de pluma d'água estuarina de baixa salinidade (< 34) nos pontos 3 e 4, localizada em torno de 0,5m < 1,0 m de profundidade abaixo da linha superficial d'água. Nos pontos 2 e 5 não houve presença de uma massa d'água de baixa salinidade na superfície da coluna d'água, mas a presença de um pico de alto valor de salinidade (> 37) em torno de um metro de profundidade (Figura 4).

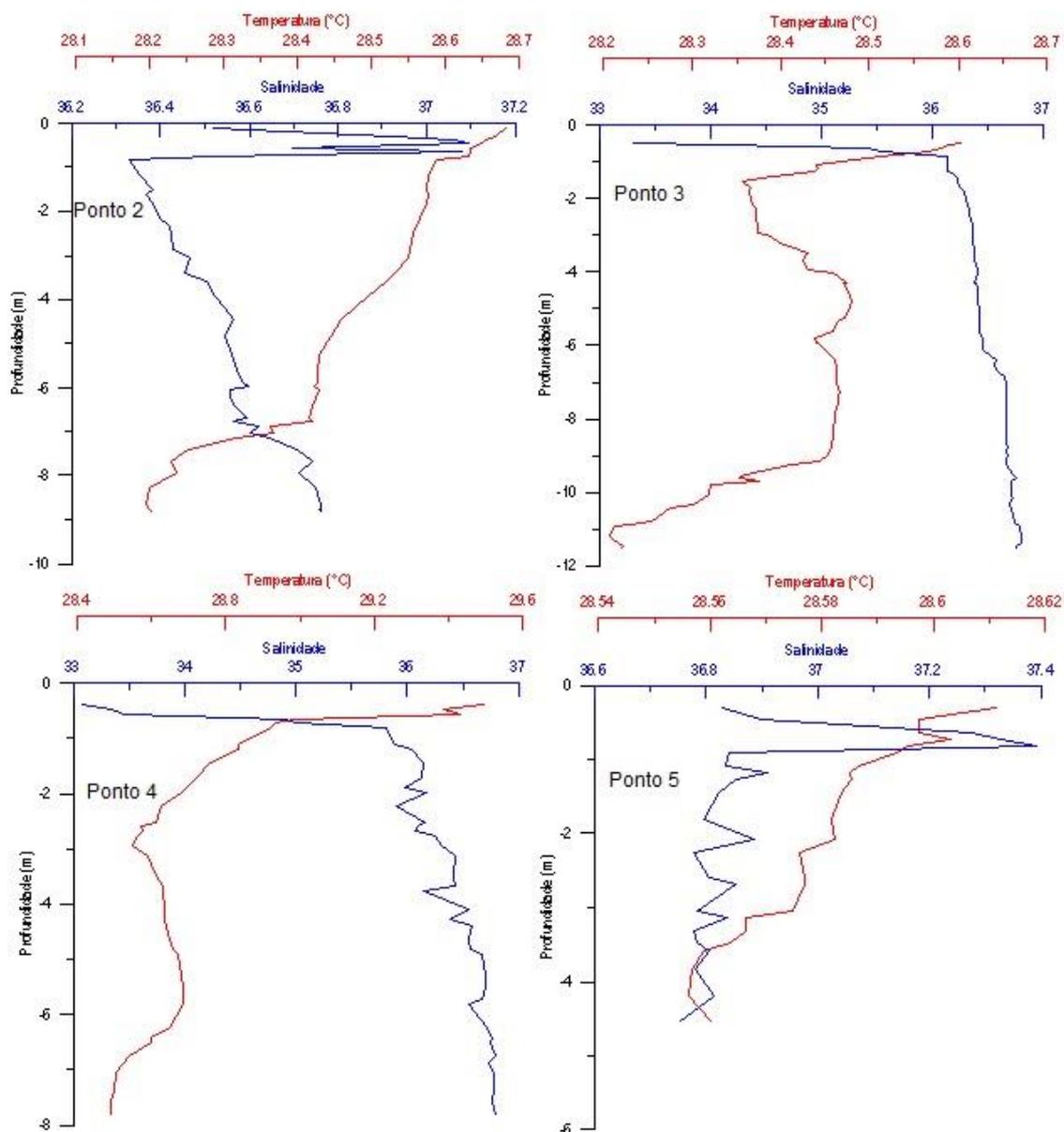


Figura 4 – Perfil vertical de temperatura e salinidade ao longo da coluna d’água obtida nos pontos 2, 3, 4 e 5 durante a campanha amostral realizada em novembro/2010.

Durante a campanha amostral de maio/2011 não foi observado grande variação de temperatura ao longo da coluna d’água nas estações de coletas, com máxima variação de temperatura de 0.5 °C entre a superfície e o fundo. Sendo que os máximos valores de temperatura (em torno de 28.3 °C) foram registrados na profundidade de 2 m nos pontos 4 e 5. Neste mesmo período, também foram observados na superfície (na profundidade de um metro) a presença de uma pluma d’água de baixa salinidade nas quatro estações de coleta, com valores de salinidade variando entre 16 – 34 (Figura 5).

