

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

RAQUEL CORREIA DE ASSIS MACHADO

ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E HIDROLOGIA DO
ECOSSISTEMA RECIFAL DE PORTO DE GALINHAS (PERNAMBUCO-BRASIL)

RECIFE 2015

RAQUEL CORREIA DE ASSIS MACHADO

ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E HIDROLOGIA DO
ECOSSISTEMA RECIFAL DE PORTO DE GALINHAS (PERNAMBUCO-BRASIL)

Tese apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em Oceanografia pela
Universidade Federal de Pernambuco

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do
Nascimento Feitosa

Corientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Luise Koenig

RECIFE 2015

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicea Alves, CRB-4 / 1260

M149e Machado, Raquel Correia de Assis.
Estrutura da comunidade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema
recifal de Porto de Galinhas (Pernambuco-Brasil) / Raquel Correia de Assis
Machado. - Recife: O Autor, 2015.
121 folhas, il., e tabs.

Orientador: Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Luise Koenig.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2015.
Inclui Referências e Anexos.

1. Oceanografia. 2. Fitoplâncton. 3. *Ostreopsis ovata*. 4. Clorofila a.
5. Índice TRIX. 6. Recifes de Arenito. I. Feitosa, Fernando Antônio do
Nascimento.(Orientador). II. Koenig, Maria Luise.(Coorientadora) III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2015-144

ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E HIDROLOGIA DO
ECOSSISTEMA RECIFAL DE PORTO DE GALINHAS (PERNAMBUCO-BRASIL)

Raquel Correia de Assis Machado

Defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2015

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

Prof. Dr. Marcos Honorato da Silva – Titular Externo
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)

Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante - Titular Interno
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes - Titular Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Prof^a. Dr^a. Flávia Marisa Prado Saldanha-Corrêa – Titular Externo
(Universidade de São Paulo - USP)

Prof^a. Dr^a. Sigrid Neumann-Leitão – Suplente Interno
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

Dr^a. Rafaella Brasil Bastos – Suplente Externo
(Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

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

AGRADECIMENTOS

A minha filha Clara por preencher minha vida de amor e alegria.

Ao meu esposo e meu amado Luis Alberto (Lulinha) por todo amor, incentivo e paciência com o estresse de provas, trabalhos e tese.

A minha mãe Silvia Helena C. de Assis que é responsável pela pessoa que sou e sempre torceu por todas as minhas conquistas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa, por todos os ensinamentos, dedicação, paciência e também por todas as brincadeiras e risos que fazem o nosso laboratório e o departamento como um todo mais alegre.

A minha co-orientadora Profa. Dra. Maria Luise Koenig pela confiança, paciência e por todos os aconselhamentos ao longo deste trabalho.

A Rafaella Brasil Bastos e Marina Cavalcanti Jales pela amizade e por todo companheirismo, ajuda e conhecimentos repassados nas coletas e no desenvolver deste trabalho.

A todos que fazem o laboratório de fitoplâncton Prof. Zanon Passavante, Profa. Maria da Glória Silva-Cunha, Marcos Honorato, entre outros que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho ou para os momentos de descontração durante os dias de trabalho.

A todos do laboratório de química do Departamento de Oceanografia pela ajuda nas análises das amostras hidrológicas.

A todos os que fazem o Departamento de Oceanografia da UFPE, professores e servidores, pelo conhecimento e ajuda desde o período do curso de especialização.

A secretária do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Myrna Lins Medeiros por todo apoio e amizade.

Aos meus irmãos Carlos Alberto e Wilkie Júnior, que sempre admiraram meu esforço, mesmo sem ter conhecimento sobre o assunto tratado.

A minha avó, Helena Assis, que sempre apoiou e incentivou ao longo de toda minha vida.

Aos meus sogros, Cristina e Luis Alberto Ledebour, pelo carinho e apoio.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

RESUMO

A praia de Porto de Galinhas, situada no litoral sul de Pernambuco, Brasil, cerca de 50 km de Recife, possui recifes de arenito do tipo franja e é alvo de intensa atividade turística. Com o intuito de avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua dinâmica associada com as variáveis ambientais no ecossistema recifal de Porto de Galinhas, amostras de água foram coletadas em quatro meses dos períodos chuvoso (maio, junho, julho e agosto de 2010) e de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011), na superfície, em quatro pontos fixos, na preamar e baixa-mar, em marés de sizígia diurna. A pluviosidade seguiu a curva dos 15 anos anteriores, porém o mês de junho apresentou pluviosidade acima da média devido a um intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL). A transparência variou entre 0,63 e 6,5m, a temperatura variou entre 25 e 29°C, a salinidade de 27 a 38, a taxa de saturação do oxigênio dissolvido de 87,80 a 135,28%, o nitrito foi $<0.5\mu\text{mol.L}^{-1}$, o nitrato variou entre 0.1 e $5\mu\text{mol.L}^{-1}$, o N-amoniaco foi $<0.97\mu\text{mol.L}^{-1}$, o fosfato foi $<0.39\mu\text{mol.L}^{-1}$ e o silicato foi $<39.2\mu\text{mol.L}^{-1}$; a clorofila *a* variou entre 0,42 e 5.66mg.m^{-3} e o índice trófico TRIX entre 0,98 e 3,46. A pluviosidade foi o principal fator condicionante nas variações ambientais. De acordo com a análise de componentes principais (ACP), a pluviosidade foi a forçante física mais importante para o sistema influenciando diretamente a clorofila *a* e nitrato e inversamente a transparência e salinidade. A estrutura da comunidade fitoplanctônica também oscilou em função da sazonalidade, além disso, apresentou maior densidade no período chuvoso. Foram identificados 192 táxons, pertencentes a 6 divisões, sendo Ochrophyta (64,6%) a mais representativa, seguida por Dynophyta (19,3%). *Ostreopsis ovata*, *Trichodesmium erythraeum*, *Protoperdinium bispinum*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira leptopus* e *Fragilaria capucina* foram as espécies mais representativas do ambiente. *O. ovata* se destacou por ser a única espécie muito frequente e dominante. O DOL contribuiu para a ocorrência de grande parte das espécies dulciaquícolas que ocorreram no local. O ambiente caracterizou-se como oligotrófico, tendendo a mesotrófico no período chuvoso. O elevado número de táxons, associado a uma alta equitabilidade foram indicativos de equilíbrio ambiental. A interferência continental pôde ser percebida através da variação dos parâmetros abióticos, assim como da variação na estrutura da comunidade fitoplanctônica. Apesar da área recifal sofrer forte pressão antrópica, esse impacto ainda não foi perceptível no ambiente pelágico.

Palavras-chave: Fitoplâncton. *Ostreopsis ovata*. Clorofila *a*. Índice TRIX. Recifes de Arenito.

ABSTRACT

Porto de Galinhas beach located on the south coast of Pernambuco, Brazil, around 50 km from Recife, has sandstone fringing reefs and an intense tourist activity. To evaluate environmental quality, the phytoplankton structure and some hydrological parameters were analyzed. Water samples were collected from the surface at four fixed collection points at high and low tides and diurnal spring tides during four months of both rainy (May, June, July and August 2010) and dry seasons (October, November and December 2010 and January 2011). Rainfall was similar to the previous 15 years, but June had rainfall above average due to intense Easterly Waves (DOL). Transparency ranged from 0.63 to 6.5m, temperature ranged from 25 to 29°C, salinity ranged from 27 to 38, oxygen saturation ranged from 87.80 to 135.28%, nitrite was $<0.5\mu\text{mol.L}^{-1}$, nitrate ranged from 0.1 to $5\mu\text{mol.L}^{-1}$, N-ammonia was $<0.97\mu\text{mol.L}^{-1}$ phosphate was lower than $0.39\mu\text{mol.L}^{-1}$, silicate was $<39.2\mu\text{mol.L}^{-1}$; chlorophyll *a* ranged from 0.42 to 5.66mg.m^{-3} and TRIX index ranged from 0.98 to 3.46. Rainfall was the main driver in environmental variations. According to principal component analysis (PCA), rainfall was the most important physical forcing to the system, presenting direct correlation with chlorophyll *a* and nitrate and inverse correlation with the transparency and salinity. The phytoplankton community structure also fluctuated as a result of seasonality, besides, phytoplankton density was higher during the rainy season. A total of 192 taxa were identified belonging to 6 phyla, being Ochrophyta the most representative (64.6%), followed by Dynophyta (19.3%). *Ostreopsis ovata*, *Trichodesmium erythraeum*, *Protooperidinium bispinum*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira leptopus* and *Fragilaria capucina* were the most representative species of the environment. *O. ovata* was the only species very common and dominant. The easterly waves contributed to the occurrence of most freshwater species occurring on site. The environment was characterized as oligotrophic and mesotrophic tending to the rainy season. The high number of taxa associated with a high evenness were indicative of environmental balance. The continental interference could be observed by varying the abiotic parameters as well as the change in the phytoplankton community structure. Despite the reef area have strong human pressure, this impact was not yet noticeable in the pelagic environment.

Keywords: Phytoplankton. *Ostreopsis ovata*. Chlorophyll *a*. TRIX index. Beachrocks.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	HIPÓTESE	15
3	OBJETIVOS.....	15
3.1	GERAL.....	15
3.2	ESPECÍFICOS	15
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
5	MANUSCRITO I.....	20
	RESUMO	20
	INTRODUÇÃO.....	21
	ÁREA ESTUDADA.....	22
	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
	RESULTADOS	25
	DISCUSSÃO.....	32
	AGRADECIMENTOS	39
	LITERATURA CITADA.....	39
6	MANUSCRITO II.....	44
	RESUMO	44
	INTRODUÇÃO.....	44
	ÁREA ESTUDADA.....	46
	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
	RESULTADOS	49
	DISCUSSÃO.....	57
	AGRADECIMENTOS	62
	REFERÊNCIAS	62
7	MANUSCRITO III	68
	RESUMO	68
	INTRODUÇÃO.....	68
	MATERIAL E MÉTODOS.....	69
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
	REFERÊNCIAS	74
8	CONCLUSÕES.....	76
	REFERÊNCIAS	76
	ANEXO 1	81
	ANEXO 2	99
	ANEXO 3	107

LISTA DE FIGURAS

MANUSCRITO I

Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).....	23
Figura 2. Dados de pluviosidade da Estação Meteorológica de Porto de Galinhas-PE do período de estudo (2010 e 2011) e a média dos 15 anos anteriores (1995 a 2009). Fonte: APAC.	25
Figura 3. Variação da temperatura (°C) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).	26
Figura 4. Variação da salinidade no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	26
Figura 5. Variação do material particulado em suspensão (MPS) (mg.L^{-1}) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	27
Figura 6. Variação da transparência (Secchi) (m) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).	28
Figura 7. Variação da taxa de saturação oxigênio dissolvido (OD) (%) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	28
Figura 8. Variação do nitrato (μM) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	29
Figura 9. Variação do silicato (μM) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro,	

dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	30
Figura 10. Variação da clorofila <i>a</i> no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	30
Figura 11. Variação do índice TRIX no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).....	31
Figura 12. Análise dos Componentes Principais das variáveis ambientais analisadas do ecossistema recifal de Porto de Galinhas-PE, para as duas primeiras componentes principais. A) Ordenação das amostras; B) Ordenação das variáveis ambientais (Taxa de saturação do Oxigênio dissolvido = DO; Temperatura = T; Salinidade = S; Material Particulado em Suspensão = SPM; Nitrato = NO ₃ ⁻ ; Nitrito=NO ₂ ⁻ ; N-amoniacoal=NH ₃ ; Fosfato = PO ₄ ; Silicato = SiO ₂ ; Clorofila <i>a</i> = chl _a ; Clorofila <i>a</i> <20µm= chl _a <20).	32

MANUSCRITO II

Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).....	47
Figura 2. Dados pluviométricos da Estação Meteorológica de Porto de Galinhas-PE do período de estudo (2010 e 2011) e a média dos 15 anos anteriores (1995 a 2009). Fonte: APAC.	49
Figura 3. Variação da transparência (Secchi), temperatura, salinidade, taxa de saturação do oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão (MPS), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) (N-amoniacoal+nitrito+nitrato), fosfato e silicato no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).....	50
Figura 4. Variação da clorofila <i>a</i> e densidade fitoplanctônica no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).....	51

Figura 5. Distribuição sazonal, entre-marés e espacial da Equitabilidade (barras) e Diversidade específica (linhas) do entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas.	56
Figura 6. Escalonamento Multidimensional (MDS) das amostras de densidade fitoplanctônica do entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas.	56

MANUSCRITO III

Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).	70
Figura 2. Variação da densidade (barras) e abundância relativa de <i>Ostreopsis ovata</i> (linhas) no fitoplâncton total no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).	71
Figura 3. Variação da abundância relativa de <i>Ostreopsis ovata</i> no fitoplâncton (rede com abertura de malha de 20µm) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).	72

LISTA DE TABELAS

MANUSCRITO I

Tabela 1 - Variação da dos nutrientes dissolvidos e pH no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas. Mín=mínimo; Máx=máximo29

MANUSCRITO II

Tabela 1. Táxons identificados no entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas. CF=classe de freqüência; MF=muito freqüente; F=freqüente; PF=pouco freqüente; E=esporádica; CE= categoria ecológica; PMN= planctônica marinha nerítica; PMO= planctônica marinha oceânica; PMNO= planctônica marinha nerítica/oceânica; PD= planctônica dulciaquícola; PE= planctônica estuarina; PNE= planctônica nerítica/estuarina; TN= ticoplanctônica nerítica; TO= ticoplanctônica oceânica; TE= ticoplanctônica estuarina; TD= ticoplanctônica dulciaquícola.52

Tabela 1. Táxons identificados no entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas. CF=classe de freqüência; MF=muito freqüente; F=freqüente; PF=pouco freqüente; E=esporádica; CE= categoria ecológica; PMN= planctônica marinha nerítica; PMO= planctônica marinha oceânica; PMNO= planctônica marinha nerítica/oceânica; PD= planctônica dulciaquícola; PE= planctônica estuarina; PNE= planctônica nerítica/estuarina; TN= ticoplanctônica nerítica; TO= ticoplanctônica oceânica; TE= ticoplanctônica estuarina; TD= ticoplanctônica.....53

Tabela 2. Sumário dos resultados obtidos através do percentual das maiores contribuições das espécies fitoplanctônica nas similaridades (SIMPER) de cada grupo formado pelo MDS.....57

Tabela 3. Sumário dos resultados obtidos através do percentual das maiores contribuição das espécies fitoplanctônica na dissimilaridade (SIMPER) entre cada grupo formado pelo MDS.57

MANUSCRITO III

Tabela 1. Variação dos parâmetros hidrológicos no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas. NID= nitrogênio inorgânico dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; DOtax= taxa de saturação do oxigênio dissolvido; Mín=mínimo; Máx=máximo.72

1 INTRODUÇÃO GERAL

O termo fitoplâncton se refere às microalgas fotossintetizantes, unicelulares, coloniais ou filamentosas, que vivem na coluna d'água com poder limitado de locomoção, apresentando assim, pouca ou nenhuma resistência às correntes. Portanto, são transportados passivamente pelos movimentos d'água, vivendo flutuando ou suspensas na coluna d'água (GROSS; GROSS, 1996; BONECKER et al., 2002). Trata-se de um termo sem valor taxonômico, pois designa organismos muito distintos entre si quanto à sua origem, composição química e morfologia (LOURENÇO; MARQUES JÚNIOR, 2009).

As algas planctônicas são importantes produtores primários, desempenhando um papel primordial na economia dos oceanos, sendo responsáveis pela manutenção da teia trófica marinha, pela liberação do oxigênio dissolvido na água, além de serem consideradas excelentes bioindicadores de massas d'água e da qualidade ambiental (ROUND, 1983; MEDEIROS et al., 1999). Realiza mais de 95% da fotossíntese dos oceanos, que representa quase a metade da produção primária mundial, e produz quase a metade do oxigênio da nossa atmosfera (CASTRO; HUBER, 2012).

Nos oceanos, destacam-se dentre os produtores primários o fitoplâncton, as microalgas bentônicas, as macroalgas, as plantas vasculares e as associações simbióticas envolvendo algas (zooxantelas) (LOURENÇO; MARQUES JÚNIOR, 2009). Apesar de seu tamanho microscópico, o fitoplâncton, suporta cerca da metade de toda a produção primária global, compondo os principais ciclos biogeoquímicos e representando a base da teia alimentar aquática (HUERTAS 2011). Através do processo fotossintético, convertem a energia solar em energia química, que é armazenada na forma de compostos orgânicos de alta energia potencial. Grande parte desse carbono fixado é consumida pelos organismos de níveis tróficos mais elevados.

Mudanças na composição e estrutura fitoplanctônica podem ocasionar profundas alterações em todos os níveis tróficos, uma vez que, essa comunidade apresenta um caráter muito dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, respondendo rapidamente as alterações físicas e químicas do meio aquático estabelecendo complexas relações intra e inter-específicas na competição e utilização do espaço e dos recursos (VALIELA, 1995; BRANDINI et al., 1997).

Os fatores climatológicos, como a energia radiante e a precipitação total, e os fatores hidrológicos, como a transparência e a estrutura térmica da coluna d'água, o grau de mistura e

a dinâmica dos nutrientes inorgânicos, possuem fundamental importância no controle da produção primária dos ecossistemas aquáticos (TUNDISI; TUNDISI, 1976).

As mudanças ambientais que geram a alteração desses fatores que controlam o crescimento e a distribuição fitoplanctônica, tais como luminosidade, temperatura, substrato, salinidade, pH e disponibilidade de nutrientes, assim como transporte fluvial ou fluxo de marés e a herbivoria refletem diretamente na biomassa, na densidade, na estrutura da comunidade e na produtividade fitoplanctônica (ESKINAZI-LEÇA; KOENING, 1991; PHILIPS et al. 2002). Alguns autores ressaltam que efeitos do vento, da pluviometria e da ressurgência são importantes fatores atuantes em regiões costeiras tropicais (VALENTIN et al., 1985; SASSI, 1991; REYNOLDS, 1992). Desta forma, a variação destes parâmetros interfere em toda a teia trófica (PASSAVANTE; FEITOSA, 2004).

A energia luminosa disponível para o fitoplâncton depende tanto da intensidade e caráter espectral da energia solar incidente quanto das características da coluna d'água, devido aos processos de absorção, reflexão e retroespalhamento. Águas estuarinas e costeiras são opticamente complexas devido às altas concentrações de partículas que alteram as propriedades inerentes da coluna de água. Alterações na transmissão da luz na coluna d'água podem ser resultantes tanto de fatores naturais quanto antropogênicos. A eutrofização pontual, por exemplo, pode estimular a produtividade fitoplanctônica devido ao incremento de nutrientes, porém pode diminuir a transmissão da luz (KEITH et al. 2002).

Os organismos fotossintetizantes requerem certos elementos, denominados nutrientes inorgânicos para seu crescimento, que são utilizados até serem considerados limitantes, quando o crescimento é então inibido (MILLERO; SOHN, 1991).

Os principais nutrientes inorgânicos utilizados pelo fitoplâncton no meio aquático são o nitrogênio, o fósforo e o silício. Este último, por fazer parte da estrutura de diatomáceas e silicoflagelados (MACÊDO et al., 2004).

As análises em conjunto da concentração dos nutrientes dissolvidos no ambiente aquático e da comunidade fitoplanctônica se complementam na avaliação da qualidade da água e de seu estado trófico, uma vez que, por causa de sua fisiologia, certas espécies se desenvolvem melhor em ambientes com muito nutrientes, algumas preferem ambientes pobres em nutrientes e outras suportam grandes concentrações de substâncias tóxicas (DRING, 1992).

O fitoplâncton é composto por diversos grupos de organismos, dentre os quais estão as cianobactérias, as diatomáceas, os dinoflagelados, as clorofíceas, os cocolitoforídeos, os silicoflagelados e as criptofíceas (LOURENÇO; MARQUES JÚNIOR, 2009). Um dos pontos

básicos para o entendimento da estrutura e do funcionamento dos ecossistemas aquáticos é o estudo destas espécies de microalgas, podendo sua diversidade ser analisada através da riqueza de espécies e do conhecimento taxonômico (WETZEL, 1993).

A comunidade fitoplanctônica, apesar de ser a principal fonte de alimento no ambiente pelágico marinho, assume papel secundário nos ecossistemas recifais em relação à produção primária das zooxantelas simbióticas. Apesar de não ser a principal responsável pela produtividade primária deste ecossistema, possui grande importância ecológica, pois exerce um papel fundamental para a nutrição e manutenção de inúmeros organismos, que são filtradores e coabitam os recifes, inclusive os pólipos dos corais (SOROKIN, 1990). Além disso, é considerada excelente indicadora da qualidade da água, por responder rapidamente aos impactos ambientais (ESKINAZI-LEÇA et al., 2002).

Dentre os ambientes recifais da costa brasileira, destaca-se a praia de Porto de Galinhas por possuir recifes que formam piscinas naturais de águas mornas e transparentes, sendo este o principal atrativo para ser considerada uma das praias mais visitadas do litoral do nordeste do Brasil, tornando-se reconhecido destino turístico nacional e internacional (MENDONÇA, 2004). Por isso, devido à intensa pressão antrópica que vem sofrendo nas últimas décadas, vários trabalhos de cunho ambiental têm sido realizados na área, incluindo avaliações da biomassa e produtividade fitoplanctônica (FONSECA et al., 2002; MACHADO et al., 2007; BARRADAS et al., 2012; MACHADO et al., 2014).

Neste sentido, o presente trabalho, por se tratar do primeiro levantamento sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica (composição, abundância, frequência, diversidade específica, equitabilidade), traz uma contribuição significativa para ampliação dos conhecimentos ecológicos do referido ecossistema, além de avaliar as consequências do intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) ocorrido em Pernambuco em 2010.

Simultaneamente, o acompanhamento das variáveis ambientais correlacionadas com os parâmetros bióticos serve de suporte para avaliar as condições ambientais da flora planctônica e da hidrologia no entorno dos recifes de Porto de Galinhas. Esse estudo, juntamente com os outros trabalhos que vêm sendo realizados no local, poderá ser utilizado como uma ferramenta para elaboração de uma política de monitoramento e preservação deste importante ecossistema costeiro do litoral sul de Pernambuco.

2 HIPÓTESE

H_0 - A estrutura da comunidade fitoplanctônica do entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas não é influenciada pela descarga do rio Maracaípe e hidrodinâmica local.

H_1 - A estrutura da comunidade fitoplanctônica do entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas é influenciada pela descarga do rio Maracaípe e hidrodinâmica local.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua dinâmica associada com as variáveis ambientais no ecossistema recifal de Porto de Galinhas (PE).

3.2 ESPECÍFICOS

- Identificar a comunidade fitoplanctônica a nível específico e infra-específico, quando possível;
- Determinar a variação espacial e temporal da composição e biomassa fitoplanctônica;
- Identificar possíveis espécies bioindicadoras da qualidade ambiental;
- Analisar as variações espacial e temporal dos parâmetros hidrológicos (profundidade, temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, transparência, pH, material particulado em suspensão e nutrientes);
- Correlacionar os parâmetros biológicos (biomassa e composição fitoplanctônica) com os parâmetros hidrológicos;
- Avaliar os efeitos do DOL sobre a comunidade fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos;
- Caracterizar os ecossistemas em função do seu grau de eutrofização.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A zona costeira tanto pode ser considerada como um local de elevada síntese da matéria orgânica como um lugar de estocagem para o oceano. Já foi demonstrado que as águas destas áreas podem ter uma produção muito maior do que as áreas terrestres mais férteis (ROSENBERG, 1985). É a região mais produtiva dos oceanos, respondendo por mais da

metade da fecundidade biológica e fornecendo quase o total da pesca mundial (CORSON, 2002).