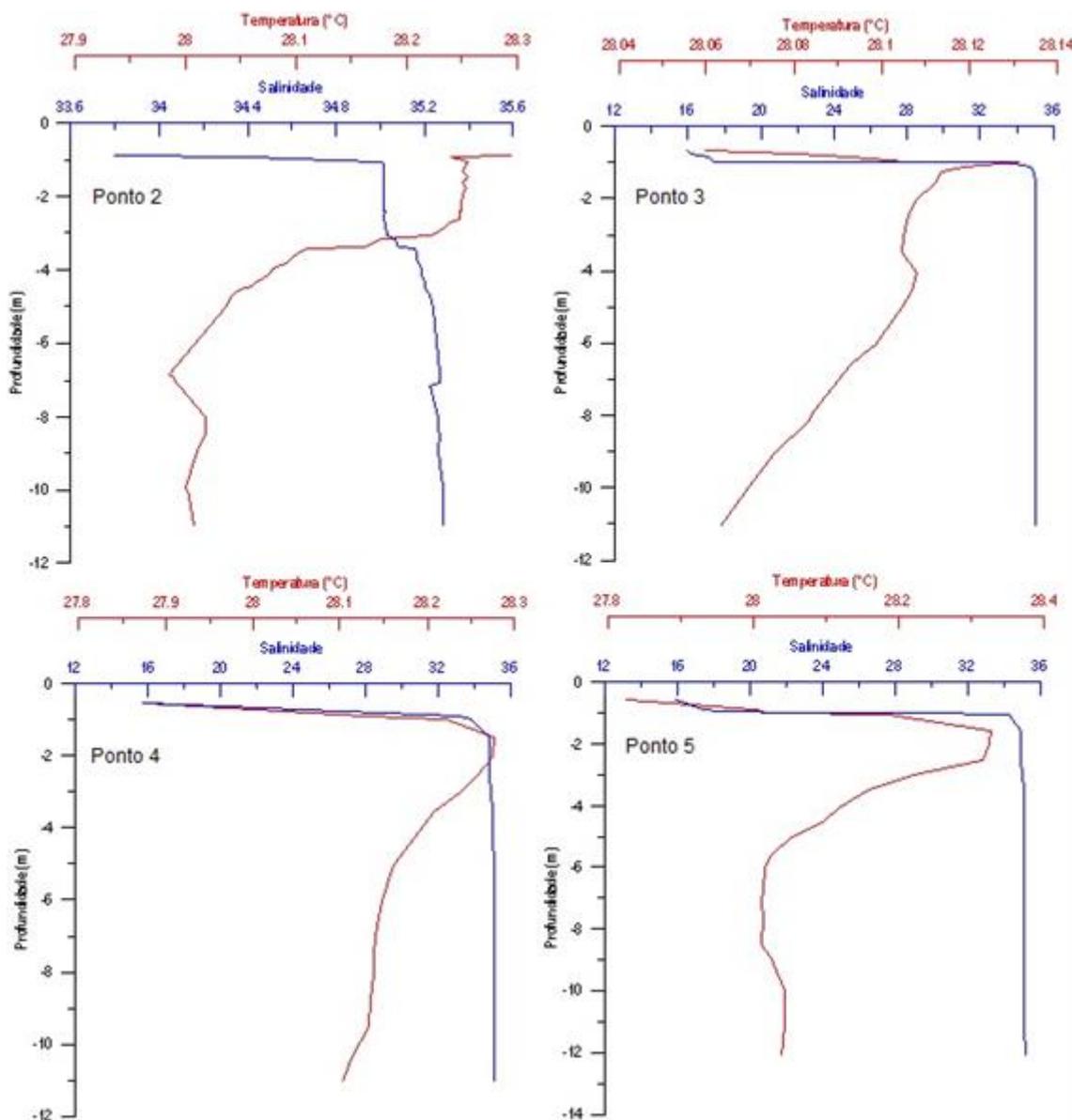


Figura 5. Perfil vertical de temperatura e salinidade ao longo da coluna d'água obtida nos pontos P2, P3, P4 e P5 durante a campanha amostral realizada em maio/2011.

Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido variou espacialmente. No estuário (P1) foi encontrada as menores concentrações, variando entre $0,11\text{ml.L}^{-1}$ à $4,35\text{ml.L}^{-1}$, sendo considerado quase anóxico. Os valores da plataforma continental variaram entre $1,73\text{ml.L}^{-1}$ no P3 (jul/10) à $5,01\text{ml.L}^{-1}$ no P5 (nov/10), caracterizando como uma área ainda não poluída (Tabela 1 e 2).

Taxa de saturação do oxigênio

Estatisticamente, a taxa de saturação variou tanto sazonal como espacialmente. O estuário (P1) apresentou o mínimo de 2,42% em mar/11 e máximo de 78,3% em maio/11. Nos pontos mais costeiros variaram entre 35,58% no P3 (jul/10) à 114,1% no P5 (nov/10) (Figura 6; Tabela 1 e 2).

Material Particulado em Suspensão

Esse parâmetro não apresentou variação espacial ou sazonal. O estuário variou entre $18,6 \text{ mg.L}^{-1}$ (mar/11) à $210,91 \text{ mg.L}^{-1}$ (maio/11). Dentre os pontos situados na plataforma o mínimo foi de $3,6 \text{ mg.L}^{-1}$ no P5 (mar/11) e $55,6 \text{ mg.L}^{-1}$ no P4 (jul/11) (Figura 6; Tabela 1 e 2).

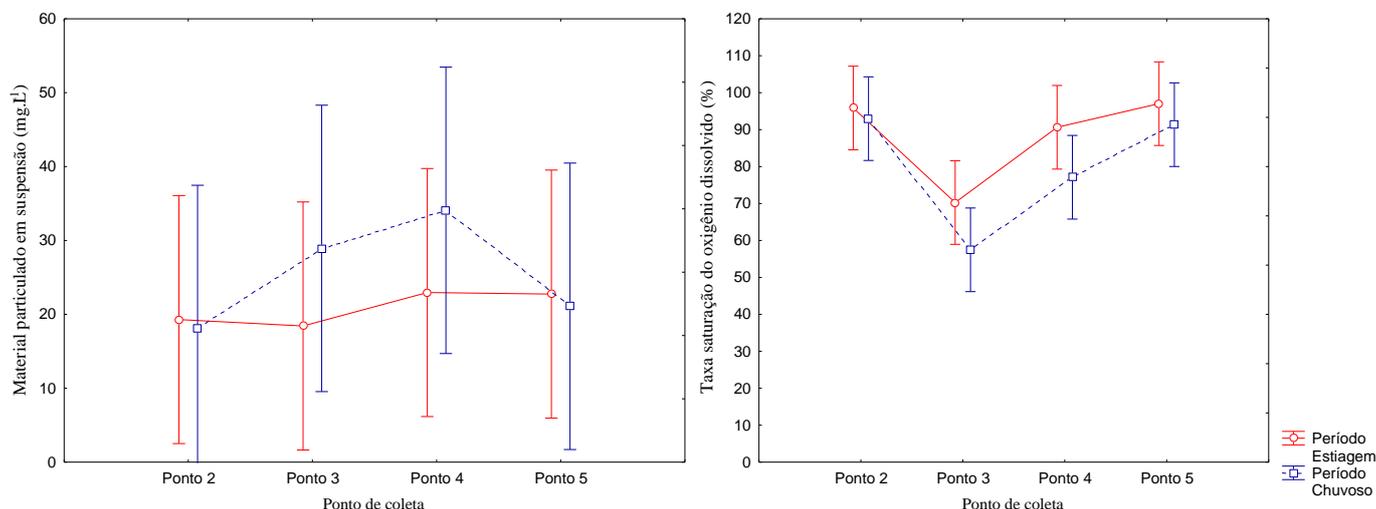


Figura 6 – Material particulado em suspensão e Taxa de saturação do oxigênio na plataforma continental, período estiagem e chuvoso.

Transparência da água (Secchi)

Os menores valores foram encontrados no estuário (P1), variando entre 0,1 m (jul/11) e 0,7 m (set/11). Nos pontos da plataforma variaram entre 0,5 m em P3 (jul/10) e 6 m em P5 (nov/10). Estatisticamente, esse parâmetro apresentou diferença sazonal e espacial, indicando um aumento da transparência da coluna d'água no período de estiagem e nos pontos mais afastados da foz (Tabela 1 e 2).

Nutrientes inorgânicos dissolvidos

No estuário (P1), os nutrientes variaram da seguinte forma: N-amoniaco apresentou o máximo de $22 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (nov/10) e mínimo de $0,98 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/11); nitrito variou entre $10,59 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/10) à valores indetectáveis; nitrato variou entre $34,4 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/10) à valores indetectáveis; fosfato variou entre $14,4 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (maio/10) à $2,92 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/11); silicato apresentou uma variação de $166,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/11) à $13,94 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (nov/10). Para os pontos localizados na plataforma os valores máximos foram todos encontrados no P3, que é o ponto localizado no Porto do Recife. Para N-amoniaco: $8,97 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (nov/10); nitrito: $4,47 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (maio/11); nitrato: $15,82 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (jul/11); fosfato: $6,36 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (nov/10); silicato: $113,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$ (maio/11).

Estatisticamente, a N-amoniacoal não apresentou diferença significativa nem sazonal nem espacial, o nitrito e o nitrato variaram sazonal, com os maiores valores encontrados no período chuvoso, o fosfato apresentou diferença espacial com maiores valores encontrados no P3 e menores no P2 e P5, que são os pontos mais afastados da entrada do porto e o silicato apresentou diferença tanto sazonal como espacial, com maiores valores no período chuvoso e nos pontos próximos a entrada do porto (Figura 7; Tabela 1 e 2).

Clorofila *a*

No estuário (P1), os valores variaram de 145,09 mg.m⁻³ (maio/10) à 4,49 mg.m⁻³ (maio/11).

A biomassa fitoplanctônica não obteve diferença significativa para sazonalidade e espacialidade nos pontos de plataforma. Apesar disso, pode-se observar que as médias do período chuvoso estiveram sempre abaixo do período de estiagem. Para esses pontos, a clorofila-*a* variou de 19,29 mg.m⁻³ no P3 (nov/10) à 0,24 mg.m⁻³ no P5 (mar/11) (Figura 8; Tabela 1 e 2).

ACP

De acordo com a Análise dos Componentes Principais (ACP₁) utilizando apenas os dados dos pontos da plataforma, os dois primeiros fatores explicaram 58,4% das correlações entre os dados abióticos. A primeira componente explicou 41,46%, onde a salinidade correlacionou diretamente com o pH, taxa de saturação do oxigênio e temperatura e inversamente com nitrito e silicato. A segunda componente explicou 16,94, correlacionando diretamente a clorofila *a* com o N-amoniacoal, fosfato e transparência e inversamente com o material particulado em suspensão e nitrato. Foi possível visualizar a formação de dois grupos, um com as amostras do período de estiagem com maior afinidade pela salinidade, taxa de saturação do oxigênio, oxigênio dissolvido, temperatura, transparência e pH e as amostras do período chuvoso relacionada com os nutrientes inorgânicos (Figura 9).

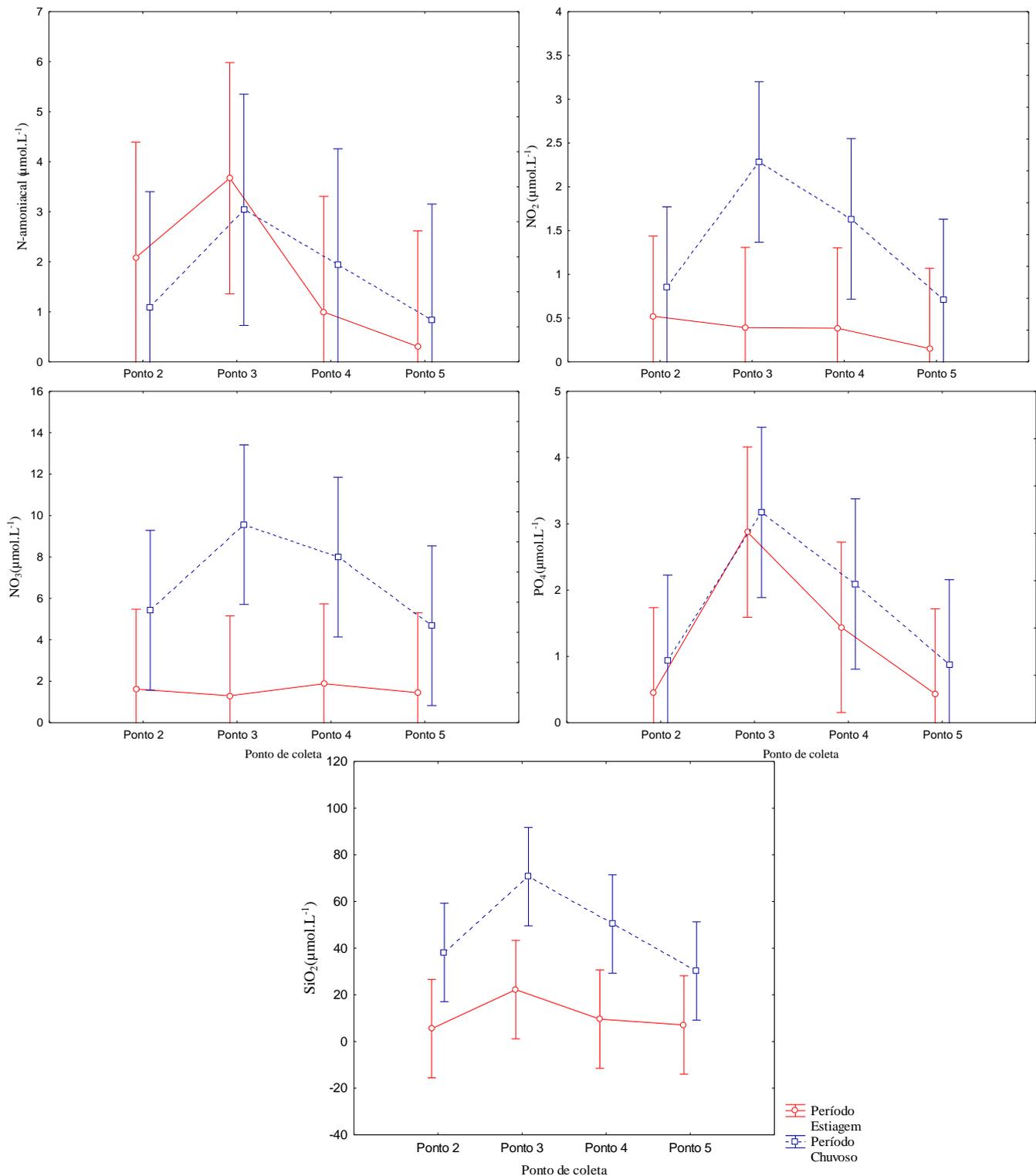


Figura 7 – Concentrações dos nutrientes inorgânicos na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso (ordem: N-amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato e silicato).

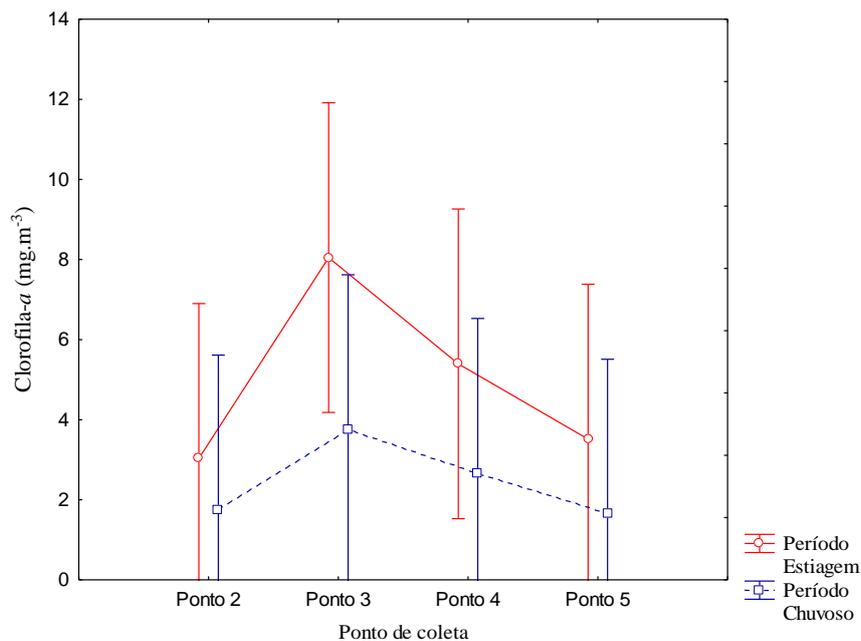


Figura 8 – Concentração da clorofila-*a* na plataforma continental, no período estiagem e chuvoso.