A grande produtividade destas áreas se deve à fertilização de sais nutrientes transportados pelos rios, ressurgências costeiras e de borda de plataforma, e regeneração de nutrientes bêntico-pelágicos. As regiões tropicais onde ocorrem ressurgências e estuários de grandes rios estão entre as mais produtivas dos oceanos, enquanto as que apresentam plataformas estreitas, afetadas por correntes do oeste, estão entre as menos férteis (KNOPPERS et al., 2002).

Dentre os ecossistemas costeiros, os recifes de coral destacam-se, devido sua diversidade e alta capacidade de síntese da matéria que suportam, e por fornecerem uma variedade de bens e serviços às pessoas (BAKER; ROBERTS, 2004), além de serem uma proteção efetiva para o litoral, pois absorve grande parte da energia das ondas incidentes sobre a praia (MANSO et al., 2003). São bons indicadores da qualidade ambiental, onde qualquer impacto na comunidade recifal resulta em alterações de sua estrutura (MAYAL et al., 2009).

Apesar de cerca de 500 milhões de pessoas em todo o mundo dependerem criticamente dos recifes de corais para sua subsistência, esses ambientes continuam a sofrer declínio pela pressão antrópica e estima-se que cerca de 20% dos recifes de corais do mundo já foram efetivamente destruídos (WILKINSON, 2004).

Servem como aglomerador de organismos, como zona de reprodução, berçário, abrigo e alimentação de diversos animais e vegetais (SALE, 1991). A grande diversidade e quantidade de organismos presentes associam-se em teia alimentar de grande complexidade. Esta teia culmina nos grandes predadores, como muitos peixes utilizados para alimentação humana (PENNING, 1997).

Laborel (1967) cita, como uma das principais características dos recifes brasileiros, a construção feita por algas calcárias do grupo *Melobesiae* e gastrópodes vermetídeos do gênero *Petalonchus* e *Dendropoma*, que pode ser encontrada sobre rochas cristalinas e eruptivas, mas especialmente comuns na borda externa dos bancos de arenito e dos recifes de coral. Estas formações recifais sob bancos de arenitos, que correspondem a linhas de *beachrocks*, não são consideradas por muitos autores como recifes de corais verdadeiros. No entanto, em 2001, Laborel em depoimento sobre os recifes brasileiros na *Coral list* (www.coral.noaa.gov/lists/archives.shtml) considera essa avaliação errônea, pois uma espessura mínima de cobertura coralínea não é considerada como critério para definição de recifes de coral.

Os recifes e comunidades coralíneas do Brasil apresentam um total de dezoito espécies de corais escleractíneos (MAIDA; FERREIRA, 2004), sendo este um número relativamente pequeno quando comparado aos do Indo-Pacífico e do Caribe. Apresentam descontinuidades em grande parte de sua distribuição apenas como estreitas linhas próximas à costa. No entanto, a maioria das espécies formadoras destes recifes é endêmica de águas brasileiras, ou especificamente apenas da Bahia (CASTRO, 1997).

No Atlântico Sul, os recifes de corais ocorrem apenas na costa brasileira, se distribuindo por cerca de 3000 km. Sua importância é tão grande quanto às ameaças que vêm sofrendo (FERREIRA; MAIDA, 2006).

No Brasil, os recifes estão livres de catástrofes naturais, ao contrário dos caribenhos que estão localizados em um cinturão de furacões, por isso, a maior ameaça parece ser o impacto antrópico (FERREIRA; MAIDA, 2006). Devido sua alta produtividade, as áreas recifais são a base da sobrevivência de inúmeras populações costeiras, sendo de grande importância para o pescado local e também pelágico. A extração de recursos dos recifes, tais como a retirada de calcário para construção civil, coleta de organismos para confecção de bijuterias e aquarofilia, são potencialmente predatórias em caso de superexploração, o que provocou uma recente reação em diferentes países, para cessá-las ou reorganizá-las no sentido de preservar esses ambientes (VILLAÇA, 2002). Atualmente, o crescente e descontrolado turismo e o desenvolvimento urbano nestas áreas é que tem sido as maiores ameaças (FERREIRA; MAIDA, 2006).

Os impactos relacionados ao turismo incluem danos diretos, como danos físicos e coleta de organismos, e danos indiretos, como o desenvolvimento urbano decorrente da atividade turística e a construção de marinas e *resorts* que contribuem com a degradação ambiental através do despejo de esgotos sem tratamento nas águas costeiras (VAN'T HOF, 2001), gerando um enriquecimento de nutrientes no local e favorecendo a proliferação excessiva de algas que competem com os corais por espaço (MELO et al., 2005).

A eutrofização de águas costeiras também pode levar a um dos impactos mais severos, o florescimento de microalgas nocivas em águas superficiais e a sedimentação de matéria orgânica, levando a uma hipoxia ou anoxia da coluna d'água (HO et al., 2008). Além disso, os florescimentos de microalgas tóxicas também podem levar a casos de problemas na saúde humana, como relatado por Satô et al. (1963) no município de Tamandaré, litoral sul de Pernambuco.

Andersen et al. (2006) definem eutrofização como “o enriquecimento das águas com sais nutrientes, principalmente nitrogênio e/ou fósforo, e matéria orgânica, provocando um

aumento do crescimento de algas e formas vegetais superiores para produzir um desvio inaceitável na estrutura, função e estabilidade dos organismos presentes na água e na qualidade da água, em comparação a padrões de referência”. Nixon (2009) relata que a busca pelo entendimento dessa mudança no estado trófico resultante da eutrofização tem motivado o desenvolvimento de diversos índices e modelos.

Nesse contexto, os padrões de referência são definidos como uma descrição das variáveis ambientais que existem, ou que poderiam existir, no ambiente com pouca ou nenhuma interferência antrópica. Uma importante etapa para que se tracem estratégias de monitoramento ambiental é a definição destes padrões de referência (ANDERSEN et al., 2006). Os índices resultantes de fórmulas matemáticas que resultam da junção de algumas variáveis podem ser excelentes padrões de referência.

Com o intuito de avaliar a eutrofização artificial de águas costeiras, são utilizadas diversas medidas, tais como variações na biomassa fitoplanctônica, material em suspensão, concentração de nutrientes, ou mudanças fisiológicas e estruturais nas comunidades de organismos (BRODIE et al., 1997). Medidas de clorofila *a*, geralmente são melhores indicadores do que concentrações de nutrientes nas águas recifais, uma vez que as populações fitoplanctônicas rapidamente consomem os nutrientes disponíveis (EDWARDS et al., 2003 ; FURNAS et al., 2005).

Com o intuito de criar uma ferramenta multivariada, diversos índices têm sido elaborados para avaliar a intensidade e evolução da eutrofização de ambientes costeiros de uma maneira rápida e prática. O índice trófico TRIX foi criado por Vollenweider et al. (1998), com o intuito de caracterizar os níveis de eutrofização. Este índice é baseado na combinação das variáveis nitrogênio, fósforo, clorofila *a* e saturação de oxigênio, e vem sendo utilizado para monitorar o estado trófico e qualidade da água em diversos ambientes costeiros de forma eficiente (ALVES et al., 2013). Os valores de TRIX são bastante sensíveis e qualquer pequena mudança no oxigênio, na clorofila *a* e nas concentrações de nitrogênio e fósforo inorgânicos dissolvido (BOIKOVA et al., 2008).

A comunidade fitoplanctônica é considerada excelente indicadora da qualidade da água, por responder rapidamente aos impactos ambientais na coluna d'água (ESKINAZI-LEÇA et al., 2002). Além disso, juntamente com o zooplâncton são o alimento direto dos pólipos dos corais, de muitos invertebrados e vertebrados habitantes dos recifes.

A produtividade fitoplanctônica também tem sido bastante estudada desde a concepção do método do C^{14} de Steemann-Nielsen (1952), porém, poucos são os estudos que

incluem a estrutura da comunidade fitoplanctônica em uma análise multifatorial da dinâmica da produtividade fitoplanctônica (JOUENNE et al., 2007).

Como as algas possuem a capacidade de rapidamente consumirem os nutrientes dissolvidos na água, sua avaliação conjuntamente com a biomassa fitoplanctônica, assim como outros parâmetros hidrológicos fornecem uma estimativa mais realista e adequada da condição da qualidade da água. Além disso, a avaliação da biomassa fitoplanctônica através da quantificação da clorofila *a* possui a vantagem da resposta a entrada de nutrientes poder ser prontamente avaliada, de ser uma técnica de fácil realização e de utilização de equipamentos simples, de não possuir muitos problemas com contaminação e os métodos utilizados já terem sido bem descritos e trabalhados (BRODIE et al., 1997).

Os estudos dos aspectos quantitativos e as interações organismos-ambientes, tanto do ponto de vista de pesquisa pura quanto aplicada são de fundamental importância, visto que a produção da matéria orgânica de um ecossistema aquático depende também da comunidade fitoplanctônica por constituir o primeiro elo da teia alimentar e deles dependendo os demais níveis tróficos (TUNDISI; TUNDISI, 1976).

5 MANUSCRITO I

- A ser submetido à Journal of Coastal Research (ANEXO 1)

CONDIÇÕES TRÓFICAS DE ÁGUAS COSTEIRAS RECIFAIS APÓS EVENTO DE ENCHENTE, PERNAMBUCO, BRASIL

TROPHIC CONDITIONS OF A COASTAL REEF WATERS AFTER EXCEPTIONAL FLOOD EVENT, PERNAMBUCO, BRAZIL

RRH: Trophic conditions of Porto de Galinhas reef ecosystem

RESUMO

A praia de Porto de Galinhas, situada no litoral sul de Pernambuco, Brasil, cerca de 50 Km de Recife, possui recifes de arenito do tipo franja e é alvo de intensa atividade turística. Com o intuito de contribuir com o monitoramento da qualidade ambiental da área, analisou-se a biomassa fitoplanctônica e alguns parâmetros hidrológicos. As amostras de água foram coletadas em quatro meses dos períodos chuvoso (maio, junho, julho e agosto de 2010) e de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011), na superfície, em quatro pontos fixos, na preamar e baixa-mar, em marés de sizígia diurna. A pluviosidade seguiu a curva dos 15 anos anteriores, porém o mês de junho apresentou pluviosidade acima da média devido a um intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL). A transparência variou entre 0,63 e 6,5m, a temperatura variou entre 25 e 29°C, a salinidade de 27 a 38, a taxa de saturação do oxigênio de 87,80 a 135,28%, o nitrito foi $<0.5\mu\text{mol.L}^{-1}$, o nitrato variou entre 0.1 e $5\mu\text{mol.L}^{-1}$, o N-amoniaco foi $<0.97\mu\text{mol.L}^{-1}$, o fosfato foi $<0.39\mu\text{mol.L}^{-1}$ e o silicato foi $<39.2\mu\text{mol.L}^{-1}$; a clorofila *a* total variou entre 0,42 e 5.66mg.m^{-3} , a clorofila *a* $<20\mu\text{m}$ variou entre 0,06 e 5.56mg.m^{-3} e o índice TRIX variou entre 0,98 e 3,46. A sazonalidade foi o principal fator condicionante nas variações ambientais. De acordo com a análise de componentes principais (ACP), a pluviosidade foi a forçante física que mais influenciou o sistema estudado, correlacionando-se diretamente com clorofila *a* e nitrato e inversamente com transparência e salinidade. O DOL foi capaz de diferenciar as amostras de junho de 2010 do restante do período chuvoso. O ambiente recifal ainda encontra-se isento do processo de eutrofização, caracterizando-se como oligotrófico, tendendo a mesotrófico no período chuvoso. Apesar da área recifal sofrer forte pressão antrópica devido à intensa atividade turística local, esse impacto não foi perceptível no ambiente pelágico.

PALAVRAS-CHAVE: beachrocks, clorofila *a*, fitoplâncton, índice TRIX, Porto de Galinhas.

INTRODUÇÃO

A zona costeira é a região mais produtiva dos oceanos, respondendo por mais da metade da fecundidade biológica e fornecendo quase o total da pesca mundial (Corson, 2002). Nas ultimas décadas, vem sofrendo com a eutrofização de suas águas, o que se tornou um dos maiores problemas da saúde do ecossistema marinho (Andersen, Schluter, and Ærtebjerg, 2006; Yang *et al.*, 2008). Por isso, sente-se cada vez mais a necessidade de se desenvolver técnicas adequadas para avaliação da eutrofização artificial de águas costeiras.

A avaliação da eutrofização costeira pode ser feita através de variações na biomassa fitoplanctônica, material em suspensão, concentração de nutrientes, ou variações fisiológicas e estruturais nas comunidades de organismos. Como as algas possuem a capacidade de consumir os nutrientes dissolvidos na água, a avaliação conjunta da biomassa fitoplanctônica e destes sais fornecem uma estimativa mais realista e adequada da condição da qualidade ambiental (Brodie *et al.*, 1997).

Além disso, a avaliação da biomassa fitoplanctônica através da quantificação da clorofila *a* possui a vantagem da resposta à entrada de nutrientes poder ser prontamente avaliada, de ser uma técnica de fácil realização e de utilização de equipamentos simples, de não possuir muitos problemas com contaminação e os métodos utilizados já terem sido bem descritos e trabalhados (Brodie *et al.*, 1997).

Com o intuito de criar uma ferramenta multivariada, diversos índices têm sido elaborados para avaliar a intensidade e evolução da eutrofização de ambientes costeiros de uma maneira rápida e prática. Baseado na combinação das variáveis nitrogênio, fósforo, clorofila *a* e saturação de oxigênio, o Índice TRIX vem sendo utilizado para monitorar o estado trófico e qualidade da água em diversos ambientes costeiros de forma eficiente (Alves *et al.* 2013).

Pernambuco, em 2010, sofreu influência de um sistema meteorológico chamado Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL), que levou a inundações em alguns municípios devido à alta precipitação concentrada em poucos dias e interferiu também indiretamente na região costeira onde desaguam os rios que receberam essa influência, o que foi verificado nas praias do litoral sul de Pernambuco (Alves, Cavalcanti, e Nóbrega, 2012; Machado *et al.*, 2012).

Dentre estas praias, destaca-se Porto de Galinhas, uma praia que possui formações recifais com piscinas naturais de águas mornas e transparentes, sendo este o principal atrativo para ser considerada uma das praias mais visitadas do litoral do nordeste do Brasil. O turismo local começou a se expandir aceleradamente em meados da década de 90 e atualmente a praia

é reconhecida como destino turístico nacional e internacional (Mendonça, 2004), possuindo vários resorts na região.

Devido à intensa atividade turística em Porto de Galinhas, sente-se cada vez mais a necessidade de um levantamento da biodiversidade e da qualidade ambiental. Em função disso, alguns trabalhos foram realizados na área por Fonseca *et al.* (2002), Machado *et al.* (2007) e Barradas *et al.* (2012) sobre a biomassa fitoplanctônica e a hidrologia do ecossistema recifal; Machado *et al.* (2014), sobre a produtividade fitoplanctônica; Maranhão (2003), sobre a distribuição espaço-temporal da meiofauna e da nematofauna de poças de maré situadas na parte interna do ecossistema recifal; Alcântara, Padovani, and Travassos (2004), sobre a pesca artesanal e o turismo; Engmann (2006), sobre os padrões de distribuição da ictiofauna e a influência do turismo e da pesca; Moraes (2008), sobre a interação socioambiental entre a comunidade de jangadeiros e o ecossistema recifal e Machado *et al.* (2009) sobre percepção socioambiental dos turistas e trabalhadores acerca do ecossistema recifal.

Neste sentido, o presente trabalho traz uma contribuição significativa para ampliação dos conhecimentos ecológicos e para avaliar o grau de eutrofização do referido ecossistema, além de avaliar as consequências do intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) ocorrido em Pernambuco em 2010.

ÁREA ESTUDADA

A praia de Porto de Galinhas está situada no município de Ipojuca, estado de Pernambuco, 50 km ao sul da cidade de Recife (8°30'17"S e 35°00'18"W). Apresenta formações recifais características da costa pernambucana que correspondem a linhas de beachrocks, geralmente paralelas à costa, que servem de substrato para o desenvolvimento de algas e corais (Manso, Corrêa, and Guerra, 2003).

A direção dos ventos na praia de Porto de Galinhas é predominante de E - SE, no período de abril a setembro, e de E - NE, de outubro a março (CPRH, 1997).

Os rios mais próximos do ambiente recifal de Porto de Galinhas são o rio Maracaípe ao sul, cuja foz se localiza a cerca de 3 km, e o complexo portuário de Suape ao norte, formado pelos rios Ipojuca, Merepe, Tatuoca e Massangana e localizado a cerca de 10 km.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é considerado do tipo As', com chuvas de outono-inverno (Andrade e Lins, 1965). Caracteriza-se, portanto, por apresentar dois períodos distintos no regime pluviométrico: uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera-verão), e uma estação chuvosa, de março a

agosto (outono-inverno). A precipitação média anual é de 2050 mm, enquanto que a temperatura fica entre 24 e 32°C (Chaves, 1991; Torres e Machado, 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em quatro meses de período chuvoso (maio, junho, julho e agosto de 2010) e quatro meses de período de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011) na superfície da coluna d'água, durante a baixa-mar e preamar de um mesmo dia, durante maré de sizígia.

Tomando-se por base a geomorfologia e hidrodinâmica local foram estabelecidos quatro pontos fixos de coleta no entorno da área recifal, sendo dois pontos entre os recifes e a praia e dois pontos no lado oposto. Os pontos 1 ($8^{\circ}30'14.58''\text{S}$ e $34^{\circ}59'57.16''\text{W}$) e 2 ($8^{\circ}30'11.35''\text{S}$ e $34^{\circ}59'46.58''\text{W}$) estão situados na extremidade norte dos recifes e os pontos 3 ($8^{\circ}30'50.18''\text{S}$ e $35^{\circ}0'8.61''\text{W}$) e 4 ($8^{\circ}30'57.34''\text{S}$ e $34^{\circ}59'58.56''\text{W}$) na extremidade sul dos recifes (Fig. 1). A área recifal possui cerca de 1,5 km de extensão e larguras variáveis com a porção central medindo 0,38km. Há a presença de uma flora e fauna bem diversificada características de um ambiente recifal.

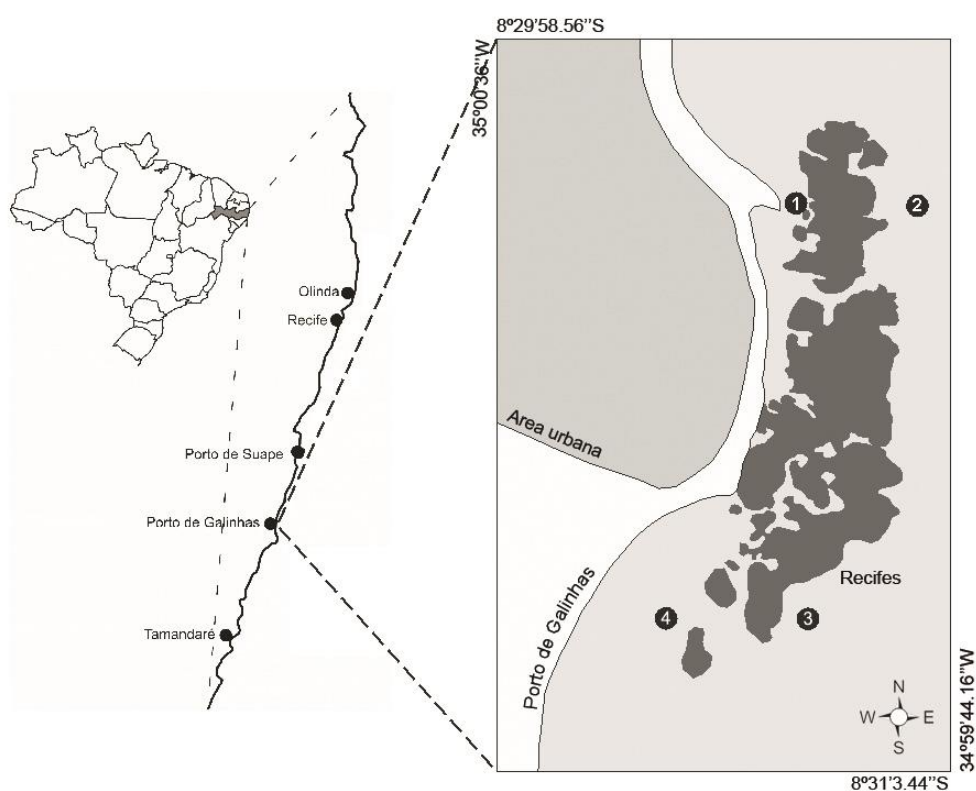


Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).

Foram avaliados a profundidade, utilizando uma ecossonda manual digital LCD Sounder Plastimo Echotest (714700); a temperatura, através de um termômetro com escala entre -10 e 60 °C; a transparência da água através do disco de Secchi; a salinidade, utilizando-se um refratômetro manual (ATAGO); o oxigênio dissolvido pelo método de Winkler modificado (Strickland e Parsons, 1972) e sua taxa de saturação, usando-se a tabela da UNESCO (1973); o material particulado em suspensão total (MPS), pelo método utilizado pelo Woods Hole Institution (Melo, Summerhayes, and Toner, 1975); os sais nutrientes dissolvidos, N-amoniaco, nitrito, nitrato e fosfato pelos métodos descritos por Strickland e Parsons (1972) e o silicato de acordo com (Grasshoff *et al.*, 1983); a proporção entre nitrogênio e fósforo comparada a taxa de Redfield (REDFIELD *et al.*, 1963); o pH, através de um pH-metro Hanna instruments (8417) e a biomassa fitoplanctônica total e fracionada (<20µ) pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966).

A saturação do oxigênio dissolvido, clorofila *a*, nitrogênio e fósforo inorgânicos dissolvidos foram utilizados para calcular o índice de estado trófico TRIX segundo Vollenweider, Talling e Westlake (1998) de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{TRIX} = \log_{10} [\text{Clora} \times |\%O_2| \times \text{DIN} \times \text{DIP}] + k) / m,$$

onde:

Clora = concentração de clorofila *a* (mg.m⁻³);

|\%O₂| = taxa de saturação do oxigênio dissolvido (%);

DIN = nitrogênio inorgânico dissolvido (nitrito, nitrato e N-amoniaco) (mg.m⁻³);

DIP = fósforo inorgânico dissolvido (mg.m⁻³).

Os valores de *k* = 1.5 e *m* = 1.2 são constantes introduzidas pelo autor.

Os resultados obtidos de TRIX foram comparados com a escala proposta por Primpas e Karydis (2011) para qualificar o estado trófico de água de ambientes oligotróficos, onde valores de TRIX <1,6 correspondem a águas ultra-oligotróficas, valores variando de 1,6 a 2,8 indicam águas oligotróficas; valores entre 2,8 e 4 indicam águas mesotróficas; valores entre 4 e 5,3 indicam águas eutróficas; e valores >5,3 indicam nível de eutrofização distrófico.