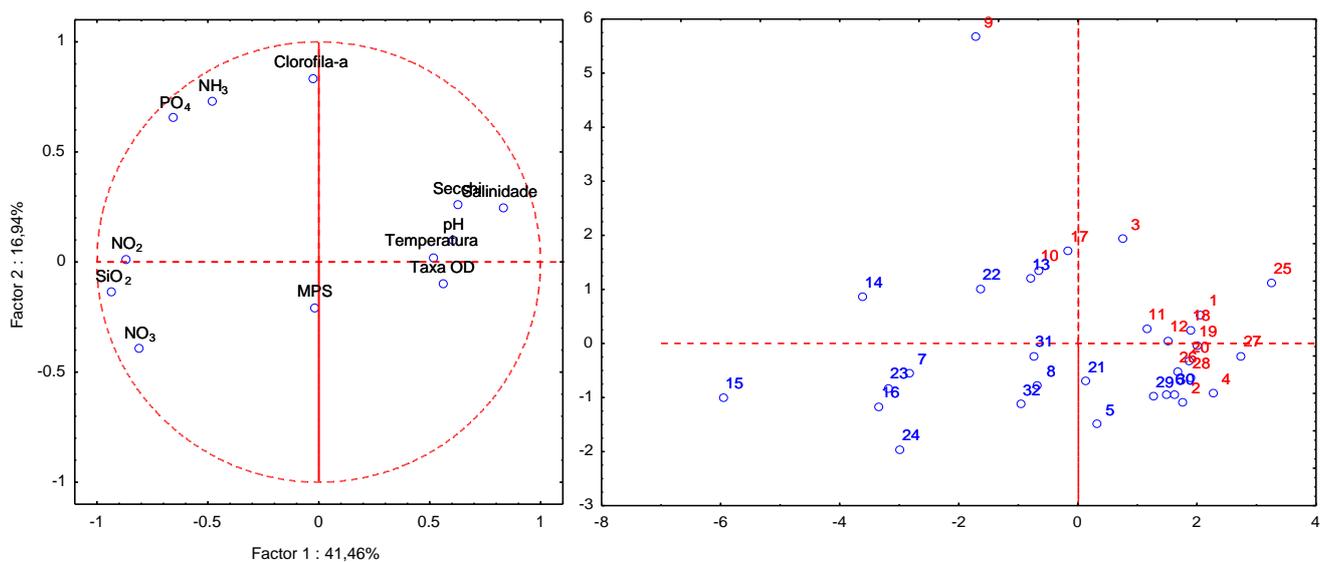


Figura 9 – ACP, análise da plataforma, diferenciando as amostras do período chuvoso e estiagem.

DISCUSSÃO

As características do estuário do rio Capibaribe são controladas, em sua maioria, pela pluviosidade, somado com a vazão do rio, essa influência adentra a área de plataforma continental através da pluma fluvial, podendo modificar as características deste ambiente. Esse parâmetro reflete na qualidade da água, pois através do aporte de materiais terrígenos, contribuem para a manutenção do ambiente adequado a reprodução

e desenvolvimento de espécies. Devido a essa descarga, as regiões marinhas são as mais afetadas por receber a carga produzida nas respectivas bacias de drenagem (Cloern e Jassby, 2008, Marques *et al.*, 2006 e Rabalais *et al.*, 1996.).

Pôde-se observar, no presente trabalho, que o total de chuvas em 2011 esteve 58% acima do encontrado no ano de 2010 e 45,37% acima da média dos últimos 20 anos (1992-2011). No ano de 2011 ocorreram eventos de fortes inundações, afetando principalmente a Região Metropolitana do Recife, esse fato foi em virtude do principal sistema atmosférico (perturbações de Leste) que provoca chuvas no litoral Pernambucano ter atuado com mais frequência e intensidade do que sua climatologia (Anjos *et al.*, 2012).

O grau de influência terrígena na zona costeira está diretamente relacionada à pluviosidade. Segundo Passavante e Feitosa (2004), há dois padrões anuais da biomassa fitoplanctônica para as áreas costeiras do nordeste do Brasil, um ocorre durante o período chuvoso, onde há um desenvolvimento algal devido ao aumento da concentração dos sais nutrientes e disponibilidade de luz, esse fato foi observado por Honorato da Silva *et al.*(2009) no estuário do rio Formoso e Leão *et al.* (2009) no estuário do rio Igarassu. E o outro no período de estiagem, onde a elevação na concentração da biomassa fitoplanctônica pode estar associada com o aumento da camada eufótica, como encontrado por Azevedo, Feitosa e Koenig (2008), no Golfão Maranhense.

Outros autores encontraram diversos fatores que influenciaram no desenvolvimento da biomassa, como direção dos ventos por Fujita e Odebrecht (2007) no estuário da Lagoa dos Passos e regime de marés e características hidrográficas do rio, observado por Grego *et al.* (2009) no estuário do rio Ariquindá.

As chuvas em áreas tropicais causam diferença temporal e regional na vazão do rio, que por sua vez induz alterações em diversos parâmetros, como a salinidade, turbidez, concentrações dos nutrientes, oxigênio dissolvido e produtividade biológica (Santiago *et al.* ,2010).

A transparência da água nos pontos da plataforma variaram sazonal e espacialmente com maiores valores no período de estiagem e no P5, que é o ponto mais afastado da foz. Porém, não foi verificado nenhuma diferença significativa para o material particulado em suspensão, esse mesmo resultado foi encontrado por Noriega *et al* (2013) no Porto do Recife.

Ao acrescentar o estuário (P1), nota-se uma variação espacial no material particulado em suspensão, com maiores valores no período chuvoso, já que as condições ambientais do mesmo é diferente. Esse fato foi comprovado pela ACP, que mostra este parâmetro inversamente relacionado com a transparência, e diretamente com nitrato. Valores próximos foram encontrados na mesma área por Travassos (1991/1993) e Santiago *et al* (2010), no estuário de Barra das Jangadas por Branco (2007).

Outros parâmetros fortemente influenciados pela pluviosidade são a temperatura e salinidade. A temperatura da água nas regiões tropicais é elevada e sua variação é reduzida, possuindo também uma estabilidade temporal (Aidar *et al.*, 1993; Flores Montes, 1996; Agawin *et al.*, 2003).

A área de estudo apresentou variação sazonal com temperaturas maiores ocorrendo no período estiagem e menores no período chuvoso, como registrado por Branco (2007) no estuário de Barra das Jangadas; Costa, Queiroz e Macêdo (1985), em um perfil na plataforma continental em frente ao porto do Recife; e Feitosa, Nascimento e Costa (1999) na Bacia do Pina, e diferente do que Mafalda Jr. *et al.*(2004) encontraram na costa norte da Bahia, onde os maiores valores de temperatura foram registrados no período chuvoso.

Com relação à distribuição vertical da temperatura, nos pontos da plataforma, tanto o mês de nov/10 como o de maio/11, variaram apenas 0,4°C e 0,5°C, respectivamente, e portanto não foi observado durante essas campanhas um estratificação térmica. Valores aproximados foram registrados por Feitosa, Nascimento e Costa (1999), Anjos *et al.* (2012), e Noriega *et al.* (2013) no porto do Recife.

Em se tratando de um ambiente sob forte influência terrígena, a salinidade serve como indicador do encontro de corpos d'água de diferentes procedências e como marcador dos limites inicial e final de um estuário (Feitosa *et al.*, 1999). Esse parâmetro apresentou diferença sazonal significativa, com menores valores encontrados no período chuvoso. Seguindo a classificação do Simpósio de Veneza, realizado em 1959, cuja as classes e intervalos são relatados por Macêdo *et al.*(2004), o estuário (P1), em todo período estudado, apresentou salinidade menor de 17, se caracterizando como um ambiente variando de meso à oligohalino. Resultados semelhantes foram encontrados por Grego *et al.*(2009), Branco (2007), contudo, Anjos *et al.* (2012) na mesma área encontrou valores variando de limnéticos à euhalino, assim como Feitosa, Nascimento e Costa (1999) na Bacia do Pina.

Os pontos da plataforma (P2, P3, P4 e P5) apresentaram regime de salinidade variando entre polihalino e euhalino. As águas classificadas como polihalino (sal <30) é devido a influência da água proveniente da pluma do rio Capibaribe. Foi registrado a presença da pluma nos meses de maio/11 e jul/11 em todos os pontos da plataforma. Em maio/11 o vento predominante foi o de Sul e o de jul/11 foi de Sudeste, o que levam a corrente de deriva para o sentido norte. Vale ressaltar que, a presença do dique de proteção situado na frente do porto do Recife, provoca uma certa perturbação no sentido da corrente de deságue, principalmente, no período de maior vazão (período chuvoso), podendo a pluma influenciar nas áreas localizadas mais ao sul (P2).

A ADCP realizada em maio/11 revela a direção da corrente atingindo todos os pontos (Anexo 1). O P4 registrou influência fluvial também em jul/10 e o P3, por se localizar na saída do porto do Recife, a presença da pluma foi intensa em quase todos os meses, exceto em mar/11 e set/11, período de estiagem onde a média pluviométrica esteve abaixo da média dos últimos 20 anos. A partir dos perfis de CTD, no mês de

nov/10 só foi observado uma estratificação salina em P4 e P5, já em maio/11, devido ao aporte fluvial intenso, foi observado estratificação salina em todo os pontos.

Segundo Noriega *et al.* (2005), no período chuvoso, fatores como descarga fluvial, baixa evaporação e grande volume pluviométrico provocam um maior gradiente vertical, enquanto no verão as águas estão bem misturadas e uniformemente salina. Costa *et al.* (1985) observaram o mesmo na plataforma continental de Pernambuco.

A ACP ratifica essa presença da pluma nos pontos de plataforma ao relacionar inversamente a salinidade com nitrito e silicato e diretamente com o pH, temperatura e taxa de saturação do oxigênio.

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. Em ambientes em processo de eutrofização, por exemplo, as concentrações de oxigênio dissolvido pode ser levado a situações de hipoxia à níveis de anoxia (Esteves, 1998; Mateus, Mateus e Baretta, 2008). Nesse sentido, Macêdo & Costa (1978) elaboraram para os estuários do nordeste um sistema de classificação para caracterizar a qualidade hídrica baseado na taxa de saturação do oxigênio: Zona supersaturada (> 100%); Zona saturada (75 a 100%); Zona de baixa-saturação (50 a 75%); Zona semi-poluída (25 a 50%) e Zona poluída (< 25%).

Na zona estuarina (P1) as médias de oxigênio dissolvido e sua taxa de saturação, do período chuvoso e de estiagem foram: 2,43 e 0,35 mL.L⁻¹, 44% e 7%, respectivamente. Considerando a classificação acima, esse ponto se caracterizou como zona semi-poluída no inverno e zona poluída no verão. Feitosa, Nascimento e Costa (1999), Santiago *et al.* (2010), Santos *et al.* (2009) e Travassos (1991/1993), encontraram teores aproximados na mesma área. Os pontos da plataforma foram classificados como zona saturada. Costa, Queiroz e Macêdo (1985) na plataforma continental próximo ao rio Jaboatão, encontraram águas super saturadas em oxigênio, justificado pelo intenso processo de mistura provocado pelas ondas e correntes de maré, como também o processo fotossintético. Mafalda Jr. *et al.* (2004), encontraram valores sempre saturados na costa norte da Bahia, porém não ocorreu variação sazonal ou espacial, como foi observada no presente trabalho.

Em todos os pontos, o pH se manteve sempre alcalino, o que evidencia uma grande influência marinha na área de estudo, porém no P1 foi registrado os menores valores, chegando a 7,22, e os pontos mais costeiros os maiores valores. Este parâmetro está diretamente ligado à quantidade de dióxido de carbono e oxigênio dissolvido, devido sua relação com a quantidade de matéria orgânica em decomposição (Macêdo, 1974; Santos 2010). A ACP relaciona diretamente o pH com a salinidade, taxa de oxigênio e temperatura e inversamente com o silicato e nitrito. Trabalhos pretéritos na área de estudo encontraram resultados aproximados. (Santos *et al.*, 2009; Feitosa, Nascimento e Costa, 1999; Travassos, 1991/93)

No estuário (P1), como esperado, os valores de nutrientes foram maiores do que àqueles registrados na plataforma. O nitrito, nitrato e silicato tiveram maiores

concentrações no período chuvoso e a N-amoniacal e o fosfato no período de estiagem, possivelmente, em função do lançamento de efluentes domésticos.

Comparando as concentrações registradas neste trabalho com os trabalhos pretéritos na região, Travassos (1991/1993) observou valores de nitrito de $21,56 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nitrato de $62,67$, silicato de $203,36 \mu\text{mol.L}^{-1}$, e o fosfato de $8,38 \mu\text{mol.L}^{-1}$, os nutrientes não apresentaram sazonalidade, exceto o silicato. Feitosa, Nascimento e Costa (1999), registraram valores semelhantes para o fosfato de até $14,82 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e menores para nitrato de até $21,7 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nitrito de $4,38 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e silicato de $93,89 \mu\text{mol.L}^{-1}$, e ainda afirma que um fato importante a ser considerado é que, como não ocorreu estratificação térmica, tornou mais fácil a mistura na coluna d'água e possível dispndimento de sais nutrientes do fundo, favorecendo a comunidade fitoplanctônica.

Por outro lado, Santos *et al.* (2009) encontraram valores muito inferiores do que o registrado nesse trabalho, com o fosfato de $5,06 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e silicato de $28,36 \mu\text{mol.L}^{-1}$ em maiores concentrações no período de estiagem. Apesar das variações dos valores com relação ao encontrado neste trabalho, acredita-se que este estuário esteja em forte processo de eutrofização.

Nos pontos mais costeiros, as concentrações dos nutrientes foram mais baixas em relação ao estuário. A influência do aporte fluvial sobre a distribuição dos nutrientes e matéria orgânica nos sistemas estuarinos e área costeira, geralmente resultam na diminuição nas concentrações destes compostos com o aumento da salinidade (Gajo *et al.*, 2005; Nascimento *et al.*, 2003; Schettini, Pereira-Filho e Spilere, 2000).

Fato este comprovado pela ACP, que relacionou diretamente o nitrito e silicato entre si e inversamente com salinidade, taxa de saturação do oxigênio, pH e temperatura. E a clorofila *a* com o N-amoniacal, fosfato inverso com nitrato. A relação inversa principalmente do nitrito com a taxa de saturação do oxigênio, pode ser explicado pelo processo de decomposição da matéria orgânica que explica estas variações, influenciado por um incremento de compostos orgânicos neste ambiente, os quais são decompostos aerobicamente, diminuindo a concentração de oxigênio nestas águas. O aumento ter sido mais pronunciado para o nitrito evidencia a ocorrência do consumo de oxigênio também pelo processo da nitrificação (Kuroshima e Bellotto, 2009).

Com relação a concentração dos nutrientes, o silicato foi o que apresentou valores mais elevados, seguido do nitrato, fosfato, N-amoniacal e nitrito, e um aumento destes nas salinidades mais baixas. Ao comparar os teores de nutrientes encontrados neste trabalho com os registrados por Braga *et al.* (2000) no mar adjacente na Baixada Santista, os pontos da plataforma continental estiveram muito mais elevados comprovando assim a influência continental nesses pontos. Azevedo, Feitosa e Koenig (2008), no Golfão Maranhense, encontraram teores elevados para N-amoniacal ($26,45 \mu\text{mol.L}^{-1}$) e menores para nitrito ($0,25 \mu\text{mol.L}^{-1}$), nitrato ($3,53 \mu\text{mol.L}^{-1}$), fosfato ($0,58 \mu\text{mol.L}^{-1}$). Já, Mafalda Jr, Souza e Silva (2003) na Baía de Todos os Santos, encontraram valores compatíveis com área oligotróficas.

A clorofila *a*, associada com alguns parâmetros físicos e químicos, funcionam como ferramentas auxiliando na detecção de possíveis alterações na qualidade das águas, bem como avaliar tendências ao longo do tempo, que resultem em modificações no habitat, estrutura trófica ou no comportamento dos organismos aquáticos. Sendo obrigatório a sua avaliação em trabalhos de monitoramento ambiental (Ancona *et al.*, 2006; Smith, 2007)

As concentrações de clorofila *a* observadas na área estuarina (P1) foram muito mais elevadas do que as verificadas na plataforma devido a intensa ação antrópica exercida neste ambiente. De acordo com a ACP, a clorofila *a* mostrou relação inversa com o material particulado em suspensão e nitrato e direta com N-amoniaco, fosfato e transparência.