A avaliação numérica dos dados foi realizada através da Análise dos Componentes Principais (ACP), utilizando-se o software PRIMER[®] 6.1.12. Utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, através do software STATISTICA[®] 8.0 para testar diferenças de sazonalidade, espacialidade e marés. Foram considerados significativos valores de *p* ≤ 0,05.

RESULTADOS

A distribuição mensal das chuvas nos meses estudados acompanhou a distribuição da média dos 15 anos anteriores, com exceção de junho de 2010, cujo valor esteve mais elevado e novembro de 2010, cujo valor esteve abaixo da média (Fig. 2).

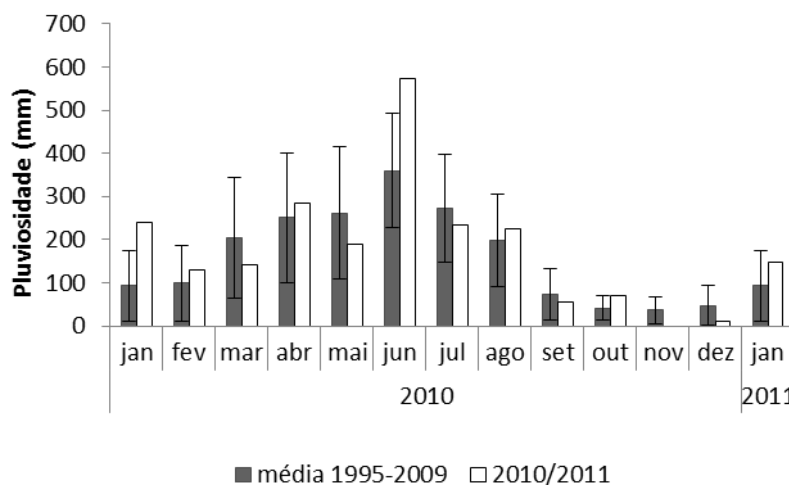


Figura 2. Dados de pluviosidade da Estação Meteorológica de Porto de Galinhas-PE do período de estudo (2010 e 2011) e a média de 1995 a 2009. Fonte: APAC.

A profundidade local variou em função da topografia do fundo e da amplitude de maré. O ponto 1 foi o mais raso e mostrou valor médio de profundidade de 3,8 m na baixa-mar e 5,5 m na preamar; o ponto 2 foi o mais profundo e apresentou 10,7 m na baixa-mar e 11,2 m na preamar; o ponto 3 com 7,4 m na baixa-mar e 8,5 m na preamar e o ponto 4 apresentou 4,8 m na baixa-mar e 6,2 m na preamar. De acordo com as Tábuas das Marés, durante o período estudado, a maré variou entre 0,30 m e 0,60 m na baixa-mar e entre 1,90 m e 2,20 m na preamar.

A temperatura da água apresentou variação sazonal significativa, com valores maiores no período de estiagem (média 27,9°C) quando comparado ao período chuvoso (média 26,5°C). (Fig. 3).

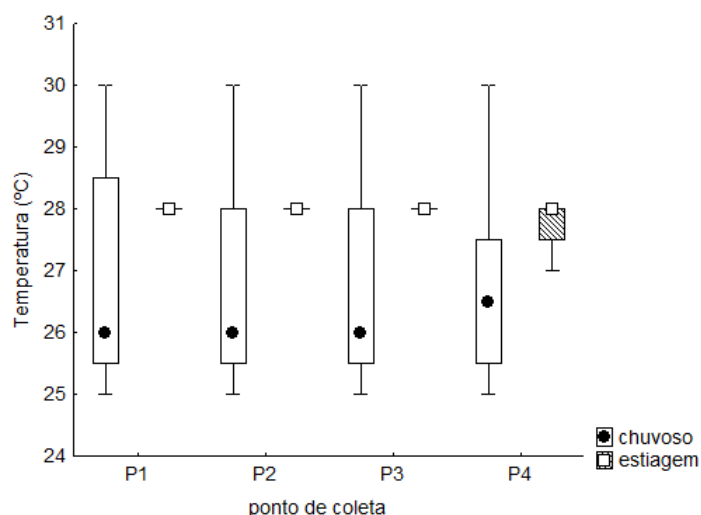


Figura 3. Variação da temperatura (°C) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

A salinidade apresentou variação sazonal, com menores valores no período chuvoso (média 33,6), quando comparado ao período de estiagem (média de 36,7), destacando-se o mês de junho, cuja queda de salinidade foi maior, chegando a um mínimo de 27. Também foi verificada variação entre marés, com menores valores na baixa-mar. Não foi verificada variação espacial significativa (Fig. 4).

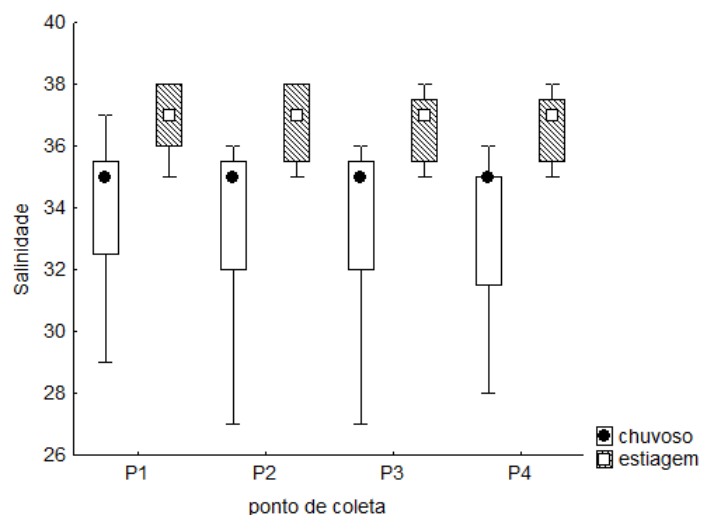


Figura 4. Variação da salinidade no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

O MPS presente nas águas de Porto de Galinhas mostrou um padrão sazonal bem definido, com valores significativamente maiores no período chuvoso (média de 11,93 mg. L⁻¹) em comparação ao período de estiagem (média de 3,69 mg. L⁻¹), o que foi melhor evidenciado nos meses de julho e agosto. O ponto 4 se destacou dos demais, apresentando os maiores valores de MPS encontrados (máximo de 39,50mg. L⁻¹) (Fig. 4).

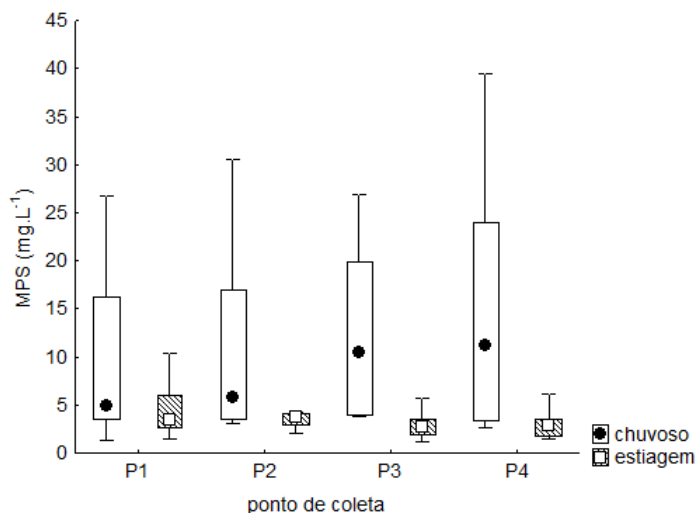


Figura 5. Variação do material particulado em suspensão (MPS) (mg.L⁻¹) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

A transparência da água apresentou um padrão oposto ao do material em suspensão com variação sazonal bem definida com valores significativamente menores no período chuvoso, com média de 1,83m, enquanto que o período de estiagem apresentou média de 4,2m (Fig. 6). Calculando-se a camada fótica, verificou-se que no período chuvoso esta correspondeu em média a 4,97m de profundidade enquanto que no período de estiagem correspondeu em média a 11,4m de profundidade.

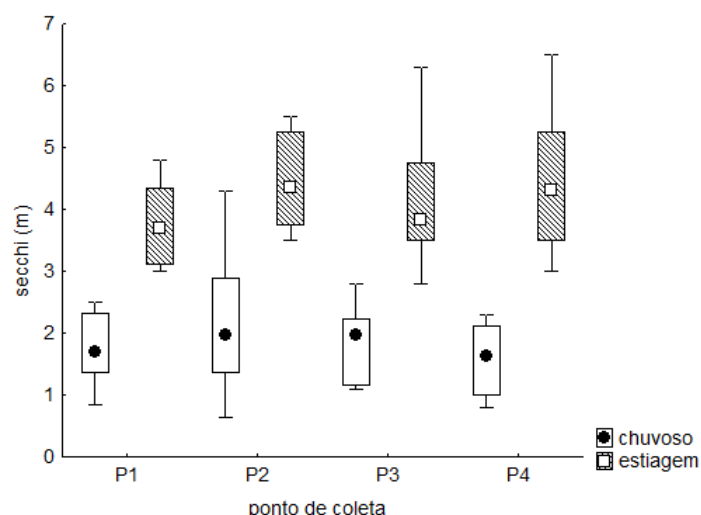


Figura 6. Variação da transparência (Secchi) (m) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

A taxa de saturação do oxigênio dissolvido não apresentou variação sazonal, porém maiores valores foram verificados na preamar (média de 111,2%) em relação a baixa-mar (média de 106,1%) (Fig. 7). A maioria das taxas de saturação esteve acima de 100%, sendo verificado um máximo de 135,3% no ponto 2, na baixa-mar, em outubro e um mínimo de 87,2%, no ponto 4 na preamar em janeiro. Dentre os pontos de coleta verificou-se que o ponto 1 apresentou valores maiores que os pontos 2 e 3; e o ponto 4 apresentou maiores valores em relação ao ponto 3.

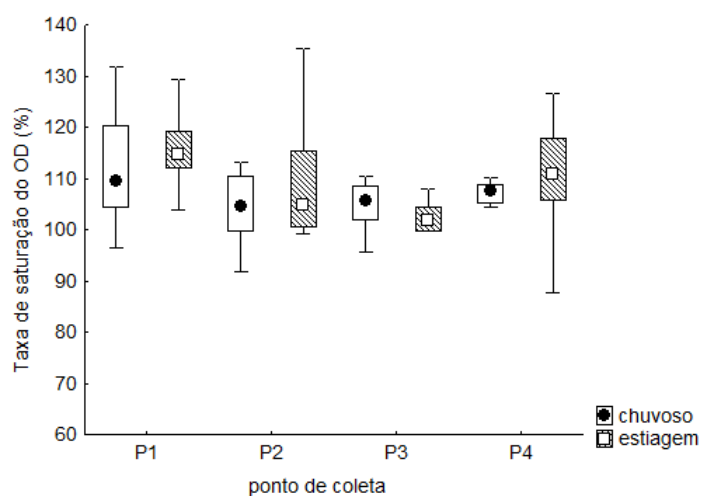


Figura 7. Variação da taxa de saturação oxigênio dissolvido (OD) (%) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

Dentre os nutrientes dissolvidos, o nitrato e o silicato apresentaram variação sazonal bem definida, com valores maiores no período chuvoso (Figs. 8 e 9). O nitrito, apesar de não mostrar um padrão bem definido, apresentou maiores teores no período de estiagem. Nenhum dos nutrientes dissolvidos apresentou variações espacial e entre-marés significativas (Tab. 1).

Calculando-se a razão entre nitrogênio e fósforo com a taxa de Redfield verificou-se que na maioria das amostragens, com exceção de todas as amostras do mês de junho e outras 3 amostragens, o nitrogênio foi sempre o nutriente limitante no meio. O pH se manteve sempre alcalino, variando entre 8,14 e 8,63 (Tab. 1).

Tabela 1. Variação da dos nutrientes dissolvidos e pH no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas. Mín=mínimo; Máx=máximo.

Variáveis hidrológicas	estiagem			chuvoso			Kruskal-Wallis (p)		
	Mín.	Máx.	média	Mín.	Máx.	média	sazonal	tidal	espacial
Nitrato (μM)	0,00	0,25	0,12	0,00	0,22	0,08	0,027	0,457	0,862
Nitrato (μM)	0,10	3,00	1,08	0,40	5,00	2,09	<0,001	0,480	0,679
N-amoniaco (μM)	0,01	0,97	0,27	0,02	0,79	0,19	0,327	0,435	0,747
Fosfato (μM)	0,09	0,35	0,19	0,04	0,40	0,21	0,149	0,930	0,792
Silicato (μM)	0,00	39,20	6,35	2,70	30,60	11,07	<0,001	0,515	0,946
pH	8,14	8,60	8,35	8,23	8,63	8,45	<0,001	0,452	0,371

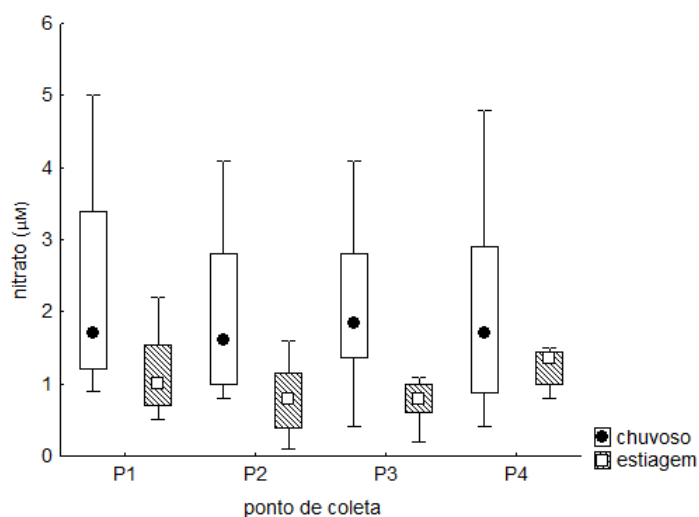


Figura 8. Variação do nitrato (μM) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

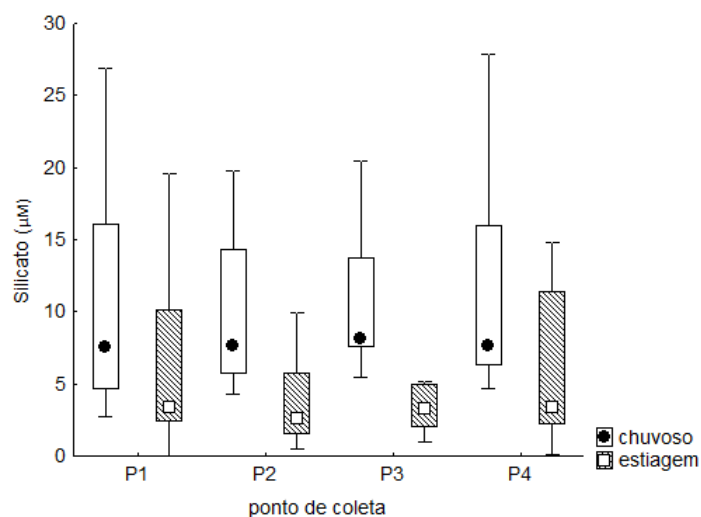


Figura 9. Variação do silicato (μM) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

A biomassa fitoplancônica variou entre 0,42 a 5,66 mg.m^{-3} , apresentando variação sazonal com maiores concentrações no período chuvoso. Não foram verificadas variações espacial e entre-marés significativas. Foram verificados, no período chuvoso, picos de clorofila *a* no ponto 4 (Fig. 10). A fração do fitoplâncton correspondente ao pico e ao nanoplâncton ($<20\mu\text{m}$) foi a que mais contribuiu com a biomassa fitoplancônica, com uma média de 86% no período chuvoso e 60% no período de estiagem.

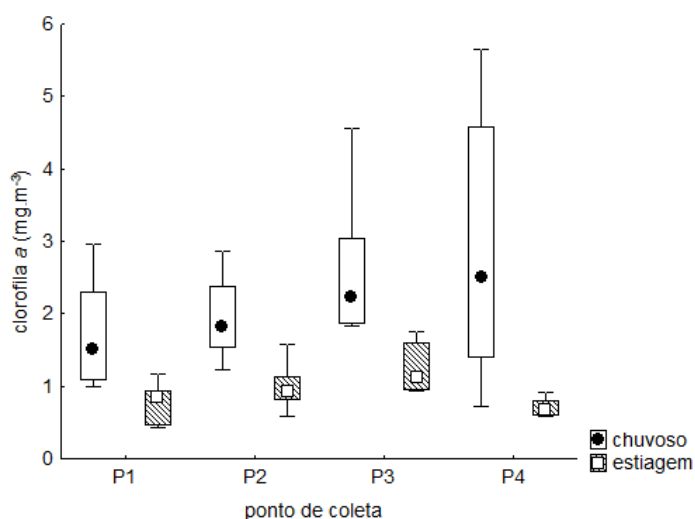


Figura 10. Variação da clorofila *a* (mg.m^{-3}) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

Os resultados obtidos a partir do índice de estado trófico TRIX permitiram classificar o ambiente como oligotrófico, apresentando algumas amostragens isoladas como ultraoligotrófico e todas as amostragens dos meses de junho e julho e as amostras do ponto 3 em agosto como mesotrófico. Os valores variaram de um mínimo de 0,99 a 3,46 (Fig. 11).

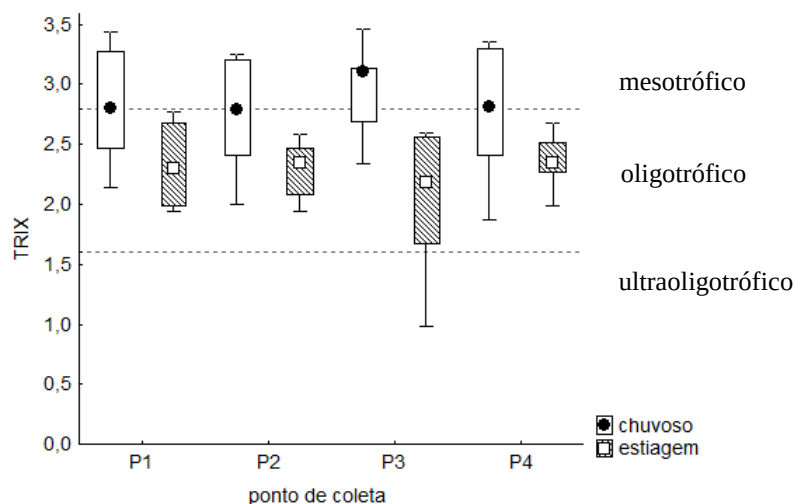


Figura 11. Variação do índice TRIX no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas no período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11), em diagrama de caixa (mediana, 1.º e 3.º quartis, mínimo e máximo).

Ao se analisar a correlação entre os parâmetros ambientais e a ordenação das amostras através da ACP (Fig. 12) verificou-se que foram formados três grupos em relação à sazonalidade. O primeiro grupo correspondeu ao período de estiagem, o segundo grupo ao mês de junho e o terceiro grupo ao restante dos meses do período chuvoso. Os dois primeiros componentes da ACP explicaram 45,2% das variações dos dados. A componente 1 explicou 30,6% e correlacionou diretamente transparência e salinidade; e inversamente com pluviosidade, clorofila *a* total e fracionada e nitrato. A componente 2 explicou 15,6% e evidenciou correlação direta entre temperatura e silicato e inversa destes parâmetros com MPS.

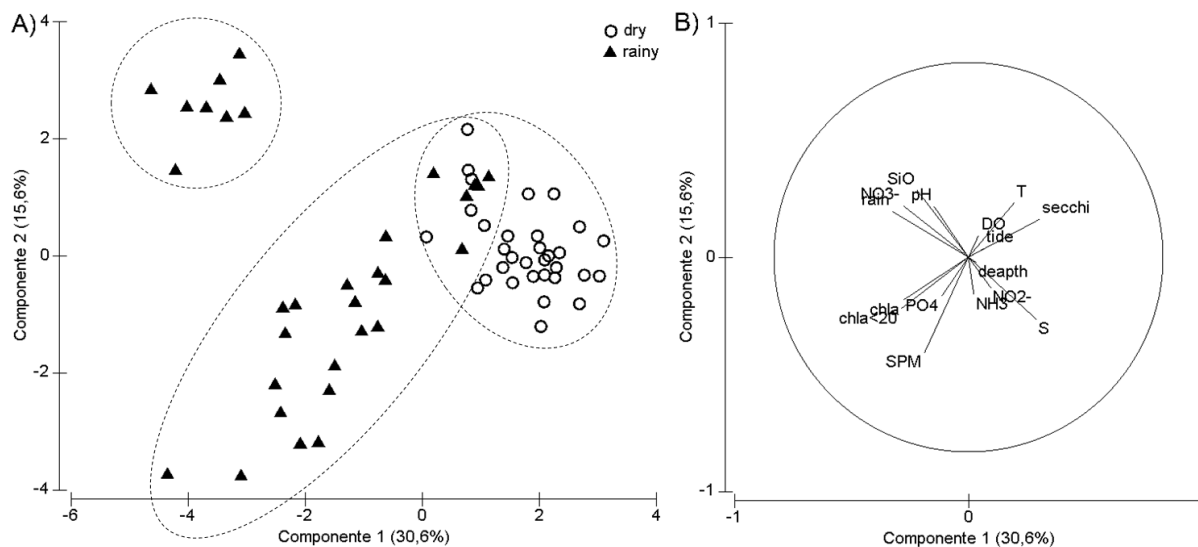


Figura 12. Análise dos Componentes Principais das variáveis ambientais analisadas do ecossistema recifal de Porto de Galinhas-PE, para as duas primeiras componentes principais. A) Ordenação das amostras; B) Ordenação das variáveis ambientais (Taxa de saturação do Oxigênio dissolvido = DO; Temperatura = T; Salinidade = S; Material Particulado em Suspensão = SPM; Nitrato = NO_3^- ; Nitrito = NO_2^- ; N-amoniaco = NH_3 ; Fósforo = PO_4 ; Silicato = SiO; Clorofila *a* = chl *a*; Clorofila *a* < 20 μm = chl *a* < 20).

DISCUSSÃO

Em áreas tropicais sob influência fluvial, a pluviosidade causa variações temporais na descarga dos rios gerando flutuações em diversos outros parâmetros ambientais, tais como salinidade, concentração de nutrientes, material em suspensão e produtividade fitoplanctônica (Santiago *et al.*, 2010).

No nordeste brasileiro, diversos trabalhos evidenciaram variação sazonal dos parâmetros ambientais em função das chuvas tais como Resurreição (1990), na plataforma continental de Pernambuco; Moura e Passavante (1994/1995) na baía de Tamandaré (PE); Campelo *et al.* (1999) na praia de Carne de Vaca (PE), assim como em Porto de Galinhas (PE) por Fonseca *et al.* (2002) e Machado *et al.* (2014).