Ocorrências de florações algálicas e altos valores de clorofila *a* foram registrados neste trabalho e em trabalhos pretéritos na área, como o encontrado por Travassos (1991) no rio Capibaribe (297,02 mg.m⁻³), Feitosa, Nascimento e Costa (1999) na bacia do Pina (256,10 mg.m⁻³) e Santos *et al.* (2009) na bacia portuária (187,37 mg.m⁻³), Flores-Montes *et al.* (2011) e Paulo *et al.* (2011) na bacia portuária (164 mg.m⁻³). Diferente do encontrado por Resurreição, Passavante e Macêdo (1996), em frente ao Porto do Recife (32,29 mg.m⁻³) que é uma elevada concentração em se tratando de plataforma e Anjos *et al.* (2012) no estuário do rio Capibaribe (52,69 mg.m⁻³).

Apesar da clorofila *a* não ter apresentado uma diferença significativa para sazonalidade, observa-se concentrações maiores no período de estiagem. Anjos *et al.* (2012), Feitosa e Passavante (1990), e Resurreição, Passavante e Macêdo (1996) também encontraram maiores valores da biomassa fitoplanctônica no período de estiagem, devido ao aumento da camada eufótica.

Nos pontos de plataforma, foi observado maiores concentrações em todos os pontos no mês de nov/10, possivelmente devido ao aumento da concentrações da N-amoniaco. Fato este destacado na ACP, que relaciona diretamente a clorofila *a* com N-amoniaco.

Elevadas concentrações de clorofila *a* em áreas fortemente impactadas, foram observados por Ancona *et al.*, (2006), na baía de Santos (153,77 mg.m⁻³) e para o estuário (315,2 mg.m⁻³), confirmando que a região apresenta um caráter fortemente eutrófico. Guenther *et al.* (2012) na baía de Guanabara/RJ registrou concentrações de 140,0 mg.m⁻³. Azevedo, Feitosa e Koenig (2008) no Golfão Maranhense encontrou valores de 72,23 mg.m⁻³.

Por outro lado, Mafalda Jr. *et al.* (2003;2004) na Baía de Todos os Santos e na costa norte da Bahia, verificaram concentrações inferiores, com médias entre 0,13 mg.m⁻³ à 2,8 mg.m⁻³, sendo característico de ambiente oligotrófico. Souza *et al.*, (2009), analisando a variação temporal do fitoplâncton na zona costeira do Pará, observaram valor máximo de 8,70 mg.m⁻³ e Wang (2006) no ecossistema costeiro do leste do mar da

China, registrou um elevação ao decorrer de 22 anos, variando de 2 mg.m⁻³ (1980) à 9 mg.m⁻³ (2002), inclusive provocando várias florações algáticas ao longo desse período.

Segundo Noriega *et al.* (2013), pesquisas anteriores no porto do Recife e estuário adjacente mostra que pluviosidade e conseqüentemente o aporte dos rios Beberibe, Capibaribe e as águas da Bacia do Pina, são capazes de afetar a área do porto e produzir mudanças temporais e espaciais na dinâmica das águas costeiras e na biomassa fitoplanctônica, como foi observado neste presente trabalho.

CONCLUSÃO

Levando-se em consideração a classificação da qualidade das águas costeiras de Vollenweider e Kerekes (1982), a plataforma adjacente ao porto do Recife, mostrou variar entre eutrófica nos pontos mais centrais (P3 e P4) e oligotrófica nos pontos mais afastados (P2 e P5). Contudo, vale ressaltar que há certos momentos a depender da vazão dos rios ela pode atingir níveis eutróficos como consequência do excessos de efluentes domésticos que são lançados no ambiente.

A clorofila *a* atingiu níveis de concentração muito elevados sendo característico de ambientes em elevado processo de eutrofização antrópica (poluída) destacando-se ainda pela relação direta com os nutrientes N-amoniaco e o fosfato;

A pluma do rio capibaribe ao sair do porto do Recife sofre uma certa perturbação no sentido da corrente, devido à presença de um dique artificial de proteção, o que faz com que a pluma se situe mais próxima à costa. Além disso, provoca uma zona de mistura que chega a influenciar todos os pontos da plataforma.

As altas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos na água, os baixos teores de oxigênio dissolvido e altos índices de clorofila *a* indicam que a zona estuarina encontra-se em elevado processo de eutrofização antrópica (poluída) e seus efeitos foram percebidos na plataforma continental.

LITERATURA CITADA

- Abessa, D.M., Rachid, B.R.F., Moser, G.A.O. e Oliveira, A.J.F.C., 2012. Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissário submarinos: uma revisão. *Mundo da saúde*, 36(4), 643-661
- Ancona, C.M., Saldanha-Corrêa, F.M.P, Stephan, M e Giancesella, S.M.F., 2006. Variação espaço-temporal da biomassa no estuário e baía de Santos. In: Braga, E.S. *Oceanografia e mudanças globais*. III simpósio brasileiro de oceanografia, Editor Instituto Oceanográfico de São Paulo, pp 3-12.
- Agawin, N.S.R., Duarte, C.M., Agustí, S. e Mcmanus, L., 2003. Abundance, biomass and growth rates of *Synechococcus* sp. In a tropical coastal ecosystem (Philippines, South China Sea). *Estuarine Coastal Shelf Science*, 56, 493-502.

- Aidar, E., Gaeta, S.A., Giancesella-Galvão, S.M.F., Kutner, M.B.B. e Teixeira, C., 1993. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba SP. *Publ. Esp. Inst. Oceanogr*, 10, 9-13.
- Anjos, D.L.; Passavante, J.Z.O.; Silva-Cunha, M.G.G., E Honorato da Silva, M., 2012. Biomassa fitoplanctônica correlacionada aos fatores hidrológicos no estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, 40(1), 167-184.
- Araújo, M., Medeiros, C. e Ribeiro, C., 1999. Energy balance and time-scales of mixing and stratification in the Jaboatão estuary, NE-Brazi. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 47(2), 145-154.
- Azevedo, A.C.G., Feitosa, F.A.N. e Koenig, M.L., 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3), 870-877.
- Baumgarten, M. G. Z.; Rocha, J. M. B. e Niencheski, L. F. H., 1996. *Manual de análises em oceanografia química*. Rio Grande: Editora da FURG, 132p.
- Braga, E., Bonetti, C.V.D.H., Burone, L. e Bonetti-Filho, J., 2000. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system – Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 40(2), 165-173.
- Braga, E. S., Weber, R. R. e Bicego, M. C. 1998. Relatório do Sub- Projeto Oceanografia Química do Projeto PADCT-Importância e caracterização da quebra da plataforma para recursos vivos e não-vivos. *FAPESP n. 96/09333-5*, 50p.
- Branco, E.S., 2007. *Influência das variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica estuarina*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 266p.
- Cloern, J.E. e Jassby, A.D., 2010. Patterns and Scales of Phytoplankton Variability in Estuarine-Coastal Ecosystems. *Estuaries and Coasts*, 33, 230-241.
- Costa, K.M.P.; Queiroz, C.M., e Macêdo, S.J., 1985. Hidrologia e plankton da Plataforma Continental de Pernambuco 1. Variação das características físico-químicas da água. In: *Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro III*, Fortaleza, 337-371.
- Esteves, F. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2º Ed. Rio de Janeiro, Interciência. 602p.
- Feitosa, F.A.N.; Nascimento, F.C.R., e Costa, K.M.P., 1999. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na Bacia do Pina (Recife-PE). *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 27(2), 1-13.
- Feitosa, F.A.N., Silva-Cunha, M.G.G., Passavante, J.Z.O., Neumann-Leitão, S. e Correia Lins, I., 1999. Estrutura do microfitoplâncton no sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trab. Ocean. UFPE*, 27(2), 15-25.