Em Porto de Galinhas, a pluviosidade no período estudado seguiu o padrão climático da área, com chuvas de outono-inverno e a precipitação total anual não variou em relação à média dos 15 anos anteriores, com exceção do mês de junho de 2010. Este mês se destacou entre os demais devido à alta precipitação, ocasionada devido a um intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) ocorrido entre 16 e 18 de junho de 2010. Esse evento foi de magnitude catastrófica para alguns municípios de Pernambuco, gerando inundações o que

levou às autoridades a decretarem estado de emergência em diversas cidades e Calamidade Pública em sete municípios (Alves, Cavalcanti, e Nóbrega, 2012).

Esse distúrbio pôde ser percebido em campo, durante a coleta das amostras no mês de junho, realizada 5 dias após a ocorrência do DOL quando se verificou uma grande quantidade de material transportado pela enchente, incluindo destroços de construções. Os valores mais baixos de salinidade no mês de junho também se destacaram dentre os demais meses do período chuvoso, demonstrando que este foi um mês atípico do período chuvoso, devido ao DOL.

Os teores de clorofila *a* no mês de junho na baixa-mar também se destacaram dos demais meses do período chuvoso por apresentar menores valores, indicando certa inibição na produtividade fitoplanctônica, principalmente no ponto 4. Além disso, a ACP mostrou a formação de um grupo isolado das amostragens do mês de junho, separado dos demais meses do período chuvoso. Essa menor biomassa fitoplanctônica no mês de junho, deve estar associada ao grande aporte de água doce, com redução brusca de salinidade, uma vez que não foram verificados outros fatores que pudessem interferir na produtividade fitoplanctônica, tais como decréscimo de transparência ou nutrientes em relação aos demais meses do período chuvoso.

A pluviosidade interfere no ambiente costeiro através do aporte de água doce diretamente das chuvas, como também pela maior descarga dos rios. A interferência da pluviosidade em Porto de Galinhas durante o período chuvoso deve-se principalmente ao rio Maracaípe (rio mais próximo ao sul da área estudada), já que neste período do ano se verifica predominância de ventos de sudeste direcionando a corrente costeira no sentido norte.

De acordo com ACP, a pluviosidade apresentou uma correlação direta com clorofila *a* e nitrato e indireta com transparência e salinidade. Além disso, os parâmetros transparência, temperatura, salinidade, MPS, clorofila *a*, nitrito, nitrato, silicato e pH apresentaram variação sazonal significativa, evidencia-se uma influência sazonal sobre a maioria dos parâmetros analisados. Fonseca *et al.* (2002) também registraram uma relação direta entre a pluviosidade e a biomassa fitoplanctônica no ambiente recifal de Porto de Galinhas. Já Machado *et al.* (2014) apesar de não evidenciarem essa relação, possivelmente devido ao grazing do zooplâncton no período chuvoso, verificaram uma maior produtividade fitoplanctônica nesse período.

Segundo Jales *et al.* (2012), nos recifes costeiros que recebem certa influência terrígena, as concentrações de clorofila *a* são superiores às dos atóis e conseqüentemente estão sujeitas a influência da pluma dos rios que deságuam em suas proximidades. Por isso, há

uma tendência a ocorrer variação sazonal significativa com maiores concentrações no período chuvoso. Fato este já observado por Sassi *et al.* (1990), na Ponta do Seixas; Moura e Passavante (1994/95) em Tamandaré; Feitosa e Bastos (2007) e por Mayal *et al.* (2009) nos parrachos de Maracajaú; por Fonseca *et al.* (2002), Machado *et al.* (2007) em Porto de Galinhas e Costa Jr. (2007) no sudeste da Bahia.

Os maiores teores de clorofila *a* foram evidenciados no ponto 4 na baixamar nos meses de maio e julho. A interferência da pluma do rio Maracaípe nesse ponto também foi evidenciada por Machado *et al.* (2014) e Bastos *et al.* (2011) também verificaram que a pluma deste rio corre direção norte devido a predominância dos ventos sudeste no período chuvoso carreando uma maior quantidade de sais nutrientes nesse sentido.

Os estudos sobre a clorofila *a* são de grande importância, pois oferecem valiosas informações sobre a potencialidade produtiva de uma determinada área (Noriega *et al.*, 2005), podendo fornecer indicações sobre a quantidade de matéria orgânica disponível aos demais níveis tróficos.

Os teores de clorofila *a* em Porto de Galinhas estiveram semelhantes aos aferidos em outras áreas recifais do litoral brasileiro, tais como vistos por Moura e Passavante (1994/95) na baía de Tamandaré (PE); Amancio (2005) na praia de Campas (Tamandaré-PE); Feitosa e Bastos (2007) nos parrachos de Maracajaú (RN); Jales *et al.*, (2012) em Serrambi (PE) e Bastos *et al.* (2011) em Maracaípe (PE) e bem acima daqueles observados por Feitosa e Passavante (2004) no Atol das Rocas, por Vacelet *et al.* (1999) e Furnas *et al.* (2005) na grande barreira de corais da Austrália, por Ferrier-Pagés e Gatuso (1998) nas águas dos recifes de coral do Japão e por Costa Jr. (2007) nos recifes costeiros de Porto Seguro (BA).

Comparando-se os dados de clorofila *a* do presente trabalho com dados pretéritos de 1997 e 1998 (Fonseca *et al.*, 2002), 2004/2005 (Barradas *et al.*, 2012) e 2006 (Machado *et al.*, 2007) em Porto de Galinhas, verifica-se que as variações de biomassa fitoplancônica no intervalo de 13 anos foram semelhantes, ratificando que não é perceptível na área processo de eutrofização neste período.

Os nutrientes possuem elevada importância, pois suas concentrações, juntamente com a luz, são os principais fatores limitantes da produção dos organismos vegetais clorofilados, interferindo assim em toda a teia trófica (Macêdo *et al.*, 2004).

Em águas costeiras, pode ser difícil identificar as diversas fontes de contribuições de nutrientes para o ambiente uma vez que podem haver inúmeras fontes, tais como ressurgência, descarga fluvial, efluentes urbanos, agro-industriais, ressuspensão e remineralização de sedimento (Gobler; Boneillo, 2003; Eskinazi-Leça *et al.*, 2004).

De acordo com Tada *et al.* (2003), as áreas recifais tendem a apresentar baixas concentrações de clorofila *a* devido ao limitado suprimento de nutrientes, uma vez que a luminosidade dificilmente é o fator limitante para a produtividade fitoplanctônica nesse ambiente. Nesse sentido, Passavante e Feitosa (2004) e Bastos *et al.* (2011) consideram que a precipitação pluviométrica contribui de forma considerável no transporte de substâncias continentais para a zona costeira, através da lixiviação do solo, favorecendo uma maior produtividade primária no período chuvoso. Conforme Otsuka *et al.* (2015) a plataforma de Pernambuco é banhada por águas oligotróficas, pobres em nutrientes, no entanto, pode sofrer influência dos pequenos rios que deságuam ao longo da costa.

Nos ambientes recifais, o rápido consumo dos nutrientes pela comunidade fitoplanctônica quando há um aumento da bio-disponibilidade dos mesmos mantém os níveis de sais nutrientes baixos e com pequena variabilidade (Furnas *et al.*, 2005), podendo então algum incremento na concentração de nutrientes ser mascarado pelo rápido consumo pelo fitoplâncton.

Os valores de nutrientes dissolvidos encontrados em Porto de Galinhas no período estudado foram baixos, característicos de áreas recifais costeiras que ainda não estão recebendo aportes de efluentes domésticos líquidos, consideradas despoluídas como é o caso dos parrachos de Maracajaú (Feitosa e Bastos, 2007), baía de Tamandaré (Moura, 1991), Serrambi (Jales *et al.*, 2012) e Maracaípe (Bastos *et al.*, 2011).

Pôde ser verificada uma variação sazonal no nitrato e no silicato, com maiores valores no período chuvoso, evidenciando então que nesse período o aporte de nutrientes é significativamente maior, sendo o grande responsável pelo incremento de clorofila *a*, uma vez que a clorofila *a* e o nitrato também se correlacionaram fortemente na ACP. Fabricius e De'ath (2010) consideram que as plumas dos rios podem trazer sedimento em suspensão enriquecido com nutrientes que podem permanecer no sistema por meses, passando por muitos ciclos de deposição e ressuspensão antes de ser metabolizado ou sedimentado.

Os teores de silicato verificados neste trabalho foram similares aos obtidos na mesma área em 2006 (Machado *et al.*, 2007). Comparando-se os teores de silicato aqui obtidos com os observados em outras áreas recifais verificou-se que eles estiveram mais elevados do que nos parrachos de Maracajaú (Feitosa e Bastos, 2007) e nos recifes costeiros de Porto Seguro (Costa Jr., 2007), possivelmente em função da contribuição continental carregada pela pluma do rio Maracaípe; porém inferiores aqueles encontrados na baía de Tamandaré (Moura, 1991) e na praia de Carne de Vaca (Campelo *et al.*, 1999).

Apesar do nitrogênio ter sido o principal nutriente limitante no meio em quase todo o período amostrado, no mês de junho ele deixou de ser limitante pois houve um grande aumento do nitrogênio, juntamente com o silicato, em relação aos demais meses, em decorrência da maior descarga fluvial neste mês. Eventos de cheias normalmente aumentam a produtividade fitoplanctônica devido ao maior aporte de nutrientes provenientes do escoamento fluvial (Burford *et al.*, 2012).

Além da pluviosidade, outra importante variável que pode influenciar em outros parâmetros hidrológicos e as atividades biológicas da fauna e flora da zona costeira marinha é a maré. Na região costeira, vários relatos dos seus efeitos sobre a biota e parâmetros ambientais são reportados, principalmente em ambientes estuarinos, tais como relatado por Branco (2007) no sistema estuarino de Barra de Jangadas (PE), Leão *et al.* (2008) no estuário do rio Igarassu (PE), por Azevedo *et al.* (2008) no Golfão Maranhense, entre outros. Em áreas recifais seus efeitos também foram registrados por Blanchot e Charpy (1997) no oceano Pacífico subtropical, por Charpy e Charpy-Roubaud (1990) nas lagunas do atol Tikehau na Polinésia Francesa e Bastos *et al.* (2011) em Maracaípe (PE).

O litoral pernambucano apresenta marés com amplitude e período que as classificam nas categorias de meso-marés (entre 2 e 4m) e semidiurnas respectivamente (CPRH, 2003). Desta forma, a maré se altera em curtos períodos de tempo, o que faz com que os parâmetros influenciados por ela variem constantemente. Em Porto de Galinhas, particularmente, a maré exerce uma forte influência sobre a biota bentônica recifal, além dos seus efeitos poderem ser observados nas residências que se encontram à beira-mar, onde há necessidade de construção de muros de contenção em função do forte impacto das ondas durante as preamares de sizígia. No entanto, no presente trabalho, assim como verificado anteriormente em Porto de Galinhas (Machado *et al.*, 2007; Fonseca *et al.*, 2002), e na área recifal de Serrambi (Jales *et al.* 2012), a maré atuou de forma muito discreta sobre os parâmetros ambientais analisados na coluna d'água.

O efeito da temperatura sobre a atividade produtiva em ecossistemas tropicais passa a ser mais atenuado quando comparado às regiões temperadas e polares, pois apresenta pequena amplitude e sua variação ocorre de forma gradativa (Passavante e Feitosa, 2004).

O padrão sazonal encontrado em Porto de Galinhas na presente pesquisa, com maiores temperaturas no período de estiagem, já havia sido previamente reportado por Fonseca *et al.* (2002), Machado *et al.* (2007) em Porto de Galinhas e Jales *et al.* (2012) em Serrambi, apesar de nenhum desses trabalhos evidenciarem influência desse parâmetro nas demais variáveis. Comparando-se os valores de temperatura com os trabalhos prévios em Porto de Galinhas,

verifica-se que a temperatura superficial da água não sofreu aumento aparente (Fonseca *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2007), estando inclusive os valores máximos um pouco abaixo dos encontrados previamente.

Devido à ausência de grandes rios, as águas costeiras do estado de Pernambuco caracterizam-se por pequenas variações hidrológicas, apresentando constantemente altas temperaturas e altas salinidades. A temperatura superficial da água assemelha-se à temperatura do ar, sendo usualmente observados menores valores no período chuvoso. A salinidade também apresenta estreita relação com a pluviometria e a influência terrígena é mais acentuada no período chuvoso (Eskinazi-Leça *et al.*, 1997).

Nesse trabalho a salinidade apresentou uma amplitude maior do que a verificada em trabalhos anteriores (Fonseca *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2007) na mesma área. Essa maior amplitude, com valores abaixo dos anteriormente reportados, se deve a maior precipitação verificada na área o ano de 2010, devido à influência do Distúrbio Ondulatório de Leste. A variação sazonal e entre-marés foram significativas, com valores mais baixos no período chuvoso e na baixamar, indicando haver influência do rio Maracáipe com aporte de águas menos salinas no ecossistema.

Na zona costeira de Pernambuco, a influência da variação da salinidade fica mais restrita aos estuários e áreas adjacentes, já que na plataforma continental de Pernambuco a contribuição de água doce é pequena, mesmo levando-se em conta a sua sazonalidade (Passavante; Feitosa, 2004). No entanto foi verificado nesse trabalho uma variação de salinidade maior do que a verificada em trabalhos anteriores na área (Fonseca *et al.*, 2002; Machado *et al.*, 2007) influenciando na biomassa fitoplanctônica no mês de junho.

O estudo do material particulado em suspensão é uma ferramenta auxiliar, de alto valor, na interpretação da dinâmica oceanográfica, ajudando a localizar correntes, áreas de sedimentação, etc. Contribui também para a identificação das áreas de ressurgência (Melo, Summerhayes, e Toner, 1975). Os sedimentos sejam em suspensão ou depositados podem provocar seu efeito negativo ou inibitório nas comunidades recifais quando em excesso (McLaughlin *et al.*, 2003).

Em Porto de Galinhas verificou-se um padrão sazonal de MPS bem definido, com maiores valores no período chuvoso, relacionado a uma maior influência da pluma do rio Maracáipe sentido norte neste período, como verificado anteriormente por Machado *et al.* (2007) e Bastos *et al.* (2011). No entanto o mês de junho, no qual foi registrada pluviosidade acima da média devido ao Distúrbio Ondulatório de Leste, apresentou MPS abaixo dos dados obtidos anteriormente e neste trabalho de meses com alta pluviosidade (Fonseca *et al.*, 2002;

Machado *et al.*, 2007). Esses menores valores nesse mês devem-se provavelmente ao aporte de água pluvial excepcionalmente maior nesse mês devido ao Distúrbio Ondulatório de Leste, gerando uma camada de água superficial menos salina e com menos MPS.

O padrão sazonal bem definido do material particulado em suspensão presente nas águas de Porto de Galinhas com concentrações mais elevadas no período chuvoso já havia sido verificado em trabalhos anteriores na área (Machado *et al.* 2007) e também foram verificadas por Feitosa e Bastos (2007) nos parrachos de Maracajaú, Jales *et al.* (2012) em Serrambi e Vacelet *et al.* (1999), no ecossistema recifal da baía de Longoni, Oceano Índico. Apesar desse padrão sazonal a transparência local não foi um fator limitante para a comunidade fitoplanctônica em ambos os períodos.

Durante a baixa-mar, o aumento do material particulado em suspensão se deve principalmente ao aporte fluvial. Já durante a preamar, pode estar associado também a uma maior turbulência devido ao embate das ondas nos recifes e nos muros de contenção das edificações à beira-mar. Vacelet *et al.* (1999) também atribuíram os maiores valores de material particulado em suspensão ao aumento da força das ondas contra os recifes no período chuvoso no ecossistema recifal da Baía de Longoni, Oceano Índico.

O oxigênio dissolvido na água é um importante parâmetro nos processos bioquímicos e biológicos, como respiração, oxidação da matéria orgânica e compostos químicos e processos metabólicos celulares, além de ser um importante indicador de qualidade ambiental (Flores-Montes, 1996).

Em Porto de Galinhas, o oxigênio dissolvido e a sua taxa de saturação não apresentaram um padrão sazonal. Foi verificado variação entre-marés significativa, com maiores valores na preamar. Porém a diferença entre as médias das marés foi pequena e ambas ficaram acima de 100%.

As taxas de saturação do oxigênio dissolvido verificadas no presente trabalho foram parecidas as obtidas por Machado *et al.* (2007) e Fonseca *et al.* (2002) na mesma área. Desta forma, pode-se dizer que o ambiente recifal de Porto de Galinhas continua sendo considerado isento do processo de eutrofização e acordo com a classificação de Macêdo e Costa (1978), apesar da forte presença humana.

No ambiente marinho, o efeito buffer (tampão), impede amplas variações de pH, mantendo a água do mar sempre alcalina, variando em média entre 7,6 e 8,4. Em Porto de Galinhas a variação de pH foi muito pequena, assim como nos trabalhos anteriores na área (Machado *et al.*, 2007; Barradas *et al.*, 2012), mantendo-se o ambiente sempre alcalino.

CONCLUSÕES

Apesar da forte presença humana em Porto de Galinhas, e seus impactos diretos sobre o ecossistema recifal, as variáveis ambientais indicaram que a coluna d'água trata-se de um ambiente ainda isento do processo de eutrofização. O ecossistema recifal de Porto de Galinhas se assemelha às áreas recifais consideradas despoluídas, porém sobre leve interferência continental, podendo ser classificado como oligotrófico com tendência a mesotrófico no período chuvoso. Os parâmetros ambientais oscilaram mais em relação à sazonalidade do que em relação aos estágios de maré e pontos de coleta, sendo a pluviosidade importante condicionante das variações dos parâmetros oceanográficos. A influência da pluma do rio Maracaípe pode ser percebida no local através do incremento de nutrientes e material em suspensão e redução da salinidade no período chuvoso. O Distúrbio Ondulatório de Leste de junho de 2010 gerou alterações nas variáveis ambientais capazes de diferenciar as amostras desse mês do padrão encontrado para o período chuvoso. Eventos dessa magnitude podem gerar no ambiente, condições que modifiquem o padrão sazonal da biomassa fitoplanctônica, como foi verificado neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado a Raquel Correia de Assis Machado.

LITERATURA CITADA

- Alcantara, R., Padovani, B.F., and Travassos, P., 2004. A pesca artesanal e o turismo em Porto de Galinhas, Estado Pernambuco. *Boletim Técnico e Científico do CEPENE*, 12(1), 195–207.
- Alves, G., Flores-Montes, M., Gaspar, F., Gomes J., Feitosa, F.N. 2013. Eutrophication and water quality in a tropical Brazilian estuary. In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E., and O'Hare T.J. (eds.), *Proceedings 12th International Coastal Symposium*. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, PP.7-12.
- Alves, K.M.A., Cavalcanti, L.C.S., and Nóbrega, R.S. 2012. Eventos extremos e risco de inundação : uma análise do comportamento evolutivo dos Distúrbios Ondulatórios de Leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una - Pernambuco. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial 2, 1(5), 1024–1035.
- Amancio, F.C., 2005. Interação entre fitoplâncton e parâmetros ambientais: subsídio na gestão ambiental marinha. Recife, Brazil: Universidade Federal de Pernambuco, Master's thesis, 88p
- Andersen, J.H., Schluter, L., and Ærtebjerg, G., 2006. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. *Journal of Plankton Research*, 28(7), 621–628.
- Andrade, G.O. and Lins, R.C., 1965. . Introdução à morfoclimática do Nordeste do Brasil. *Arquivos do Instituto de Ciências da Terra*, 3(4), 17–28.

- Azevedo-Cutrim, A.C.G., 2008. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no Golfão Maranhense – Brasil. Recife, Brazil: Universidade Federal de Pernambuco, Ph.D. dissertation, 128p.
- Barradas, J.I., Amaral, F.D., Hernández, M.I.M, Flores-Montes, M.J., and Steiner, A.Q., 2010. Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flats at Porto de Galinhas Beach (Northeastern Brazil), with special focus on corals and calcified hydroids. *Biotemas*, 23(2), 61–67
- Bastos, R.B., Feitosa, F.A.N., Koenig, M.L., Machado, R.C.A., and Muniz, K., 2011. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca-Pernambuco-Brasil): Produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 15(1) 01–10.
- Blanchot, J. and Charpy, L., 1997. Picophytoplanktonic community structure in subtropical pacific ocean: a comparison between the offshore and coastal ocean and closed and open lagoons, in relation with nitrogen nutrient availability. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* v. 1 (Panamá), pp. 821–826.
- Branco, E.S., 2007. *Influência das variáveis ambientais na comunidade fitoplanctônica estuarina*. Recife: Editora Universitária UFPE, 266p.
- Brodie, J.E., Furnas, M.J., Steven, A.D.L., Trott, L.A., Pantus, F., Wright, M., 1997. Monitoring chlorophyll in the great barrier reef lagoon: trends and variability. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* v. 1 (Panamá), pp. 797-802.
- Burford, M.A., Webster, I.T., Revill, T., 2012. Controls on phytoplankton productivity in a wet–dry tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 113: 141–151.
- Campelo, M.J.A., Passavante, J.Z.O., and Koenig, M.L., 1999. Biomassa fitoplanctônica (clorofila - a) e parâmetros ambientais na praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 27(2), 27– 37.
- Charpy, L. and Charpy-Roubaud, C.L., 1990. A model of the relationship between light and primary production in an atoll lagoon. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 70, 357–369.
- Chaves, N.S., 1991. Mapeamento do quaternário costeiro ao Sul do Recife – PE (área 4 Porto de Galinhas a Guadalupe). Recife, Brazil: Universidade Federal de Pernambuco, Undergraduate Report, 82p.
- Corson, W.H., 2002. *Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. São Paulo: Augustus, 413p.
- Costa Jr., O.S., 2007. Anthropogenic nutrient pollution of coral reefs in southern Bahia, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 55(4), 265–279.
- CPRH (Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), 1997. *Plano de Ação Integrada Litoral Sul: Síntese*. Ipojuca: CPRH/ GERCO, 29p. http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/1plano_gestao.pdf.
- CPRH, 2003. *Definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual do litoral do município de Ipojuca – PE*. Relatório final: Termo de Referência MMA/PNMA II—SECTMA No. 249. 36p. <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/relatorio-final.pdf>.
- Engmann, A., 2006. Padrões de distribuição da ictiofauna recifal da praia de Porto de Galinhas (PE) e avaliação da influência do turismo e da pesca. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Master's thesis, 73p.
- Eskinazi-Leça, E., Koenig, M.L., Silva-Cunha, M.G.G., 2004. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S., Costa, M.F. (org.) *Oceanografia: Um cenário tropical*. Recife: Bagaço, pp. 353-373.
- Eskinazi-Leça, E., Silva-Cunha, M.G., Koenig, M.L., Macedo, S.J., and Costa, K.M.P., 1997. Variação espaço temporal do fitoplâncton na plataforma continental de

- Pernambuco –Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de PE*, 25, 1–16.
- Fabrizius, K., and De'ath, G., 2010. Biodiversity on the Great Barrier Reef: Large-Scale Patterns and Turbidity- Related Local Loss of Soft Coral Taxa. In: Eric Wolanski, E. (ed.) *Oceanographic processes of coral reefs : physical and biological links in the Great Barrier Reef*. Boca Raton: CRC Press LCC, p.127-144.
- Feitosa, F.A.N. and Bastos, R.B., 2007. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema costeiro de Maracajaú-RN. *Arquivos de Ciências do Mar*, 40(2), 26-36.
- Feitosa, F.A.N. and Passavante, J.Z.O., 2004. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do Atol das Rocas (Brasil). In: CHELLAPPA, N. T., CHELLAPPA, S., PASSAVANTE, J. Z. O. (eds.), *Ecologia aquática tropical*. Natal: ServGraf, p. 143-156.
- Ferrier-Pagès, C. and Gattuso, J.P., 1998. Biomass, production and grazing rates of pico- and nanoplankton in coral reef waters (Miyako Island, Japan). *Microbial Ecology*, 35, 46-57.
- Flores-Montes, M.J., 1996. Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz, Itamaracá, PE. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Master's thesis, 197p.
- Fonseca, R.S., Passavante, J.Z.O., Maranhão, G.M.B., and Muniz, K., 2002. Ecossistema recifal da praia de Porto de Galinhas (Ipojuca, Pernambuco): biomassa fitoplanctônica e hidrologia. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, 10(1), 9-26.
- Furnas, M.J., Mitchell, A.W., Skuza, M.M., Brodie, J., 2005. In the other 90%: phytoplankton responses to enhanced nutrient availability in the Great Barrier Reef Lagoon. *Marine Pollution Bulletin*, 51, 253–265.
- Gobler, C., and Boneillo, G. 2003. Impacts of anthropogenically influenced groundwater seepage on water chemistry and phytoplankton dynamics within a coastal marine system. *Marine Ecology Progress Series*, 255, 101–114.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., and Kremling, K. (eds.), 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Weinheim: Verlag Chemie, 419 p.
- Jales, M. C., Feitosa, F. A. N., Koenig, M. L., Bastos, R. B., and Machado, R. C. A. 2012. O Ecossistema Recifal De Serrambi (Nordeste Do Brasil): Biomassa Fitoplanctônica E Parâmetros Hidrológicos. *Atlântica*, 34(2), 87–102.
- Leao, B.M., Passavante, J.Z.O., Silva-Cunha, M.G.G., and Santiago, M.F., 2008. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3), 711-722.
- Macêdo, S.J. and Costa, K.M.P., 1978. Estudos ecológicos da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil. Condições Hidrológicas do Estuário do Rio Botafogo. *Ciência e Cultura*, 30(7), 346-368.
- Macêdo, S.J., Muniz, K., and Flores Montes, M.J., 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do Estado de Pernambuco. In: Eskinazi-Leça, E., Neumann-Leitão, S., Costa, M. F. (eds.), *Oceanografia: Um cenário tropical*. Recife: Bagaço, pp. 255-286.
- Machado, C. C. C., Nóbrega, R. S., Oliveira, T. H., and Alves, K. M. A. S., 2012. Distúrbio Ondulatório de Leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. *Revista Brasileira de Climatologia*, 11, p. 146-188.
- Machado, R.C.A., Feitosa, F.A.N., Bastos, R.B., and Travassos, R.K., 2007. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e parâmetros hidrológicos no ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE*, 15(2), 17-29.
- Machado, R.C.A., Feitosa, F.A.N., Koenig, M.L., Flores Montes, M.J., Bastos, R.B., and Jales, M.C., 2014. Phytoplankton productivity and hydrology of Porto de Galinhas reef ecosystem (Pernambuco, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 30, 371-378.

- Machado, R.C.A., Gusmao, L.C., Vila-Nova, D.A., Leal, A.F., Oliveira, A.C.A., and Soares, C.L.R.S., 2009. Percepção sócio-ambiental dos turistas e trabalhadores da praia de Porto de Galinhas (Pernambuco-Brasil) acerca do ecossistema recifal. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 9, 71-78.
- Manso, V.A.V., Corrêa, I.C., and Guerra, N.C., 2003. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de Porto de Galinhas e Campos – Litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 30(2), 17-25.
- Maranhão, G.M.B., 2003. Distribuição espaço-temporal da meiofauna e da nematofauna no ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Ipojuca, Pernambuco, Brasil. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Ph.D. thesis, 115p.
- Mayal, E.M., Neumann-Leitão, S., Feitosa, F.A.N., Schwamborn, R.: Silva, T.A., and Silva-Cunha, M.G.G., 2009. Hydrology, Plankton, and Corals of the Maracajaú Reefs (Northeastern Brazil) - an Ecosystem Under Severe Thermal Stress. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 52(3), 665-678.
- McLaughlin, C.J., Smith, C.A., Buddemeier, R.W., Bartley, J.D., 2003. Maxwell, B.A. Rivers, runoff, and reefs. *Global and Planetary Change*, 39, 191-199.
- Melo, V., Summerhayes, C.D., and Toner, L.G., 1975. Metodologia para estudos do material em suspensão na água do mar. *Boletim Técnico da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 18(314), 115-127.
- Mendonça, L.C. (ed.), 2004. *A invenção de Porto de Galinhas: História, empreendedorismo e turismo*. Recife: Persona, 248 p.
- Moraes, R.L.G., 2008. A interação sócio-ambiental entre a comunidade de jangadeiros e o ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Pernambuco-Brasil. Recife: Faculdade Frassinetti do Recife, Graduation monography, 78p.
- Moura, R.T., 1991. Biomassa, produção primária do fitoplâncton e alguns fatores ambientais na baía de Tamandaré, Rio Formoso, Pernambuco Brasil. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Master's thesis, 290p.
- Moura, R.T., and Passavante, J.Z.O., 1994/1995. Biomassa fitoplanctônica da Baía de Tamandaré, Rio Formoso-Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco*, 23, 1-15.
- Noriega, C.D., Costa, K.M.P., Feitosa, F.A., Flores-Montes M.J., Grego, C.K.S., Soares, G.S.S., and 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 Ciências do Mar*, 38, 5-18.
- Otsuka, A.Y., Feitosa, F.A.N., Flores-Montes, M. J., and Silva, A. 2015. Dynamics of Chlorophyll a and Oceanographic Parameters in the Coastal Zone: Barra das Jangadas-Pernambuco, Brazil. *Journal of Coastal Research*.
- 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., Costa, M.F. (eds.), *Oceanografia: Um cenário tropical*. Recife: Bagaço, pp. 425-439.
- Primpas, I., and Karydis, M., 2011. Scaling the trophic index (TRIX) in oligotrophic marine environments. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 257–269.
- Redfield, A.C, Ketchum, B.H, Richards, F. A. The influence of organisms on the composition of sea-water. In: HILL, M. N. (Ed) *The sea v. 2: The composition of seawater: comparative and descriptive oceanography*. New York: John Wiley & Sons. 1963, p. 26-77
- Resurreição, M. G., 1990. Variação anual da biomassa fitoplanctônica na plataforma continental de Pernambuco: Perfil em frente ao Porto da Cidade do Recife (08°03'38" Lat. S a 34°52'00" Long. W.). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Master's thesis, 306p.

- Santiago, M.F., Silva-Cunha, M.G.G., Muniz, K., Neumann Leitão, S., Borges, G.C.P., Porto Neto, F.F., and Nunes, F.S., 2010. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58, 189-205.
- Sassi, R., Veloso, T.M.G., Melo, G.N., and Moura, G.F., 1990. Variações diurnas do fitoplâncton e de parâmetros hidrológicos em recifes costeiros do nordeste do Brasil. *Anais do IV Encontro Brasileiro de Plâncton*, 61-96.
- Strickland, J.D.H., and Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of sea water analysis. 2. ed. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, 167, 207-211.
- Tada, K., Sakai, K., Nakano, Y., Takemura, A., and Montani, S., 2003. Size-fractionated phytoplankton biomass in coral reef waters off Sesoko Island, Okinawa, Japan. *Journal of Plankton Research*, 25(8), 991-997.
- Torres, F.T.P. and Machado, P.J.O., 2011. *Introdução à Climatologia*. São Paulo: Cengage Learning, 256p.
- UNESCO, 1966. *Determination of photosynthetic pigments in sea water: Report of SCOR-Unesco, Working Group 17*. Paris: United Nations Education, 69p.
- UNESCO, 1973. *International Oceanographic Table*. Great Britain: Wormly, 2, 141p.
- Vacelet, E., Arnoux, A. Thomassin, B.A., and Travers, M., 1999. Influence of freshwater and terrigenous material on nutrients, bacteria and phytoplankton in a high island lagoon: Mayotte, Comoro Archipelago, Indian Ocean. *Hydrobiologia*, 380, 165-178.
- Vollenweider, R.A., Talling, J.F., and Westlake, D.F., 1974 *A manual in method for measuring primary production in aquatic environments, including a chapter on bacteria*. Oxford: International Biological Program Handbook, 225p.
- Yang, X., Wu, X., Hao, H. and He, Z., 2008. Mechanisms and assessment of water eutrophication. *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(3), 197-209.

6 MANUSCRITO II

- A ser submetido à Acta Botanica Brasilica (ANEXO 2)

**VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DA ESTRUTURA DA COMUNIDADE
FITOPLÂNTONICA EM UM ECOSSISTEMA RECIFAL NO NORDESTE DO
BRASIL**

**SEASONAL AND SPATIAL VARIATION IN PHYTOPLANKTON COMMUNITY
STRUCTURE OF A REEF ECOSYSTEM IN NORTHEASTERN BRAZIL**

RESUMO

A praia de Porto de Galinhas possui grande importância sócio-econômica por possuir um ambiente recifal que atrai grande número de turistas. Com o intuito de contribuir com o monitoramento da qualidade ambiental da área, que é submetido à forte pressão antrópica, analisou-se a composição fitoplanctônica em quatro pontos fixos de coleta. As amostras de plâncton foram coletadas com garrafa de Niskin e rede com abertura de 20µm de malha, com arrastos de 5 minutos, em quatro meses dos períodos de estiagem e do chuvoso, na superfície, no entorno dos recifes, na preamar e baixa-mar, em marés de sizígia diurna. A estrutura da comunidade fitoplanctônica, assim como os parâmetros abióticos, oscilaram em função da sazonalidade. Foram identificados 192 táxons, pertencentes a 6 divisões, sendo Ochrophyta a mais representativa (64,6%), seguida por Dynophyta (19,3%). *Ostreopsis ovata*, *Trichodesmium erythraeum*, *Protoperdinium bispinum*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira leptopus* e *Fragilaria capucina* foram as espécies mais representativas do ambiente. *O. ovata* foi a única espécie muito frequente e dominante. O Distúrbio Ondulatório de Leste contribuiu para a ocorrência de grande parte das espécies dulciaquícolas que ocorreram no local. O ambiente caracterizou-se como oligotrófico, tendendo a mesotrófico no período chuvoso. O elevado número de táxons, associado a uma alta equitabilidade foram indicativos de equilíbrio ambiental. A interferência continental pôde ser percebida através da variação dos parâmetros abióticos, assim como da variação na estrutura da comunidade fitoplanctônica.

Key words: fitoplâncton, ambiente recifal, hidrologia, sazonalidade, densidade.

INTRODUÇÃO

No Brasil, assim como em diversas partes do mundo, a zona costeira vem passando por um rápido processo de expansão populacional e econômica que incluem atividades que impactam negativamente os ambientes costeiros e marinhos (Stori et al., 2006). Muitas vezes

esses impactos geram mudanças nas condições ecológicas e os habitats se alteram, causando perda da biodiversidade (Costa et al., 2004). Desta forma, estudos que avaliem o impacto dessas mudanças sobre o ambiente e a biota são importantes por fornecer subsídios para que se adotem medidas de proteção e manejo desses ecossistemas.

O fitoplâncton é composto por diversos grupos de organismos, dentre os quais estão as cianobactérias, as diatomáceas, os dinoflagelados, as clorofíceas, os cocolitoforídeos, os silicoflagelados e as criptofíceas (Lourenço & Marques Júnior 2009). Um dos pontos básicos para o entendimento da estrutura e do funcionamento dos ecossistemas aquáticos é o estudo destas espécies de microalgas, podendo sua diversidade ser analisada através da riqueza de espécies e do conhecimento taxonômico (Wetzel 1993).

As algas planctônicas possuem grande importância ecológica, pois são importantes produtores primários no ambiente marinho, sendo os principais responsáveis pelo início e manutenção da teia trófica marinha, pela liberação do oxigênio dissolvido na água, além de serem considerados excelentes bioindicadores de massas d'água e da qualidade ambiental (Round 1983; Medeiros et al., 1999; Eskinazi-Leça et al., 2004). Além disso, juntamente com o zooplâncton são o alimento direto dos pólipos dos corais, de muitos invertebrados e vertebrados habitantes dos recifes.

As mudanças ambientais que gerem a alteração de fatores, como luz, temperatura, substrato, salinidade, pH e disponibilidade de nutrientes, refletem diretamente na biomassa, assim como na densidade, na estrutura da comunidade e na produtividade fitoplanctônica (Eskinazi-Leça & Koenig 1991).

Por apresentar uma resposta rápida às alterações físicas e químicas do ambiente aquático, a comunidade fitoplanctônica apresenta assim um caráter muito dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda. As mudanças na composição e estrutura desta comunidade podem levar a profundas alterações em todos os níveis tróficos (Valiela 1995; Brandini et al., 1997).

A comunidade fitoplanctônica é a principal fonte de alimento no ambiente pelágico marinho, porém, assume papel secundário nos ecossistemas recifais em relação à produção primária das zooxantelas simbióticas. Apesar de não ser a principal responsável pela produtividade primária deste ecossistema, possui grande importância ecológica, pois exerce um papel fundamental para a nutrição e manutenção de inúmeros organismos, que são filtradores e co-habitam os recifes, inclusive os pólipos dos corais (Sorokin, 1990). Além disso, é considerada excelente indicadora da qualidade da água, por responder rapidamente aos impactos ambientais (Eskinazi-Leça et al., 2002).

Dentre os ambientes recifais da costa brasileira, destaca-se a praia de Porto de Galinhas por possuir recifes que formam piscinas naturais de águas mornas e transparentes, sendo este o principal atrativo para ser considerada uma das praias mais visitadas do litoral do nordeste do Brasil, tornando-se reconhecido destino turístico nacional e internacional (Mendonça, 2004).

Levando-se em conta a importância da preservação ambiental e sócio-econômica do ecossistema recifal de Porto de Galinhas e a forte pressão antrópica a que ele vem sendo submetido, tanto pela especulação imobiliária como pelo turismo desordenado, sente-se a necessidade de um conhecimento mais aprofundado deste ecossistema para o monitoramento e a manutenção da sua fauna e flora. Por isso, vários trabalhos de cunho ambiental tem sido realizados na área, incluindo avaliações da biomassa e produtividade fitoplanctônica (Fonseca et al., 2002; Machado et al., 2007; Barradas et al., 2012; Machado et al., 2014).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica (composição, abundância, frequência, diversidade específica, equitabilidade) e a influência dos parâmetros hidrológicos sobre a mesma. Por se tratar do primeiro levantamento sobre a estrutura desta comunidade, contribui de forma significativa para o conhecimento da ecologia do referido ambiente.

ÁREA ESTUDADA

A praia de Porto de Galinhas está situada no município de Ipojuca, estado de Pernambuco, 50 km ao sul da cidade de Recife (8°30'17"S e 35°00'18"W). Apresenta formações recifais características da costa pernambucana que correspondem a linhas de *beachrocks*, geralmente paralelas à costa, que servem de substrato para o desenvolvimento de algas e corais (Manso et al., 2003).

A área recifal possui cerca de 1,5 km de extensão e larguras variáveis com a porção central medindo 0,38km. Há a presença de uma flora e fauna bem diversificada características de um ambiente recifal.

A direção dos ventos na praia de Porto de Galinhas é predominante de E - SE, no período de abril a setembro, e de E - NE, de outubro a março (CPRH, 1997).

Os rios mais próximos do ambiente recifal de Porto de Galinhas são o rio Maracaípe ao sul, cuja foz se localiza a cerca de 3 km, e o complexo portuário de Suape ao norte, formado pelos rios Ipojuca, Merepe, Tatuoca e Massangana e localizado a cerca de 10 km.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima é considerado do tipo As', com chuvas de outono-inverno (Andrade & Lins 1965). Caracteriza-se, portanto, por apresentar

dois períodos distintos no regime pluviométrico: uma estação seca ou de estiagem, que se prolonga de setembro a fevereiro (primavera-verão), e uma estação chuvosa, de março a agosto (outono-inverno). A precipitação média anual é de 2050 mm, enquanto que a temperatura fica entre 24 e 32°C (Chaves 1991; Torres & Machado 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas em quatro pontos fixos, em quatro meses do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto de 2010) e quatro meses do período de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011), na superfície da coluna d'água, durante a baixa-mar e preamar de um mesmo dia, durante marés de sizígia.

Tomando-se por base a geomorfologia e hidrodinâmica local foram estabelecidos quatro pontos fixos de coleta no entorno do recife, sendo dois pontos entre os recifes e a praia e dois pontos no lado oposto. Os pontos 1 ($8^{\circ}30'14.58''\text{S}$ e $34^{\circ}59'57.16''\text{W}$) e 2 ($8^{\circ}30'11.35''\text{S}$ e $34^{\circ}59'46.58''\text{W}$) estão situados na extremidade norte dos recifes e os pontos 3 ($8^{\circ}30'50.18''\text{S}$ e $35^{\circ}0'8.61''\text{W}$) e 4 ($8^{\circ}30'57.34''\text{S}$ e $34^{\circ}59'58.56''\text{W}$) na extremidade sul dos recifes (Fig. 1).

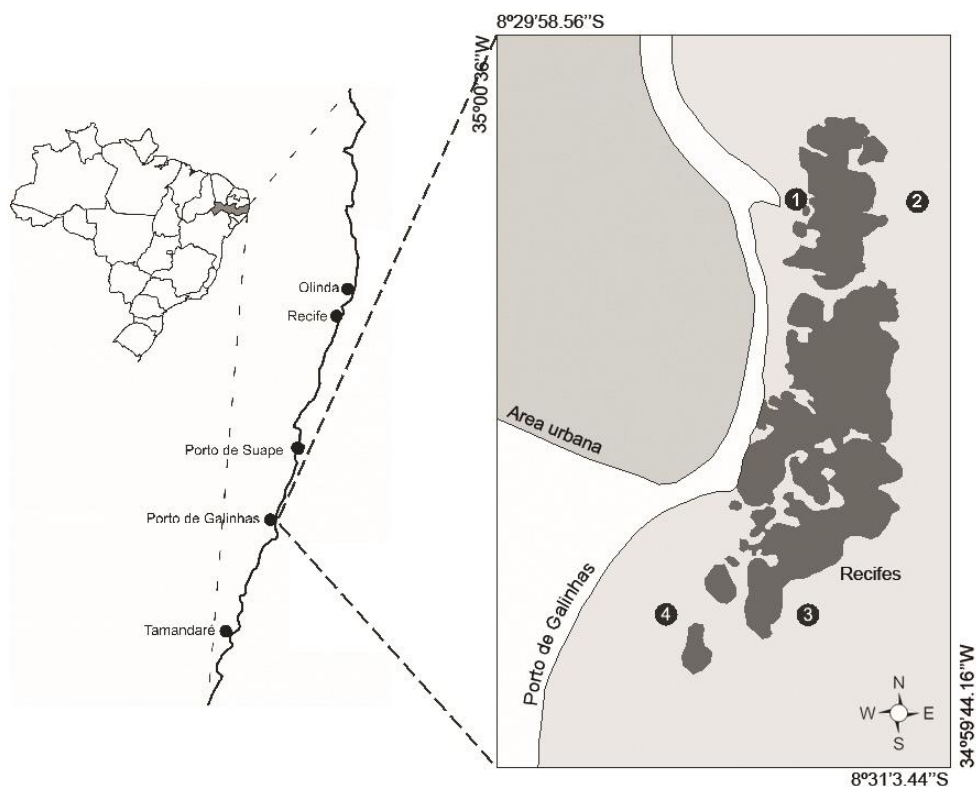


Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).

Foram avaliados a temperatura, através de um termômetro com escala entre -10 e 60 °C; a transparência da água através do disco de Secchi; a salinidade, utilizando-se um refratômetro manual (ATAGO); o oxigênio dissolvido pelo método de Winkler modificado (Strickland & Parsons, 1972) e sua taxa de saturação, usando-se a tabela da UNESCO (1973); o material particulado em suspensão total (MPS), pelo método do Woods Hole Institution (Melo et al., 1975); os sais nutrientes dissolvidos, N-amoniaco, nitrito, nitrato e fosfato pelos métodos descritos por Strickland & Parsons (1972), o silicato de acordo com (Grasshoff et al., 1983) e a biomassa fitoplanctônica pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966).

Para a análise da densidade fitoplanctônica (número de células.L⁻¹), as amostras foram coletadas em garrafa de Niskin e fixadas em solução de lugol. Para análise laboratorial, foram utilizadas câmaras de sedimentação de 10mL, analisadas em microscópio invertido, aplicando-se o método Utermöhl (Hasle 1978; Edler 1979; Ferrario et al., 1995).

As amostras para o estudo do fitoplâncton foram coletadas através de arrastos horizontais de 5 minutos cada, utilizando-se uma rede de plâncton de abertura de malha de 20µm, e fixadas com formol neutro a 4% seguindo a técnica de Newell e Newell (1963). A composição florística do fitoplâncton foi determinada através de observações em microscópio ótico com aumento de 100x e 400x. Para isto as amostras foram homogeneizadas e em seguida foram retiradas alíquotas de 0,5 mL e colocadas entre lâmina e lamínula sendo considerados todos os organismos presentes na lâmina.

A identificação taxonômica foi realizada consultando literaturas especializadas. Para o enquadramento dos táxons e checagem dos nomes científicos foi utilizado o banco de dados internacional Algaebase (Guiry & Guiry, 2015).

Foi calculada a abundância relativa dos táxons de acordo com Lobo e Leighton (1986) e a frequência de ocorrência a partir da fórmula descrita por Mateucci & Colma (1982).

A classificação ecológica dos táxons infragenéricos foi baseada em Torgan & Biancamano (1991), Moreira Filho et al. (1990), Moreira Filho et al. (1994-1995), Moreira Filho et al. (1999). Para os demais grupos, foi utilizada a mesma bibliografia consultada para a identificação taxonômica.

A diversidade específica do fitoplâncton foi avaliada através do índice de Shannon (1948) e a equitabilidade foi calculada através de Pielou (1977).

A avaliação numérica dos dados biológicos foi realizada através de escalonamento não paramétrico multidimensional (MDS), seguido de Análise de Similaridade (ANOSIM) para testar a significância das similaridades. Também foi realizada a rotina SIMPER para verificar as principais espécies formadoras de grupos. Em seguida, utilizou-se o Bio-Env para

encontrar o grupo de variáveis abióticas que melhor explicam a configuração das variáveis biológicas, utilizando-se o software PRIMER[®] 6.1.12. Utilizou-se o teste não paramétrico Kruskal-Wallis, através do software STATISTICA[®] 8.0 para testar diferenças de sazonalidade, espacialidade e marés entre as variáveis abióticas, diversidade e equitabilidade. Foram considerados significativos valores de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

A distribuição mensal das chuvas nos meses estudados acompanhou a distribuição da média dos 15 anos anteriores, com exceção de junho de 2010, cujo valor esteve mais elevado e novembro de 2010, cujo valor esteve abaixo da média (Fig. 2). A alta pluviosidade verificada no mês de junho se deve a um intenso Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL), ocorrido cinco dias antes do dia de coleta. A pluviosidade no período estudado seguiu o padrão climático da área, com chuvas de outono-inverno e a precipitação total anual não variou em relação à média dos 15 anos anteriores, com exceção do mês de junho de 2010.