- Flores Montes, M., 1996. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz (Itamaracá, PE). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, dissertação de mestrado, 119p.
- Flores Montes, M., Paulo, J., do Nascimento, G., Gaspar, F., Feitosa, F., Santos, A., Batista, T., Travassos e R., Pitanga, M., 2011. The Trophic Status of an Urban Estuarine Complex in Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*, (SI-64), 408–411.
- Fujita, C.C. e Odebrecht, C., 2007. Short term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the Patos Lagoon estuary (Southern Brazil). *Atlântica*, 29(2), 93-106.
- Gago J et al. 2005. Continental Inputs of C, N, P e Si Species to the Ría de Vigo (NW Spain). *Estuar Coast Shelf Sci*, 65,74–82.
- Grasshoff, K.; Ehrhardt, M. e Kremling, K., 1983. (Ed.) *Methods of seawaters analysis*, Verlag Chemie, 2ª edição. 419p.
- Grego, C. K. S.; Feitosa, A.N.; Silva, M.H.; Cunha, M.G.G.S, e Filho, G.A.N., 2009. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. *Atlântica*, 31(2), 183 -198.
- Guenther, M. ; Lima, I. ; Mugarbe, G ; Tenenbaum, D. R. ; Gonzalez-Rodriguez, E. e Valentin, J. L., 2012. Small time scale plankton structure variations at the entrance of a tropical eutrophic bay (Guanabara bay, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography* ,60, 405-414.
- Honorato Silva, M.; Passavante, J.Z.O.; Silva-Cunha, M.G.G.; Nascimento-Vieira, D.A.; Grego, C.K.S., e Muniz, K., 2004. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, 32(1), 89-106.
- Kuroshima, K.N e Belloto, V.R., 2009. Dinâmica dos nutrientes inorgânicos e orgânicos na Foz do Rio Itajaí-Açú. In: Branco, J.O., Lunardon-Branco, M.J. e Bellotto, V.R. (org.). *Estuário do Rio Itajaí-Açú, Santa Catarina: caracterização ambiental e alterações antrópicas*. Editora Univali, Itajaí, SC, 312p.
- Leão, B.M.; Passavante, J.Z.O., Silva-Cunha, M.G.G.e Santiago, M.F., 2008. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3), 711-722.
- Macêdo, S. J.; Muniz, K., e Flores Montes, M. J., 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do Estado de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitao, S.; Costa, M. F. (eds.) *Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, 255-286p.

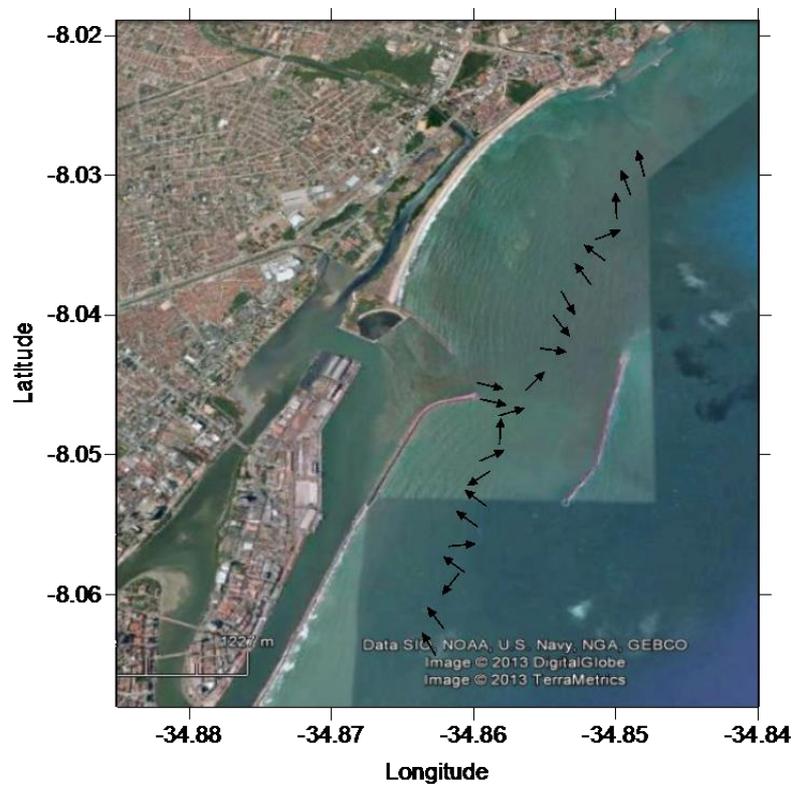
- Macêdo, S.J. e Costa, K.M.P., 1978. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco – Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. *Ciência e Cultura*, 30(7), 368.
- Mafalda Jr., P.O.; Sinque, C.; Brito, R.R.C. e Santos, J.J., 2004. Biomassa planctônica, hidrografia e pluviosidade na costa norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, 32(2), 143-158.
- Mafalda Jr., P.O., Souza, P.M.M. e Silva, E.M., 2003. Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, 31(1), 31-51;
- Marques, C.W.; Monteiro, I.O.; Möller, O. e Fernandes, E.H., 2006 A dinâmica da pluma costeira da Lagoa dos Patos, Brasil. *In: Seminário e workshop em engenharia oceânica II*, Rio Grande, <http://repositorio.furg.br:8080/1/946>.
- Mateus, M., Mateus, S., e Baretta, J.W., 2008. Basic concepts of estuarine ecology. *In: Neves, R., Baretta, J.W. e Mateus, M. (eds.). Perspectives on integrated coastal zone management in south America*. Ist Press, 3-14p.
- Nascimento, F.C.R.; Muniz, K.; Feitosa, F.A.N.; Araújo, J.P.; Silva, R.M.S.; Silva, G.S., e Montes, M.J.F., 2003. Disponibilidade nutricional da Bacia do Pina e rio Tejipió (Recife-PE-Brasil) em relação aos nutrientes e biomassa primária (setembro/2000). *Tropical Oceanography*, 31(2), 149-169.
- Noriega, C.E.D., Santiago, M.F., Façanha, P., Silva-Cunha, M.G.G., Silva, R.A., Flores Montes, M., Araújo, M., Costa, K.M.P., Eskinazi-Leça, E. e Neumann-Leitão, S., 2013. The instantaneous transport of inorganic and organic material in a highly polluted tropical estuary. *Marine and Freshwater Research*, 64(6) 562-572.
- Noriega, C. E. D.; Costa, K. M. P.; Feitosa, F. A. N.; Montes, M. J. F.; Grego, C. K. S.; Soares, G. S. S., e Silva, H. P., 2005. Distribuição espacial da biomassa fitoplanctônica e sua relação com os sais nutrientes, no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Pernambuco – Brasil). *Arquivos de Ciência do Mar*, 38 (2005), 5-18.
- Passavante, J.Z.O. e Feitosa, F.A.N., 2004. Dinâmica da Produtividade Fitoplanctônica na Zona Costeira Marinha. *In: Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., e Costa, M.F. (eds.), Oceanografia: um cenário tropical*. Bagaço, 425-440p.
- Paulo, J.G., Flores Montes, M.J., Santos Júnior, A.C., Batista, T.N.F., Travassos, R.K., Nascimento Filho, G.A., Feitosa, F.A., Gaspar, F.L. e Pitanga, M.E., 2011. Allochthonous and autochthonous organic matter in na urban tropical estuarine área of northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, (SI 64), 1798-1801.
- Porto do Recife. <http://www.portodorecife.pe.gov.br/caracteristicas.htm>
- Rabalais, N. N.; Tumer, R. E.; Justic, D.; Dortch, Q.; Wiseman, W. J., e Sem Gupta, B. K., 1996 Nutrient changes in the Mississippi river and system responses on the adjacent continental shelf. *Estuaries*, 19, 386-407

- Resurreição, M.G.; Passavante, J.Z.O. e Macêdo, S.J., 1996. Estudo da Plataforma Continental na área do Recife (Brasil): variação sazonal da biomassa fitoplanctônica (08°03'38'' lat. S; 34°42'28'' à 34°52'00'' long. W.). *Trabalhos Oceanográficos Universidade Federal de Pernambuco*, 24, 39-59.
- Santiago, M.F., Silva-Cunha, M.G.G., Neumann-Leitão, S., Costa, K.M.P., Palmeira, G.C.B., Porto Neto, F.F. e Nunes, F.S., 2010. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(3), 189-205.
- Santos, M.L.S e Muniz, K., 2010. Variação nictemeral de parâmetros abióticos e clorofila *a* em uma estação oceanográfica na plataforma continental do Amazonas. *Atlântica*, 32(2), 237-246.
- Santos, T. G.; Bezerra-Júnior, J. L.; Costa; K. M. P. e Feitosa, F. A. N., 2009. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 4(1), 95-109.
- Schettini CAF, Pereira Filho J e Spilire, LC.,2000. Caracterização Oceanográfica e Biogeoquímica dos Estuários dos Rio Tavares e Defuntos, Reserva Extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC, Brasil, *N Tecn da Facimar* 4, 11–28.
- Secretaria de Recursos Hídricos do estado de Pernambuco (SRHE), 2010. *Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe*. pp389. <http://www.sirh.srh.pe.gov.br/hidroambiental/files/capibaribe/TOMO%20III%20-%20Relatorio%20Planos%20de%20Investimentos-26%2007%2011.pdf>.
- Smith, V.H., 2007. Using primary productivity as an index of coastal eutrophication: the units of measurement matter. *Journal of Plankton Research*, 29(1), 1-6.
- Souza, E.B., Costa, V.B., Pereira, L.C.C. e Costa, R.M., 2008. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta. Botanica Brasilica*, 23(4), 626-636.
- Stacey, M.T., Cowen, E. C., Powell, T.M., Dobbins, E. Monismith, S.G e Koseff, J.,1999. Plume dispersion in a stratified, near-coastal flow: measurements and modeling *Continental Shelf Research* 20 (2000), 637-663.
- Strickland, J. D. H. e Parsons, T. R., 1972. A practical handbook of seawaters analysis. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, 167, 207-211.
- Travassos, P. E. P. F. Hidrologia e Biomassa primária do fitoplâncton no estuário do rio Capibaribe, Recife, Pernambuco. 1991.Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Oceanografia, Centro de Ciências Tecnológicas e Geociências, Recife:Tese, 286f.
- Travassos, P. E. P. F.; Macêdo e S. J.; Koenig, M. L., 1991/93. Aspectos hidrológicos do estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Trabalhos Oceanográficos Univ. Fed. PE*. 22. 9-38.

- Unesco, 1973. *International Oceanographic Table*. Great Britain Wormly 2, 141 p.
- Unesco, 1966. *Determination of photosynthetic pigments in sea waters*. Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meet from 4 to 6 June 1964. Paris, (Monographys on Oceanology Methodology). 66 p.
- Valiela, I. 1995. *Marine ecological processes* (2nd. Edition). Springer Verlag, New York. 686 p.
- Vollenweider, R.A. e Kerekes, J.,(eds),. 1982. *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. Report of the OECD cooperative program on Eutrophication. Organization for the Economic Development and Co-operation, Paris. 156 p.
- Wang, B., 2006. Cultural eutrophication in the Changjiang (Yantze River) plume: history and perspective. *Estuarine, coastal and shelf science*, 69, 471-477.

ANEXOS

Anexo 1



Anexo 1 – Imagem da direção das correntes (ADCP) no mês de maio de 2011, na plataforma.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso nos pontos referentes a Plataforma Continental (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão) e análise estatística ANOVA fatorial (sazonal e espacial), *P≤ 0.05.

Parâmetros	Estiagem		Chuvoso		ANOVA Fatorial (p)		
	Max/Min	Média/D.P.	Max/Min	Média/D.P.	Espacial	Sazonal	Espacial*Sazonal
Clorofila-a (mg.m⁻³)	19,29/0,24	4,99/±5,01	5,2/0,78	2,45/±1,49	0,08	0,13	0,93
Salinidade	36,36/27,80	34/04/±2,30	35,29/12,65	24,81/±7,73	0,17	0,00*	0,49
Oxigênio dissolvido (ml.L⁻¹)	5,01/2,63	3,9/±0,68	4,7/1,73	3,78/±0,74	0,37	0,00*	0,75
Taxa de Saturação O₂ (%)	114,08/60,04	88,45/±15,54	101,28/35,58	79,73/±17,06	0,04*	0,00*	0,58
pH	8,45/7,97	8,15/±0,15	8,41/7,31	8,07/±0,34	0,42	0,42	0,92
Material particulado em suspensão (mg.L⁻¹)	35/3,6	20,85/±12,21	55,6/4,4	25,55/±17,80	0,73	0,66	0,87
N-amoniaco (µmol.L⁻¹)	8,97/0	1,76/±2,91	4,95/0	1,73/±1,43	0,056	0,34	0,88
Nitrito (µmol.L⁻¹)	1,64/0	0,36/±0,44	4,47/0,17	1,37/±1,22	0,25	0,00*	0,45
Nitrato (µmol.L⁻¹)	3,16/0	1,56/±0,90	15,81/1,5	6,9/±5,06	0,74	0,00*	0,76
Fosfato (µmol.L⁻¹)	6,35/0,09	1,29/±1,70	4,24/0,26	1,76/±1,25	0,02*	0,09	0,99
Silicato (µmol.L⁻¹)	41,49/1	11,12/±11,11	113,6/10	47,34/±28,97	0,04*	0,00*	0,87
Profundidade (m)	13,5/6,8	9,25/±1,85	11,7/3,5	9,08/±2,37	—	—	—
Temperatura (°C)	29,5/27,1	28,71/±1,01	28/26	27,26/±0,52	0,00*	0,00*	0,00*
Secchi (m)	6/1,5	2,89/±1,49	1,8/0,5	27,26/±0,52	0,00*	0,00*	0,25

Tabela 2 Valores dos parâmetros no período de estiagem e chuvoso no estuário (P1) (Max=Máximo, Min=Mínimo, Média e D.P=desvio padrão)

Parâmetros	Estiagem		Chuvoso	
	Max/Min	Média/D.P.	Max/Min	Média/D.P.
Clorofila-a (mg.m⁻³)	50,34/13,48	37,12/±16,75	145,09/4,49	46,71/±66,25
Salinidade	16,30/10,69	12,85/±2,70	13,45/0,16	3,64/±6,53
Oxigênio dissolvido (ml.L⁻¹)	0,60/0,11	0,35/±0,21	4,35/0,59	2,43/±2
Taxa de Saturação do oxigênio dissolvido (%)	12,44/2,42	7,03/4,3	78,33/10,66	44,13/±35,63
pH	7,41/7,22	7,32/±0,09	8,52/7,25	7,93/±0,62
Material Particulado em Suspensão (mg.L⁻¹)	62,8/18,6	45,8/±20,56	210,90/63,68	120,05/±79,44
N-amoniacoal (µmol.L⁻¹)	22/2,32	10,52/±8,29	17,14/0,98	5,76/±7,63
Nitrito(µmol.L⁻¹)	0,47/0	0,17/±0,22	10,59/0,07	4,95/±4,83
Nitrato(µmol.L⁻¹)	7,1/0,19	2,20/±3,28	34,40/0	15,09/±15,02
Fosfato(µmol.L⁻¹)	13,52/3,12	9,77/±4,70	14,4/2,92	7,2/±5,03
Silicato(µmol.L⁻¹)	91,4/13,94	62,08/±33,6	166,1/32,3	87,94/±62,81
Profundidade (m)	1,6/1,1	1,33/±0,25	8,8/1,5	3,32/±3,67
Temperatura (°C)	30,5/29	29,66/±0,76	28,9/27,05	27,88/±0,95
Secchi (m)	0,7/0,35	0,46/±0,16	0,25/0,1	0,18/±0,07