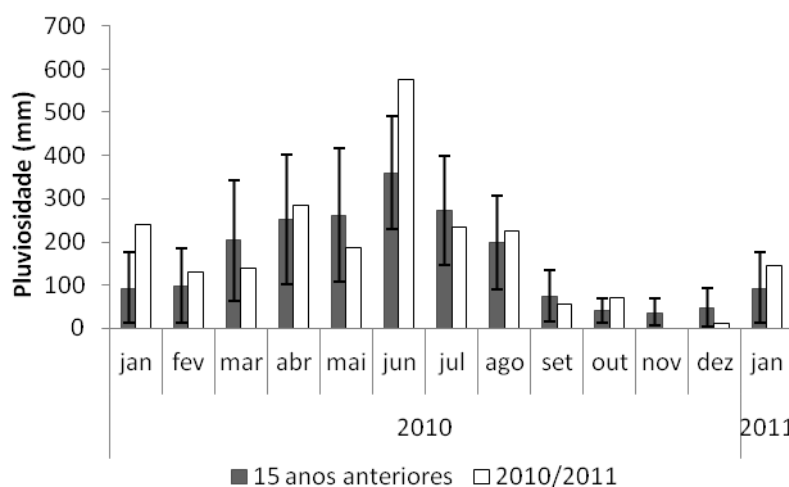


Figura 2. Dados pluviométricos da Estação Meteorológica de Porto de Galinhas-PE do período de estudo (2010 e 2011) e a média dos 15 anos anteriores (1995 a 2009). Fonte: APAC.

Dentre as variáveis abióticas, a temperatura da água apresentou variação sazonal significativa, com valores maiores no período de estiagem ($p < 0,0001$). A salinidade apresentou variação sazonal, com menores valores no período chuvoso ($p < 0,0001$), destacando-se o mês de junho, com um mínimo de 27 e variação entre marés, com menores valores na baixa-mar ($p = 0,0003$). O MPS presente nas águas de Porto de Galinhas mostrou

um padrão sazonal bem definido, com valores significativamente maiores no período chuvoso e a transparência apresentou padrão oposto ($p < 0,0001$). A maioria das taxas de saturação do oxigênio dissolvido esteve acima de 100%. Maiores valores foram verificados na preamar ($p = 0,0209$) (Fig. 3). Os pontos 1 e 4 apresentaram maiores valores em relação aos demais. Dentre os nutrientes dissolvidos, o NID e o silicato apresentaram variação sazonal bem definida ($p = 0,003$ e $p < 0,0001$ respectivamente), com valores maiores no período chuvoso (Fig. 3).

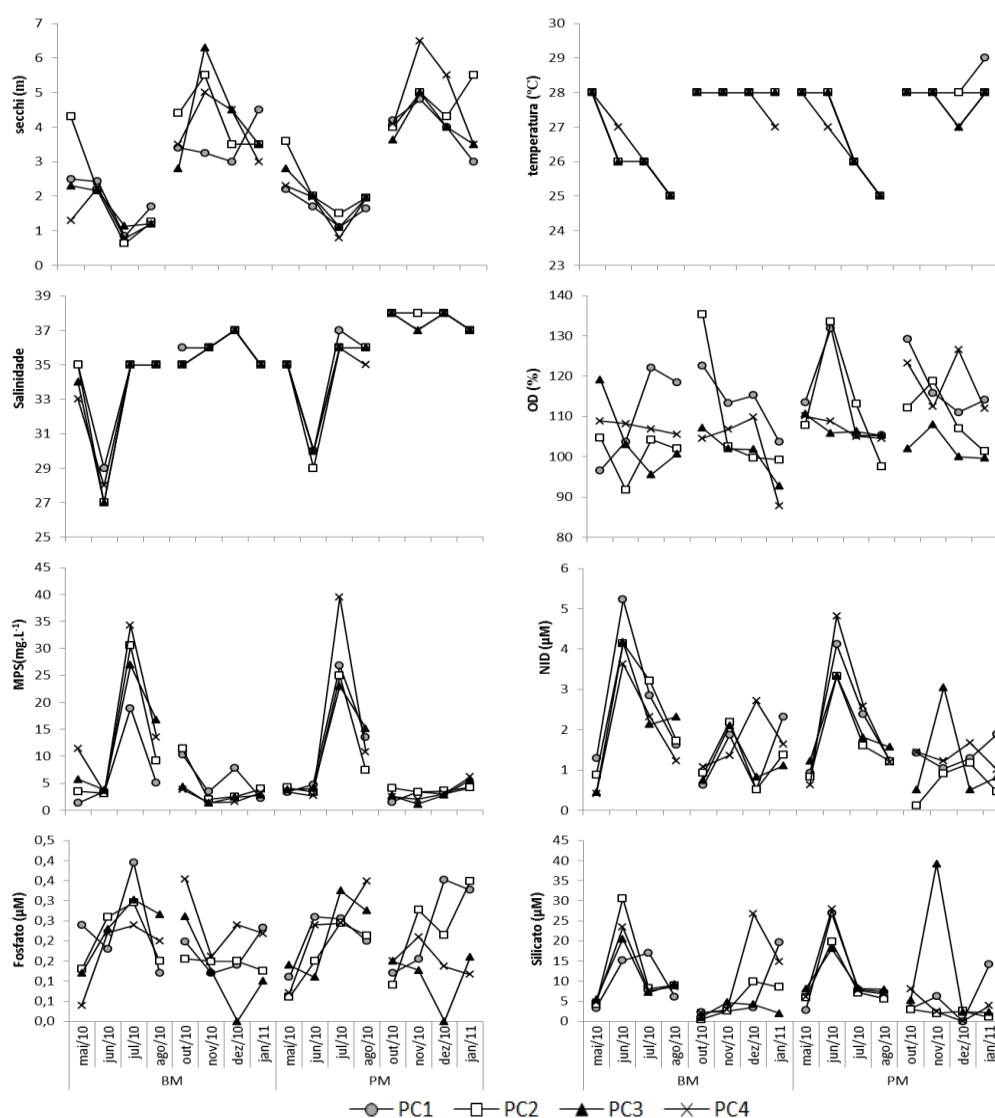


Figura 3. Variação da transparência (Secchi), temperatura, salinidade, taxa de saturação do oxigênio dissolvido, material particulado em suspensão (MPS), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID) (N-amoniaco+nitrato+nitrato), fosfato e silicato no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).

A biomassa fitoplanctônica variou entre 0,42 a 5,66 mg.m⁻³, apresentando variação sazonal com maiores valores no período chuvoso ($p < 0,0001$) (Fig. 4). Não foram verificadas variações espacial e entre-marés significativas. No entanto, vale a pena ressaltar que foram verificados, no período chuvoso, picos de clorofila *a* nos pontos 3 e 4.

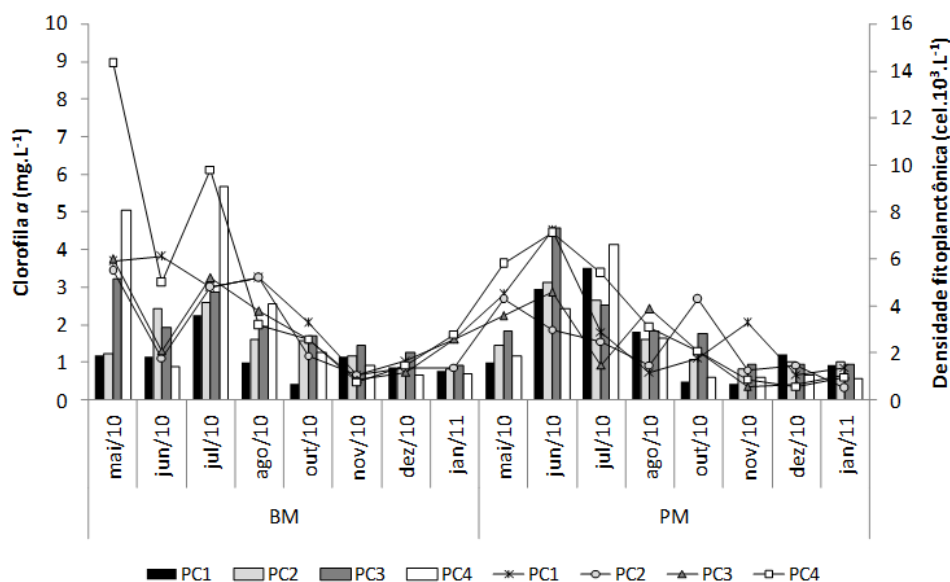


Figura 4. Variação da clorofila *a* (barras) e densidade fitoplanctônica (linhas) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).

A densidade fitoplanctônica variou de 0,50 a 14,3 cél.10³.L⁻¹ e seguiu a variação da biomassa fitoplanctônica (Fig. 4), com maiores valores no período chuvoso (média de 4,71 cél.10³.L⁻¹), quando comparado ao período de estiagem (1,68 cél.10³.L⁻¹) ($p < 0,0001$). Os maiores valores de densidade fitoplanctônica, assim como na biomassa, foram observados no ponto 4 nos meses de maio e julho na baixa-mar.

Com base nos dados obtidos a partir da análise microscópica das amostras de fitoplâncton da área recifal de Porto de Galinhas, foi possível identificar 192 táxons, distribuídos em 6 filos. O filo Ochrophyta esteve representada por 124 táxons contribuindo com 64,6% da flora, seguido pelo filo Dynophyta com 37 táxons (19,3%), Cyanobacteria com 19 táxons (9,9%), Clorophyta com 7 táxons (3,6%), Euglenozoa com 4 táxons (2,1%) e 1 Chryptophyta (0,5%) (tab. 1).

Tabela 1. Táxons identificados no entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas. CF=classe de frequência; MF=muito frequente; F=frequente; PF=pouco frequente; E=esporádica; CE= categoria ecológica; PMN= planctônica marinha nerítica; PMO= planctônica marinha oceânica; PMNO= planctônica marinha nerítica/oceânica; PD= planctônica dulciaquícola; PE= planctônica estuarina; PNE= planctônica nerítica/estuarina; TN= ticoplanctônica nerítica; TO= ticoplanctônica oceânica; TE= ticoplanctônica estuarina; TD= ticoplanctônica dulciaquícola.

(continua)

Táxons	CF	CE	Táxons	CF	CE
CYANOBACTERIA					
<i>Anabaena</i> sp.	E	-	<i>Oscillatoria sancta</i> Kützing ex Gomont	E	PD
<i>Aphanocapsa rivularis</i> (Carmichael) Rabenhorst	E	PD	<i>Oscillatoria</i> sp. 1	PF	-
<i>Aphanothece</i> sp.	E	-	<i>Oscillatoria</i> sp. 2	PF	-
<i>Chroococcus</i> sp.	E	-	<i>Plectonema</i> sp.	E	-
<i>Chroococcus major</i> Komárék & Komáková-Legnerová	PF	PD	<i>Spirulina major</i> Kützing ex Gomont	E	PD
cyanobacteria 1	E	-	<i>Synechococcus aeruginosus</i> Nägeli	E	PD
cyanobacteria 2	E	-	<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg ex Gomont	PF	PMO
<i>Lyngbya</i> sp.	PF	-	<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont	PF	PMO
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	E	PD	<i>Trichodesmium</i> sp.	PF	-
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	E	PD			
EUGLENOZOA					
<i>Phacus</i> sp.	E	-	<i>Trachelomonas</i> sp.	E	-
<i>Euglena</i> sp.	E	-	<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein	E	PD
DYNOPHYTA					
<i>Cochlodinium</i> sp.	E	-	<i>Protoperidinium cassum</i> (Balech) Balech	E	PMN
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent	E	PMN	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech	E	PMN
<i>Gonyaulax polygramma</i> Stein	E	PMN	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech	E	PMN
<i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing	E	PMN	<i>Protoperidinium globulus</i> (Stein) Balech	PF	PMN
<i>Gymnodinium catenatum</i> H.W.Graham	E	PNE	<i>Protoperidinium lipopodium</i> (Balech) Balech	PF	PMN
<i>Gymnodinium</i> spp.	F	-	<i>Protoperidinium pacificum</i> (Kofoid & Michener) F.J.R.Taylor & Balech ex Balech	E	PMN
<i>Histioneis</i> sp.	E	-	<i>Protoperidinium parviverter</i> Balech	E	PMN
<i>Neoceratium inflatum</i> (Kofoid) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia,	E	PMO	<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	PF	PMO
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macartney) Kofoid & Swezy	PF	PMO	<i>Protoperidinium</i> sp.	PF	-
<i>Ostreopsis ovata</i> Fukuyo	MF	TN	<i>Protoperidinium subinerve</i> (Paulsen) Loeblich III	E	PMO
<i>Podolampas bipes</i> Stein	E	PMO	<i>Pyrophacus</i> sp.	E	-
<i>Podolampas</i> sp.	E	-	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech ex Loeblich III	PF	PMN
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex J.D.Dodge	PF	PMNO	<i>Tripes furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	E	PMN
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	PF	PMO	<i>Tripes macroceros</i> (Ehrenberg) F.Gómez	E	PMO
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein	E	PNE	<i>Tripes massiliensis</i> (Gourret) F.Gómez	E	PMO
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	PF	PMO	<i>Tripes muelleri</i> Bory de Saint-Vincent	E	PMO
<i>Prorocentrum</i> sp.	E	-	<i>Tripes pentagonus</i> (Gourret) F.Gómez	E	PMO
<i>Protoperidinium bispinum</i> (Schiller) Balech	F	PMN	<i>Tripes</i> sp.	E	-
<i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech	PF	PN			

Tabela 2. Táxons identificados no entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas. CF=classe de frequência; MF=muito frequente; F=frequente; PF=pouco frequente; E=esporádica; CE= categoria ecológica; PMN= planctônica marinha nerítica; PMO= planctônica marinha oceânica; PMNO= planctônica marinha nerítica/oceânica; PD= planctônica dulciaquícola; PE= planctônica estuarina; PNE= planctônica nerítica/estuarina; TN= ticoplanctônica nerítica; TO= ticoplanctônica oceânica; TE= ticoplanctônica estuarina; TD= ticoplanctônica

(continuação)

Táxons	CF	CE	Táxons	CF	CE
OCHROPHYTA					
<i>Achnantes</i> sp.	E	-	<i>Coscinodiscus kuetzingii</i> A.Schmidt	E	PMO
<i>Achnanthes brevipes</i> C.Agardh	E	TE	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	PMNO
<i>Achnanthes longipes</i> C.Agardh	E	PMN	<i>Coscinodiscus</i> spp.	F	-
<i>Actinopterychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	E	PMN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	PF	PD
<i>Actinopterychus undulatus</i> (J.W.Bailey) Ralfs	E	TN	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	E	TN
<i>Amphiprora alata</i> (Ehrenberg) Kützing	E	PMN	<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg	PF	PMO
<i>Amphiprora</i> sp.	PF	-	<i>Dimeregramma costatum</i> Peragallo & Peragallo 1901	E	PMN
<i>Amphitetras antediluviana</i> Ehrenberg	E	TN	<i>Dimerogramma</i> sp.	PF	-
<i>Amphora arenaria</i> Donkin	E	TN	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	E	TN
<i>Amphora costata</i> W.Smith	E	TN	<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	E	TN
<i>Amphora</i> sp.	PF	-	<i>Diploneis</i> sp.	E	-
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	E	PMN	<i>Diploneis splendida</i> Cleve	PF	TN
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	F	PMO	<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow	E	PMNO
<i>Bacillaria</i> sp.	E	-	<i>Ditylum</i> sp.		
<i>Bellerochea horologicalis</i> Stosch	PF	PMN	<i>Dynobryon</i> sp.	E	-
<i>Biddulphia antediluviana</i> (Ehrenberg) Van Heurck	PF	PMN	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	E	TE
<i>Biddulphia antediluviana</i> f. <i>pentagona</i> (Hustedt) Hendey	E	TN	<i>Entomoneis paludosa</i> (W.Smith) Reimer	E	TE
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E.Smith) Boyer	PF	TN	<i>Eunotia</i> sp.	E	-
<i>Biddulphia rhombus</i> (Ehrenberg) W.Smith	PF	TN	<i>Eupodiscus antiquus</i> (Cox) Hanna	E	PMN
<i>Biddulphia</i> sp.	E	-	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	F	TD
<i>Biddulphia titiana</i> Grunow	E	PMN	<i>Fragilaria striatula</i> Lyngbye	PF	PD
<i>Biddulphia tridens</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	PMN	<i>Glyphodesmis distans</i> (Gregory) Grunow ex Van Heurck	E	TN
<i>Biddulphia tuomeyi</i> (Bailey) Roper	E		<i>Grammatophora hamulifera</i> Kützing	E	TN
<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing	PF	TN	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing	PF	TN
<i>Campyloneis grevillei</i> Petit	F	TN	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg	E	TN
<i>Cerataulus turgidus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	TN	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo	E	PMN
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	E	PMN	<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	E	PE
<i>Chaetoceros</i> sp.	PF	-	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	E	TE
<i>Climacosphenia elongata</i> Mereschkowsky	PF	TN	<i>Hantzschia</i> sp.	E	-
<i>Climacosphenia moniliger</i> Ehrenberg	E	TN	<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) M.Ricard	F	PMN
<i>Cocconeis heteroidea</i> Hantzsch	PF	TN	<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck	E	PMN
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	E	TN	<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve	E	PMO
<i>Cocconeis</i> sp.	PF	-	<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	E	PMN
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	PF	PMO	<i>Hyalodiscus</i> sp.	E	-

Tabela 1. Táxons identificados no entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas. CF=classe de frequência; MF=muito frequente; F=frequente; PF=pouco frequente; E=esporádica; CE= categoria ecológica; PMN= planctônica marinha nerítica; PMO= planctônica marinha oceânica; PMNO= planctônica marinha nerítica/oceânica; PD= planctônica dulciaquícola; PE= planctônica estuarina; PNE= planctônica nerítica/estuarina; TN= ticoplanctônica nerítica; TO= ticoplanctônica oceânica; TE= ticoplanctônica estuarina; TD= ticoplanctônica dulciaquícola.

(conclusão)					
Táxons	CF	CE	Táxons	CF	CE
<i>Isthmia enervis</i> Ehrenberg	E	TN	<i>Pleurosigma diminutum</i> Grunow	E	T
<i>Lauderia</i> sp.	E	-	<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> sp.	F	-
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	PF	PMN	<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compère	E	TN
<i>Licmophora flabellata</i> (Grev.) C.Agardh	E	TN	<i>Podocystis adriatica</i> (Kützinger) Ralfs	E	TN
<i>Licmophora gracilis</i> (Ehrenberg) Grunow	E	TN	<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A.Mann	PF	TN
<i>Licmophora</i> sp.	PF	-	<i>Psammodictyon panduriforme</i> (W.Gregory) D.G.Mann	F	TN
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg	PF	PMN	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp.	E	-
<i>Lyrella lyra</i> (Ehrenberg) Karajeva	E	TN	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützinger	PF	TN
<i>Mastogloia splendida</i> (Gregory) H.Pergallo	E	TN	<i>Rhabdonema punctatum</i> (Harvey & Bailey) Stodder	E	TN
<i>Melosira nummuloides</i> C.Agardh	PF	TN	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	TE
<i>Melosira</i> sp.	E	-	<i>Rhaphoneis discoides</i> R.Subrahmanyam	PF	TE
<i>Navicula</i> sp.	F	-	<i>Rhaphoneis</i> sp.	E	-
<i>Nitzschia insignis</i> Gregory	E	TN	<i>Rhizosolenia</i> sp.	E	-
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	E	TN	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	E	PMO
<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow	E	TN	<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	F	TN
<i>Nitzschia lorenziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow	E	TD	<i>Synedra gailonii</i> (Bory de Saint-Vincent) Ehrenberg	E	TE
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützinger) W.Smith	PF	TN	<i>Synedra gailonii</i> var. <i>elongata</i>	E	TE
<i>Nitzschia</i> sp.	PF	-	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	E	TD
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh	F	TN	<i>Synedra</i> sp.	F	-
<i>Odontella longicruris</i> (Greville) M.A.Hoban	E	PMN	<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	E	TE
<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow,	PF	PMNO	<i>Terpsinoë</i> sp.	E	-
<i>Palmerina hardmaniana</i> (Greville) G.R.Hasle	E	PMN	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo	PF	PMO
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	MF	TN	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschowsky,	PF	PMNO
<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) A.J.Stickle & D.G.Mann	E	PMN	<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow ex Van Heurck) Hasle & G.Fryxell	MF	PMO
<i>Petroneis marina</i> (Ralfs) D.G.Mann	E	TN	<i>Thalassiosira</i> sp.	PF	-
<i>Plagiogramma gregorianum</i> Greville	E	PMN	<i>Triceratium dubium</i> Brightwell	E	TN
<i>Plagiogramma pulchellum</i> Greville	E	TNE	<i>Trieres mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Ashworth & Theriot	E	PMN
<i>Plagiogramma</i> sp.	E	-	<i>Trigonium alternans</i> (Bailey) A.Mann	E	TN
CHLOROPHYTA					
<i>Cladophora</i> sp.	E	-	<i>Pleodorina</i> sp.	E	-
<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann	E	PD	<i>Korshikoviella</i> sp.	E	-
<i>Closteriopsis</i> sp.	E	-	<i>Cladophora glomerata</i> (Linnaeus) Kützinger	E	PD
<i>Closterium</i> sp.	E	-			
CRYPTOPHYTA					
chryptophyta 1	F	-			

A riqueza taxonômica variou de 5 a 48, tendo uma média de 35 no período chuvoso e 15 no período de estiagem, com variação sazonal significativa ($p < 0,001$).

Analisando a frequência de ocorrência dos táxons identificados, foi possível observar que apenas 3 espécies (1,5%) se enquadraram na categoria muito frequente sendo elas *Ostreopsis ovata*, *Paralia sulcata* e *Thalassiosira leptopus*. A maioria dos táxons (63,9%) foi considerada esporádica, 7,2% dos táxons frequentes e 27,3% pouco frequentes. Em relação à abundância relativa se destacaram *Trichodesmium erythraeum* e *Ostreopsis ovata*, como as únicas espécies que foram dominantes, sendo *T. erythraeum* dominante apenas no ponto 2 na preamar de outubro e *O. ovata* dominante no ponto 1 na baixa-mar de maior e em 4 amostras do período de estiagem.

De acordo com a bibliografia consultada os táxons infragenéricos do fitoplâncton do entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas foram enquadrados nas seguintes categorias: planctônica marinha nerítica (28,6%), planctônica marinha oceânica (15 %), planctônica marinha nerítica/oceânica (3,6%), planctônica nerítica/estuarina (1,4%), planctônica estuarina (0,7%), planctônica dulciaquícola (8,6%), ticoplanctônica nerítica (32,9%), ticoplanctônica estuarina (6,4%), ticoplanctônica nerítica/estuarina (0,7%) e ticoplanctônica dulciaquícola (2,1%).

Os índices de diversidade específica variaram entre 0,72 e 3,59 bits.cel⁻¹. A comunidade fitoplanctônica pode ser classificada com uma alta diversidade em 25,9% das amostras, todas do período chuvoso; com uma média diversidade em 53,7% das amostras, principalmente no período chuvoso; com baixa diversidade em 18,5%, principalmente no período de estiagem e com muito baixa diversidade em 1,9%, no período de estiagem na preamar (Fig. 5). Foi verificada variação sazonal significativa ($p < 0,0001$), com maiores valores no período chuvoso (média de 3,07 bits.cel⁻¹), quando comparado ao período de estiagem (média de 2,31 bits.cel⁻¹).

Os valores de equitabilidade variaram entre 0,27 a 1, com média de 0,87, representando uma distribuição tendendo a uniformidade e uma alta equitabilidade, não sendo possível observar variação sazonal, espacial e entre-marés significativas (Fig. 5).

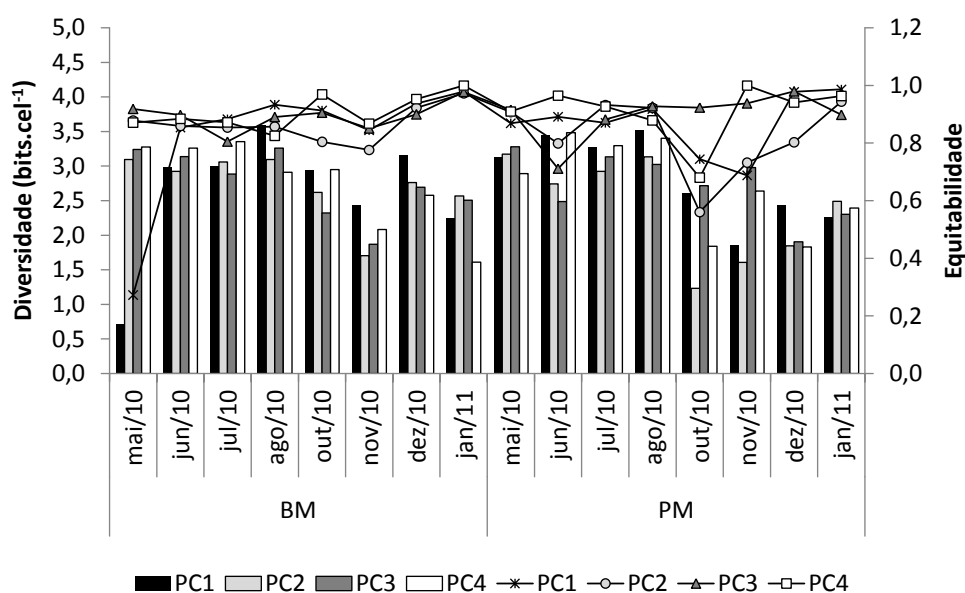


Figura 5. Distribuição sazonal, entre-marés e espacial da Diversidade específica (barras) e Equitabilidade (linhas) do entorno do ambiente recifal de Porto de Galinhas.

O MDS baseado nas amostras de arrasto do fitoplâncton evidenciou a formação de dois grupos, com estresse de 0,22 (Fig. 6), revelando diferenças sazonais na estrutura da comunidade fitoplancônica. O grupo 1 incluiu as amostras do período chuvoso e a amostra do ponto 4 na baixa-mar em outubro e o grupo 2 incluiu as amostras do período de estiagem e a amostra do ponto de coleta 1, na baixa-mar em maio (ANOSIM – R Global: 0,624; $p=0,01$). Não foi verificado formação de grupos relacionados aos estágios de maré (ANOSIM – R Global: 0,012; $p=0,27$) e aos pontos de coleta (ANOSIM – R Global: -0,017; $p=0,77$).

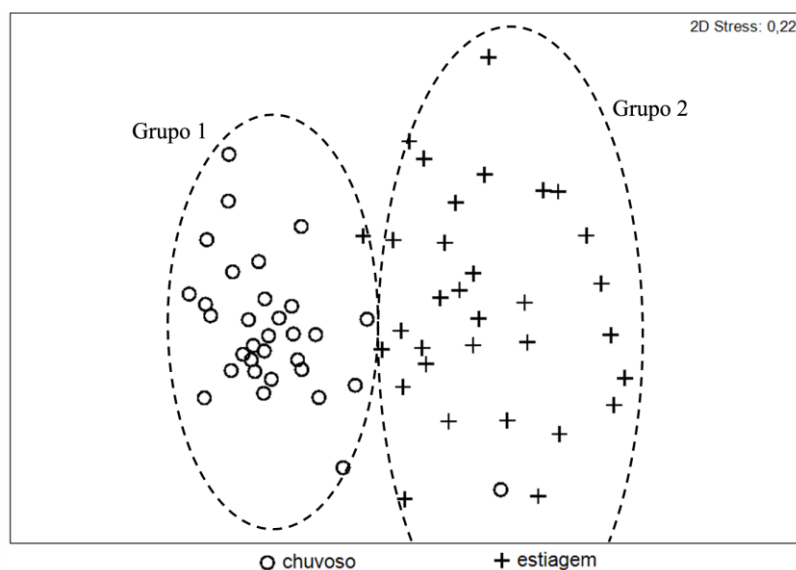


Figura 6. Escalonamento Multidimensional (MDS) das amostras de densidade fitoplancônica do entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas.

A análise das contribuições para a similaridade através da rotina SIMPER apontou uma similaridade média de 39,17% para o grupo 1 e 29,06% para o grupo 2 (Tab. 2 e 3). *Paralia sulcata* foi a espécie que mais contribuiu para a formação do grupo 1, enquanto que *Ostreopsis ovata* foi a que mais contribuiu para a formação do grupo 2.

Tabela 3. Sumário dos resultados obtidos através do percentual das maiores contribuições das espécies fitoplanctônica nas similaridades (SIMPER) de cada grupo formado pelo MDS.

Período	Similaridade média (%)	Táxons	Abundância média	Contribuição (%)
Grupo 1	39,17	<i>Paralia sulcata</i>	2,05	10,54
		<i>Thalassiosira leptopus</i>	1,64	7,99
		<i>Fragilaria capucina</i>	1,62	7,89
		<i>Coscinodiscus</i> spp.	1,65	5,87
		<i>Navicula</i> spp.	1,16	4,61
Grupo 2	29,06	<i>Ostreopsis ovata</i>	2,43	22,56
		<i>Protoperidinium bispinum</i>	1,90	16,51
		<i>Thalassiosira leptopus</i>	1,06	5,95
		<i>Protoperidinium globulus</i>	1,02	5,16
		<i>Helicotheca tamesis</i>	0,95	4,97
		<i>Gymnodinium</i> spp.	0,89	4,58

Tabela 4. Sumário dos resultados obtidos através do percentual das maiores contribuições das espécies fitoplanctônica na dissimilaridade (SIMPER) entre cada grupo formado pelo MDS.

Dissimilaridade média (%)	Táxons	Abundância média chuvoso	Abundância média estiagem	Contribuição (%)
78,49	<i>Ostreopsis ovata</i>	0,69	2,49	4,03
	<i>Protoperidinium bispinum</i>	0,39	1,86	3,27
	<i>Fragilaria capucina</i>	1,62	0,00	3,15
	<i>Paralia sulcata</i>	2,05	0,81	2,94

Através da análise do Bio-Env, verificou-se que o grupo de variáveis que melhor explicou a variação da composição do fitoplâncton ($r=0,432$, $p=0,01$) incluiu pluviosidade, transparência, clorofila *a* e silicato.

DISCUSSÃO

A estrutura da comunidade e a produtividade fitoplanctônica são reguladas principalmente pela disponibilidade de nutrientes, descarga dos rios, condições sazonais dos ventos, ciclos de marés, precipitação pluviométrica, correntes de ressurgência, ou pela ação conjunta destes fatores (Paranaguá 1985/86; Neumann-Leitão et al., 1991/93; Eskinazi-Leça et al., 1997; Eskinazi-Leça et al., 2004).

Em Porto de Galinhas, a variação dos parâmetros hidrológicos ocorreu principalmente em função da sazonalidade, que condiciona, dentre outros fatores, as variações na descarga dos rios e a turbulência gerada pelas diferenças nas condições dos ventos. No nordeste brasileiro, esse padrão sazonal também foi verificado anteriormente por Moura & Passavante (1994/1995) na baía de Tamandaré (PE); Campelo et al. (1999) na praia de Carne de Vaca (PE), Bastos et al. (2011), em Maracaípe, Jales et al. (2012) em Serrambi, assim como em Porto de Galinhas (PE) por Fonseca et al. (2002) e Machado et al. (2014). Variações dos parâmetros ambientais, em função das marés, têm sido relatadas principalmente em ambientes estuarinos.

O mês de junho se destacou entre os demais devido à alta pluviosidade, levando a menores salinidades, ocasionada devido a um Distúrbio Ondulatório de Leste (DOL) ocorrido em junho de 2010, que levou a enchentes em várias cidades (Alves, Cavalcanti, and Nóbrega, 2012).

A clorofila *a* e a densidade fitoplanctônica, também seguiram um padrão sazonal, com maiores valores no período chuvoso. Ferreira et al. (2010) relacionam as maiores densidades fitoplanctônicas em três praias do litoral sul de Pernambuco no período chuvoso à ressuspensão de sedimento, elevando as concentrações de MPS e nutrientes. Em Porto de Galinhas esse padrão sazonal também está associado à ressuspensão de sedimento devido à maior turbulência na coluna d'água assim como à maior descarga dos rios no período chuvoso.

Pode-se verificar a ação desses fatores devido à variação sazonal observada no MPS, transparência, NID, silicato e salinidade. Além disso, a presença de 17,8% de espécies dulciaquícolas e estuarinas e 42,1% de espécies ticoplanctônicas indicam a influência do aporte fluvial e da ressuspensão de sedimento na estrutura da comunidade fitoplanctônica respectivamente. A influência sazonal na estrutura da comunidade fitoplanctônica pôde ser percebida na formação de dois grupos separados no MDS de amostras quase que exclusivas do período de estiagem e chuvoso.

O DOL ocorrido em junho contribuiu para uma maior ocorrência de espécies dulciaquícolas no ambiente, uma vez que *Trachelomonas hispida*, *Aphanocapsa rivularis*, *Spirulina major*, *Synechococcus aeruginosus* e *Closteriopsis longissima*, foram encontradas exclusivamente nas coletas deste mês.

De acordo com a densidade fitoplanctônica encontrada, o ambiente pode ser considerado oligotrófico tendendo a mesotrófico no período chuvoso, levando em conta a classificação de Kitsiou & Karydis (1998).

O ambiente recifal de Porto de Galinhas apresentou a maioria das suas amostragens com média diversidade fitoplanctônica, ficando assim com valores de diversidade um pouco abaixo dos encontrados nos ambientes recifais contíguos de Maracaípe (Bastos et al., 2011) e Serrambi (Jales et al., 2013). Essa diferença provavelmente ocorre em função destes ambientes estarem mais próximos à foz do rio Maracaípe, recebendo uma maior contribuição continental e levando a uma maior diversidade.

A equitabilidade apresentou-se alta na maioria das amostras, o que demonstra o equilíbrio na estrutura da comunidade com poucas espécies dominantes e o equilíbrio ambiental na área. Os valores mais baixos de diversidade estiveram associados às amostras onde as espécies *Ostreopsis ovata* e *Trichodesmium erythraeum* foram dominantes.

Dentre as espécies presentes no ambiente recifal de Porto de Galinhas, *Ostreopsis ovata* se destacou por ser a única espécie muito frequente e abundante. Além disso, foi a espécie que mais contribuiu para a formação do grupo 2 que representa as amostras relacionadas ao período de estiagem e a principal espécie contribuinte para a dissimilaridade entre os grupos formados no MDS.

O. ovata é um dinoflagelado ticoplanctônico nerítica que vive associado a uma variedade de substratos, tais como macroalgas, rochas e sedimento não consolidado (Totti et al., 2010), apresentando uma distribuição global tanto em latitudes tropicais como temperadas (Rhodes et al., 2011). Produz uma potente toxina, a palitoxina, associada à ovatoxinas e a ocorrência de florações desta espécie é capaz de afetar a saúde humana, causando doenças respiratórias e dermatológicas (Tichadou et al., 2010) assim como causar alta mortalidade em organismos bênticos (Nascimento et al., 2012a).

De acordo com Tichadou et al. (2010), *O. ovata*, em condições favoráveis, durante o verão, pode proliferar criando aglomerados flutuantes que liberam toxinas na superfície da água que podem ir para a atmosfera na forma de aerossóis. Apesar de em Porto de Galinhas a densidade celular ter sido baixa, o monitoramento desse dinoflagelado na área é importante, uma vez que esta espécie ocorre na área durante todo o ano e pode se tornar dominante no ambiente principalmente no período de estiagem, quando a atividade turística na praia é intensa.

No Brasil, a ocorrência de *O. ovata* já foi documentada no sul do Brasil na ilha de Arvoredo e nas praias de Penha e Bombinhas, Santa Catarina (Silva et al., 2006; Tibiriçá et al., 2010); no sudeste nas praias de Arraial do Cabo e Armação dos Búzios, Rio de Janeiro (Nascimento et al., 2008, 2010) e no Canal de São Sebastião, São Paulo (Naves & Freitas, 2001) e no nordeste, associado a macroalgas nas praias de Muro Alto e Maracaípe e no

Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Pernambuco (Nascimento et al., 2006; Nascimento et al., 2012b) e no plâncton do Atol das Rocas (MC Jales, unpubl. res.). *Ostreopsis* sp. também foi documentada em Pernambuco na praia de Tamandaré (LM Silva, unpubl. res.).

Protoperidinium bispinum, um dinoflagelado planctônico de ocorrência nerítica, foi a segunda espécie que mais contribuiu para a formação do grupo 2 (período de estiagem). Neste trabalho foi considerado freqüente e abundante em 26 amostras. Em Maracípe, ao sul de Porto de Galinhas, foi uma espécie que se destacou por ser dominante e muito frequente, sendo considerada espécie chave para o ambiente, estando diretamente associada ao fluxo marinho (Bastos 2011). Apesar de mais de 200 espécies de *Protoperidinium* já tenham sido identificadas, pouco se sabe sobre a ecologia desse gênero (Gribble et al., 2007).

Trichodesmium erythraeum, assim como *O. ovata*, foi dominante, porém em apenas uma única amostra. É uma cianobactéria colonial marinha, que ocorre tanto em oceanos tropicais como subtropicais (Carvalho et al., 2008).

Em Pernambuco, *T. erythraeum* foi considerada responsável por episódios de problemas de saúde humana na praia de Tamandaré, sendo a doença em função de suas florações denominada de “Febre de Tamandaré” ou “Tingui”, relacionado a sintomas respiratórios (Satô et al., 1963/64). Apesar de ter sido documentada ao longo de toda a costa brasileira, até o momento este foi o único caso de saúde pública relacionada a marés vermelhas relacionadas a esta espécie (Proença et al., 2008). A doença relacionada ao florescimento de *T. erythraeum* em Tamandaré provavelmente se deve ao florescimento de outro organismo em conjunto, uma vez que não encontraram toxinas capazes de causar doenças humanas de contato direto em extratos de *T. erythraeum*. Além disso, durante os episódios ocorridos em Tamandaré, não foram feitos estudos para detectar a origem das toxinas (Proença et al., 2008). No entanto, Kerbrat et al. (2011) evidenciaram pela primeira vez a presença de palitoxina e 42-OH palitoxina em *T. erythraeum* e consideram que outros estudos são necessários para elucidar a toxicidade desta espécie.

Os florecimentos de *T. erythraeum* têm sido observados principalmente nas áreas recifais que devido ao represamento e evaporação da água há uma elevação de temperatura e salinidade, o que favorece sua multiplicação (Satô et al., 1963/64). Assim como *O. ovata*, os florecimentos desta cianofícia ocorrem principalmente no período de estiagem, devido à maior transparência, temperatura e salinidade, que favorecem seu desenvolvimento. Desta forma, o monitoramento destas espécies tóxicas deve ser realizado principalmente neste período, quando a probabilidade de ocorrerem booms é maior e a atividade turística é intensa.

Paralia sulcata também se destacou no ambiente por ser uma espécie muito frequente e por ser a maior contribuinte para a formação do grupo 1 (período chuvoso) no MDS. É uma diatomácea considerada ticoplanctônica nerítica, podendo estar associada a um grande espectro de condições ambientais (McQuoida & Nordberg 2003). Apresenta uma ampla ocorrência, podendo ser considerada generalista (Avancini et. al. 2006) e não apresenta relatos de etapas de resistência (Jales et al., 2013).

P. sulcata já foi documentada em vários trabalhos ao longo da costa brasileira, como no litoral do Paraná (Procopiak et al., 2006); nos estuário dos rios Formoso e Ipojuca (Honorato da Silva et al., 2009; Koenig et al., 2002), sendo muito frequente em praias do litoral sul de Pernambuco (Ferreira et al., 2010; Bastos 2011; Jales et al., 2013).

Thalassiosira leptopus também foi uma espécie muito frequente, a segunda maior contribuinte para a formação do grupo 1 (período chuvoso) e a terceira maior contribuinte para a formação do grupo 2 (período de estiagem) no MDS. Trata-se de uma diatomácia planctônica oceânica, que teve influência no ambiente tanto no período de estiagem quanto chuvoso, o que demonstra a influência oceânica nos dois períodos. Também foi considerada muito frequente no ecossistema recifal de Serrambi (Jales et al., 2013).

Fragilaria capucina foi uma das espécies que mais contribuiu na dissimilaridade dos grupos formados no MDS, sendo uma espécie exclusiva do período chuvoso. A presença desta diatomácia dulciaquícola, apenas no período chuvoso, indica que o efeito da pluma do rio Maracaípe é capaz de influenciar na estrutura da comunidade fitoplanctônica neste período.

A predominância de diatomáceas já foi documentada anteriormente em outros ambientes recifais costeiros no Brasil (Sassi et al., 1990; Moura, 1991; Neumann-Leitão et al., 2009; Bastos et al. 2011; Ferreira et al. 2010; Jales et al., 2013), o que ocorre em função de seu caráter eurialino e afinidade por ambientes com maior disponibilidade de nutrientes (Eskinazi-Leça et al., 2004). A presença de espécies marinhas oceânicas e neríticas, estuarinas e dulciaquícolas, indica a influência tanto do ambiente oceânico, quanto continental na área, o que faz com que espécies eurialialinas predominem.

Apesar de algumas espécies potencialmente tóxicas serem representativas na área, a densidade encontrada não é característica de um grande florescimento, assegurando, juntamente com os valores de equitabilidade e diversidade, que o ambiente encontra-se em equilíbrio ambiental. Levando-se em conta todos os resultados obtidos, verifica-se que o ambiente recifal de Porto de Galinhas caracteriza-se por se apresentar isento do processo de eutrofização, com índice de área oligotrófica, com tendência a mesotrofia no período chuvoso.

A interferência costeira pôde ser percebida no ambiente recifal, havendo transporte de material particulado em suspensão e nutrientes, levando a alterações sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado a Raquel Correia de Assis Machado.

REFERÊNCIAS

Andrade GO, Lins RC. 1965. Introdução à morfoclimática do Nordeste do Brasil. Arquivos do Instituto de Ciências da Terra 3(4): 17-28.

Avancini M, Cicero AM, Di Girolamo I, Innamorati M, Magaletti E, Zunini TS. 2006. Guida al riconoscimento del plâncton dei mari italiani: Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. v. I. Roma, Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare.

Barradas JI, Amaral FD, Hernández MI, Flores-Montes MJ, Steiner AQ. 2012. Tourism impact on reef flats in Porto de Galinhas beach. Boletim Técnico Científico do Cepene 45(2): 81-88.

Bastos RB, Feitosa FAN, Koenig ML, Machado RCA; Muniz K. 2011. Caracterização de uma zona costeira tropical (Ipojuca-Pernambuco-Brasil): produtividade fitoplanctônica e outras variáveis ambientais. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology 15(1): 01-10.

Bastos RB. 2011. Estrutura da comunidade fitoplanctônica da zona costeira de Maracaípe (Ipojuca-Pernambuco). PhD Thesis, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Brandini FP, Lopes RM, Gutseit KS, Spach HL, Sassi R. 1997. Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil – Diagnose e Revisão bibliográfica. Rio de Janeiro, MMACIRM-FENAR.

Campelo MJA, Passavante JZO, Koenig ML. 1999. Biomassa fitoplanctônica (clorofila - *a*) e parâmetros ambientais na praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco 27(2): 27-37.

Carvalho M, Giancesella SMF, Saldanha-Corrêa FMP. 2008. *Trichodesmium erythraeum* bloom on the continental shelf off Santos, southeast Brazil. Brazilian Journal of Oceanography 56(4):307-311.

Chaves, N. S. 1991. Mapeamento do quaternário costeiro ao Sul do Recife – PE (área 4 Porto de Galinhas a Guadalupe). Relatório de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, Brazil.

Costa MF, Neumann-Leitão S, Souza-Santos LP. 2004 Bioindicadores da qualidade ambiental. In: Eskinazi-Leça E, Neumann-Leitão S, Costa MF. (eds.) Oceanografia: Um Cenário Tropical. Recife, Ed. Bagaço. p. 319-352.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente E Recursos Hídricos. 1997. Plano de Ação Integrada Litoral Sul: Síntese. Ipojuca, CPRH/GERCO. http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/1plano_gestao.pdf searched on 01 October 2006.

Edler L. 1979. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. The Baltic Marine Biologists 5: 1-38.

Eskinazi-Leça E, Silva-Cunha MG, Koenig ML, Macedo SJ, Costa KMP. 1997. Variação espaço temporal do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco –Brasil. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco 25: 1-16.

Eskinazi-Leça E, Koenig ML, Silva-Cunha MGG. 2004. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: Eskinazi-Leça E, Neumann-Leitão S, Costa MF. (eds.) Oceanografia: Um cenário tropical. Recife: Bagaço. p. 353-373.

Eskinazi-Leça E, Koenig ML. 1991. Estudos ecológicos do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. In: Encontro Brasileiro de Plâncton, 4., Resumos. Recife, EDUFPE. p. 54.

Eskinazi-Leça E, Moura ANM, Silva-Cunha MGG, Koenig ML. 2002. Microalgas marinhas do Estado de Pernambuco. In: Tabarelli M, Silva JMC. (eds.) Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco. Recife, SECTMA e Ed. Massangana. p. 79-96.

Feitosa FAN, Bastos RB. 2007. Produtividade fitoplanctônica e hidrologia do ecossistema costeiro de Maracajaú-RN. Arquivos de Ciências do Mar 40(2): 26-36.

Ferrario M, Sar E, Sala S. 1995. Metodologia básica para el estudio del fitoplâncton com especial referencia a las diatomaceas. In: Alvear K, Ferrario M, Oliveira Filho EC, Sar E. (eds.) Manual de métodos ficológicos. Chile, Universidad de Concepción. p. 1-24.

Ferreira LC, Silva-Cunha MGG, Koenig ML, Feitosa FAN, Santiago MF, Muniz K. 2010. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. Acta Botanica Brasilica 24(1): 214-224.

Fonseca RS, Passavante JZO, Maranhão GMB, Muniz K. 2002. Ecossistema recifal da praia de Porto de Galinhas (Ipojuca, Pernambuco): biomassa fitoplanctônica e hidrologia. Boletim Técnico-Científico do CEPENE, 10(1): 9-26.

Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K. 1983. Methods of Seawater Analysis. 2nd. ed. Verlag Chemie.

Gribble KE, Nolan G, Anderson DM. 2007. Biodiversity, biogeography, and potential trophic impact of *Protoperidinium* spp. (Dinophyceae) off the southwestern coast of Ireland. Journal of Plankton Research 29: 931-947.

Guiry MD, Guiry GM. 2015. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 01 January 2015.

Hasle GR. 1978. The inverted-microscope methods. In: Sournia A. (ed.) *Phytoplankton manual*. Paris, UNESCO. p. 88-96.

Honorato da Silva M, Cunha MGGS, Passavante JZO, Grego CKS, Muniz K. 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasílica* 23:335-368.

Jales MC, Feitosa FAN, Koenig ML, Bastos RB, Machado RCA. 2012. O Ecossistema Recifal De Serrambi (Nordeste Do Brasil): Biomassa Fitoplantônica E Parâmetros Hidrológicos. *Atlântica* 34(2): 87–102.

Jales MC, Feitosa, FAN, Koenig, ML, Bastos, RB, Longo AFP. 2013. The reef ecosystem of Serrambi (Pernambuco State, Brazil): phytoplankton composition. *Arquivos de Ciências do Mar* 46(2): 27 – 39.

Kerbrat AS, Zouher A, Pawlowicz R, et al. 2011. First evidence of palytoxin and 42-hydroxy-palytoxin in the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. *Marine Drugs* 9: 543–560, doi:10.3390/ md9040543.

Kitsiou D., Karydis M. 1998. Development of categorical mapping for quantitative assessment of eutrophication, *Journal of Coastal Concervation*, 4: 33-44.

Koenig ML, Eskinazi-Leça E, Neumann-Leitão S, Macêdo SJ. 2002. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplantônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco – Brasil). *Acta Boanica Brasilica* 16(4): 407- 420.

Lobo E, Leighton G. 1986. Estructuras comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Revista Biológica Marina* 22: 1-29.

Lourenço SO, Marques Junior NA. 2009. Produção primária marinha. In: Pereira RC, Soares-Gomes A. (eds.) *Biologia marinha*. 2nd. ed. Rio de Janeiro, Interciência. p. 111-154.

Machado RCA, Feitosa FAN, Bastos RB, Travassos RK. 2007. Dinâmica da biomassa fitoplantônica e parâmetros hidrológicos no ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. *Boletim Técnico Científico do CEPENE* 15(2): 17-29.

Machado RCA, Feitosa FAN, Koenig ML, Flores-Montes MJ, Bastos RB, Jales MC. 2014. Phytoplankton productivity and hydrology of Porto de Galinhas reef ecosystem (Pernambuco, Brazil). *Journal of Coastal Research* 30: 371-378.

Manso VAV, Corrêa IC, Guerra NC. 2003. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de Porto de Galinhas e Campos – Litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Pesquisas em Geociências* 30(2): 17-25.

Mateucci SD, Colma A. 1982. La metodología para el estudio de la vegetación. *Collection de Monografías Científicas, Serie Biología* 22:1-168.

McQuoida MR, Nordberg K. 2003. The diatom *Paralia sulcata* as an environmental indicator species in coastal sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 339–354.

Medeiros C, Macedo SJ, Feitosa FAN, Koenig ML. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. *Archives of Fishery Marine Research*, 47(2/3): 133-151.

Melo V, Summerhayes CD, Toner LG. 1975. Metodologia para estudos do material em suspensão na água do mar. *Boletim Técnico da Petrobrás* 18(314): 115-127.

Mendonça LC. 2004. A invenção de Porto de Galinhas: História, empreendedorismo e turismo. Recife, Persona.

Moreira Filho H, Eskinazi-Leça E, Valente-Moreira IM, Cunha, JA. 1999. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Para e Amapá, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 27(1): 55-90.

Moreira Filho H, Eskinazi-Leça E, Valente-Moreira IM. 1994/1995. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomaceae (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinha e estuarinas nos estados do Espírito Santo, Bahia, Sergipe e Alagoas, Brasil. *Biológica brasileira* 6(12): 87-110.

Moreira Filho H, Valente-Moreira IM, Souza-Mosmann RM, Cunha, JA. 1990. Avaliação florística e ecológica das Diatomáceas (*Chrysophyta- Bacillariophyceae*) marinha e estuarinas nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Estudos de Biologia* 25: 5-48.

Moura RT, Passavante JZO. 1994/1995. Biomassa fitoplanctônica da Baía de Tamandaré, Rio Formoso-Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 23: 1-15.

Nascimento SM, Corrêa EV, Menezes M, Varela D, Paredes J, Morris S. 2012a. Growth and toxin profile of *Ostreopsis cf. ovata* (Dinophyta) from Rio de Janeiro, Brazil. *Harmful algae* 13: 1-9.

Nascimento SM, França JV, Gonçalves JEA, Ferreira CEL. 2012b. *Ostreopsis cf. ovata* (Dinophyta) bloom in an equatorial island of the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1074-1078.

Nascimento SM, Monteiro PO, Alencar AG, Meneguelli AC. 2010. Epi-benthic dinoflagellates from the Rio de Janeiro coastline, Brazil. In: GEOHAB Open Science Meeting on Harmful Algal Blooms in Benthic Systems, Honolulu, Hawaii.

Nascimento SM, Monteiro PO, Ferreira CEEL, Rodriguez G. 2008. *Ostreopsis ovata* booms on Rio de Janeiro coast. *Harmful Algae News* 37: 1-4.

Nascimento SM. 2006. Epiphytic dinoflagellates from the Brazilian coastline. In: 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen. p. 248.

Naves JL, Freitas JC. 2001. Dinoflagelados Portadores de Toxinas no Canal de São Sebastião. In: XVI Simpósio de Biologia Marinha, 2001, São Sebastião, SP. p. 47.

Neumann-Leitão S, Gusmão LMO, Nogueira-Paranhos JD, Nascimento-Vieira DA, Paranaguá MN. 1991/93. Zooplâncton da plataforma continental norte do estado de Pernambuco (Brasil). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 22: 97-116.

- Newell GH, Newell R. 1963. Marine Plankton: a practical guide. London, Hutchinson Educat.
- Paranaguá MN. 1985/86. Zooplankton of the Suape area (Pernambuco-Brazil). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 19: 113-124.
- Pielou EC. 1977. Mathematical ecology. New York, Wiley.
- Procopiak LK, Fernandes LF, Moreira-Filho H. 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotropica* 6(3): 1-28.
- Proença, LAO, Tamanaha MS, Fonseca RS. 2009. Screening the toxicity and toxin content of blooms of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* (Ehrenberg) in northeast Brasil. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases* 15: 204–215.
- Rhodes L. 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. *Toxicon* 57(3): 400–407.
- Round F E. 1983. *Biologia das algas*. 2nd. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois.
- Satô S, Paranaguá MN, Eskinazi E. 1963/1964. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife Northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, “Tamandaré fever”. *Trabalho do Instituto Oceanográfico da Universidade do Recife* 5/6: 7-49.
- Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*. 27: 379-423.
- Silva LM, Ávila T, Odebrecht C, Matthiensen A. 2006. *Ostreopsis ovata* (Dinoflagelado) associado a mancha de *Trichodesmium* (Cianobactéria) próximo a Ilha do Arvoredo, SC (Brasil). In: XI Congresso Brasileiro de Ficologia. Itajaí, Sociedade Brasileira de Ficologia. p. 67.
- Sorokin YI. 1990. Plankton in the reef ecosystems. In: Dubinsky, Z. (ed.) *Coral reefs*. Amsterdam, Elsevier. p. 291-327.
- Stori FT, Cardoso TA, Beccato MAB. 2006. The Socio-Environmental Responsibility in Brazilian Coastal Areas: The Case of the Fishing Sector. *Journal of Coastal Research, Special Issue* 39:979-984.
- Strickland JDH, Parsons TR. 1972. A practical handbook of sea water analysis. 2nd. ed. Bulletin 167. Ottawa, Bulletin Fisheries Research Board of Canada.
- Tibiriçá, CEJ, Proença LAO, Schramm MA. 2010. Investigação da ocorrência de dinoflagelados epífitos em duas enseadas na região centro-norte de Santa Catarina. In: XIII Congresso Brasileiro de Ficologia, Paraty. p. 313.
- Tichadou L, Glaizal M, Armengaud A et al. 2010. Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in the Mediterranean Sea: experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clinical toxicology* 48: 839-844.

Torgan LC, Biancamano MI. 1991. Catálogo das Diatomáceas (Bacillariophyceae) referidas para o estuário do Rio Grande do Sul, Brasil, no período de 1973-1990. Caderno de Pesquisa, Santa Cruz do Sul, Série Botânica 3(1): 1-201.

Torres FTP, Machado PJO. 2011. Introdução à Climatologia. São Paulo, Cengage Learning.

Totti C, Accoroni S, Cerino F, Cucchiari E, Romagnoli T. 2010. *Ostreopsis ovata* bloom along the Conero Riviera (Northern Adriatic Sea). Relationships with environmental conditions and substrata. *Harmful Algae* 9: 233–239.

UNESCO. 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea water: Report of SCOR-Unesco, Working Group 17. Paris, United Nations Education.

Valiela I. 1995. Marine ecological processes. 2nd. ed. New York, Springer-Verlag.

Wetzel RG. 1993. Limnologia. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

7 MANUSCRITO III

- A ser submetido à Harmful Algae (ANEXO 3)

NOVA OCORRÊNCIA DO DINOFLAGELADO POTENCIALMENTE TÓXICO *OSTREOPSIS OVATA* FUKUYO 1981 EM ÁREA RECIFAL DO NORDESTE DO BRASIL

RESUMO

Ostreopsis ovata Fukuyo 1981, é um dinoflagelado bentônico potencialmente tóxico, capaz de produzir palitoxina, uma potente toxina capaz de afetar a saúde humana. A ocorrência de florações desta espécie vem aumentando na última década. Com o intuito de elucidar os fatores condicionantes para a distribuição de *O. ovata* no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, foram feitas coletas utilizando garrafa de Niskin e arrastos horizontais com rede de abertura de malha de 20µm. *O. ovata* apresentou densidade máxima de $10.10^2 \text{ cel.L}^{-1}$ e abundância máxima de 86,67%, sendo uma espécie muito frequente na área. Os principais fatores condicionantes da sua distribuição foram temperatura, salinidade, fosfato, clorofila *a* e NID. O monitoramento de *O. ovata* na área é importante, uma vez que esta espécie ocorre durante todo o ano e pode se tornar dominante no ambiente principalmente no período de estiagem, quando a atividade turística na praia é intensa.

Palavras-chave: toxicidade, Porto de Galinhas, fitoplâncton, *beachrocks*, Atlântico.

INTRODUÇÃO

Ostreopsis Schmidt é um gênero de dinoflagelados tecados bentônicos, representados por 9 espécies, que apresenta uma distribuição global tanto em latitudes tropicais como temperadas (Rhodes et al., 2011). Pode ser encontrado associado a uma variedade de sedimentos, tais como macroalgas, rochas e sedimento não consolidado (Totti et al., 2010).

Ostreopsis ovata Fukuyo 1981 produz uma potente toxina, a palitoxina (PTXS), associada à toxina análogas tais como ovatoxinas. A ocorrência de florações desta espécie é capaz de afetar a saúde humana, causando doenças respiratórias e dermatológicas (Tichadou et al., 2010) assim como causar alta mortalidade em organismos bênticos (Nascimento et al., 2012a).

De acordo com Faimali et al. (2012) a palitoxina (PTXS) produzida por *Ostreopsis ovata* é considerada uma das mais tóxicas moléculas presentes na natureza e pode provocar intoxicações letais em seres humanos.

Registros sobre as florações de *Ostreopsis* spp no mundo tem sido feito nestes últimos anos e vem preocupando pesquisadores e autoridades governamentais pois tanto pode afetar os turistas (banhistas de praias), pescadores, bem como os organismos marinhos que são cultivados para consumo humano como comprometer a biodiversidade local.

No mundo, vários eventos de florescimentos das espécies do gênero *Ostreopsis* tem se elevado nos últimos 15 anos em mares tropicais, subtropicais e temperados geralmente entre 35°N e 35°S de latitude inclusive em várias praias do Mar Mediterrâneo e Nova Zelândia. No Mar Mediterrâneo o primeiro registro de florescimento ocorreu em 1998, na região da Toscana (Itália) (Cohu et al. 2011)

A ocorrência de *O. ovata* já foi documentada desde 8 a 27°S de latitude na costa brasileira (Nascimento et al., 2012). Foi primeiramente documentada em 2001 no Canal de São Sebastião, São Paulo (Naves e Freitas, 2001) e posteriormente na Ilha do Arvoredo em Santa Catarina associada a uma floração de *Trichodesmium* (Silva et al., 2006). Extensas florações de *O. ovata* foram reportadas na costa de Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, nos verões de 1999 e 2002, sendo responsabilizadas pela mortandade em massa de ouriços do mar (*Echinometra lucunter* Linnaeus 1758) (Granéli et al., 2002; Ferreira, 2006). Em 2006 e 2007 florações foram observadas novamente em Arraial do Cabo e também em Armação dos Búzios, Rio de Janeiro (Nascimento et al., 2008; Nascimento et al., 2010). Mais recentemente, em 2010 registrou-se sua ocorrência nas praias da Penha e Bombinhas, em Santa Catarina (Tibiriçá et al., 2010)

No nordeste do Brasil, *O. ovata* também já foi registrada associada a macroalgas nas praias de Muro Alto e Maracaípe em Pernambuco em 2006 e 2007 (Nascimento, 2006). Na Bahia, como possível responsável por intoxicação de banhistas (Proença et al., 2010); e florescimentos em macroalgas foram reportados no Arquipélago de São Pedro e São Paulo em 2009 (Nascimento et al. 2012b). Também foi encontrada no Atol das Rocas (MCJales, unpubl.res.). *Ostreopsis* sp. também foi documentada em Pernambuco na praia de Tamandaré (LM Silva, unpubl.res.).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água foram coletadas no entorno do ambiente recifal da praia de Porto de Galinhas (8°30'33.80"S e 34°59'54.73"O). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é considerado do tipo As', com chuvas de outono-inverno (março a agosto) (Andrade & Lins 1965).

As coletas foram feitas em quatro meses dos períodos chuvoso (maio, junho, julho e agosto de 2010) e de estiagem (outubro, novembro e dezembro de 2010 e janeiro de 2011), na superfície, em quatro pontos fixos, na preamar e baixa-mar, em marés de sizígia diurna.

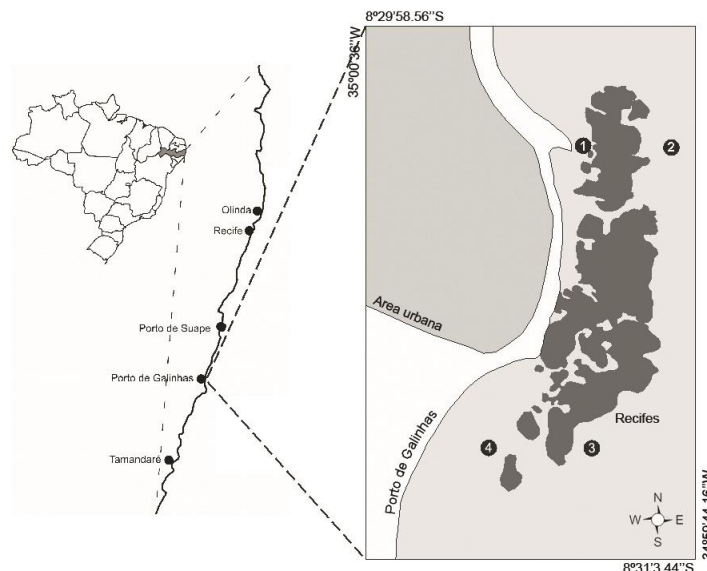


Figura 1. Localização dos pontos de coleta na zona costeira de Porto de Galinhas, PE, Brasil. (Fonte: Google Earth, 2010).

Foram coletadas amostras de fitoplâncton total com garrafa de Niskin, fixadas em solução de Lugol e pelo método Utermöhl (Ferrario et al., 1995). Também foram feitos arrastos horizontais de 5 minutos cada, utilizando-se uma rede de plâncton de abertura de malha de 20 μ m, e fixadas com formol neutro a 4% seguindo a técnica de Newell e Newell (1963). As células destas amostras de microfitoplancton (<20 μ m) foram contadas em preparações temporárias de 0,5mL entre lâmina e lamínula. Foi calculada a abundância relativa de acordo com Lobo e Leighton (1986) e a frequência de ocorrência a partir da fórmula descrita por Mateucci & Colma (1982).

Também foram analisados os seguintes parâmetros abióticos: temperatura, através de um termômetro com escala entre -10 e 60 °C; a transparência da água através do disco de Secchi; a salinidade, utilizando-se um refratômetro manual (ATAGO); o material particulado em suspensão total (MPS) (Melo et al., 1975); os sais nutrientes dissolvidos, nitrogênio inorgânico dissolvido (NID=N-amoniaco+nitrato+nitrato) e fósforo segundo Strickland & Parsons (1972), o silicato de acordo com (Grasshoff et al., 1983) e a biomassa fitoplanctônica pelo método espectrofotométrico da UNESCO (1966).

Utilizou-se o Bio-Env para encontrar o grupo de variáveis abióticas que melhor explicam a distribuição de *O. ovata*, utilizando-se o software PRIMER[®] 6.1.12 e o teste não

paramétrico Kruskal-Wallis, através do software STATISTICA[®] 8.0 para testar diferenças de sazonalidade, espacialidade e marés. Foram considerados significativos valores de $p \leq 0,05$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O registro da distribuição global de *Ostreopsis ovata* cresceu muito na última década. Segundo Rhodes et al. (2011), esta expansão deve-se a um maior número de pesquisas e a uma maior facilidade de identificação dos organismos, com novas tecnologias de imagem e métodos de detecção molecular. Já Granéli et al. (2011) sugerem que o aumento da temperatura da superfície do mar, em decorrência do aquecimento global, é possivelmente o responsável pela expansão da distribuição e aumento de florações desta espécie.

Em Porto de Galinhas, *O. ovata* ocorreu em todos os pontos, nos dois períodos sazonais tanto na baixa-mar, quanto na preamar. De acordo com os resultados de fitoplâncton total, apresentou densidade máxima de $10.10^2 \text{ cel.L}^{-1}$ e abundância máxima de 55,5% (fig. 2). A densidade verificada neste trabalho esteve bem abaixo das concentrações encontradas em ambientes onde ocorreram florescimentos de *O. ovata*, tais como a região costeira da Itália onde foram verificados florações variando entre 43.10^2 e $1371.10^2 \text{ cel.L}^{-1}$ (Asnaghi et al., 2012) e com concentrações máximas de $870.10^2 \text{ cel.L}^{-1}$ (Mangialajo et al., 2008) e a zona costeira de Monaco, com concentrações máximas de $290.10^2 \text{ cel.L}^{-1}$ (Cohu et al., 2011).

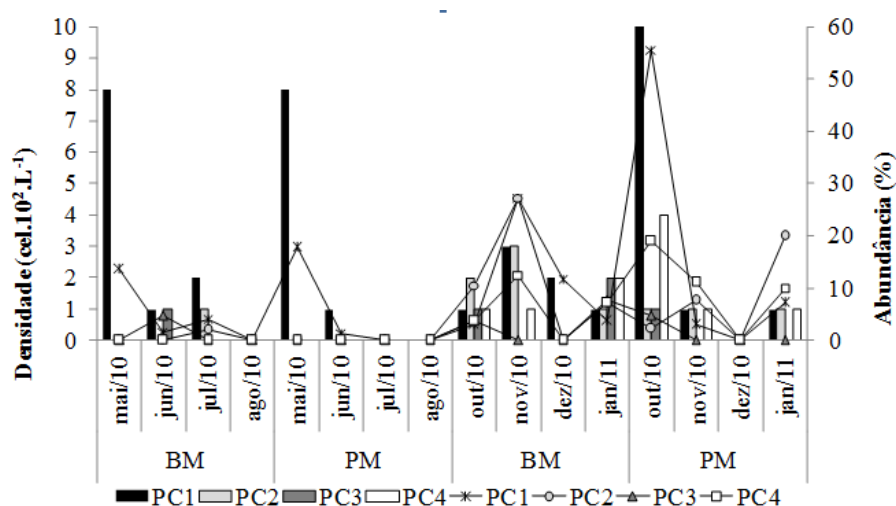


Figura 2. Variação da densidade (barras) e abundância relativa de *Ostreopsis ovata* (linhas) no fitoplâncton total no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).

De acordo com as amostras de microfitoplâncton, *O. ovata* foi muito frequente, estando presente em 73,44% das amostras. Foi considerada dominante em cinco amostras,

com máximo de 86,67% de abundância no ponto 1 em maio na baixa-mar (fig. 3). O período chuvoso apresentou abundância média (4,68%) menor que o período de estiagem (18,81%). A maioria parâmetros hidrológicos analisados também variou de acordo com a sazonalidade (Tab. 1).

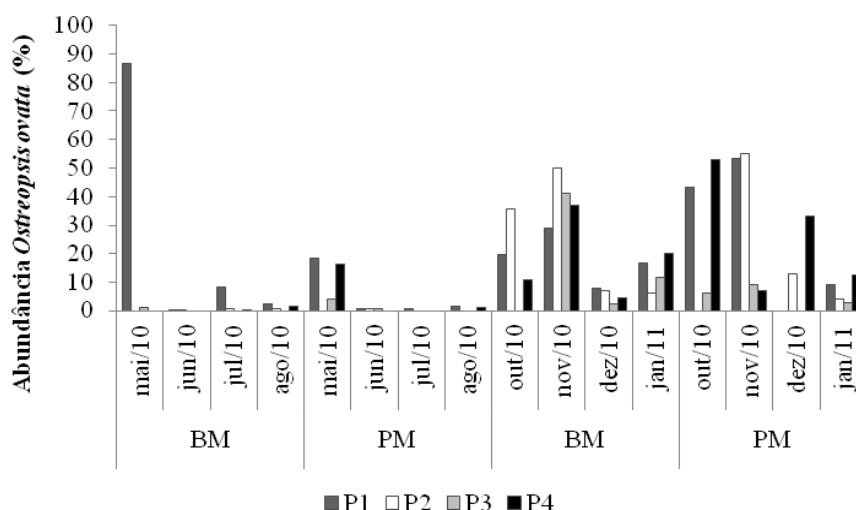


Figura 3. Variação da abundância relativa de *Ostreopsis ovata* no microfitoplâncton (rede com abertura de malha de 20µm) no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas, durante a baixa-mar (BM) e preamar (PM) do período chuvoso (maio, junho, julho e agosto/10) e de estiagem (outubro, novembro, dezembro/10 e janeiro/11).

Maiores abundâncias verificadas nas amostras coletadas com rede provavelmente se deve por *O. ovata* ao proliferar geralmente criar aglomerados flutuantes (Tichadou et al. 2010) que podem ser mais facilmente coletados pela metodologia de arrasto.

Tabela 1. Variação dos parâmetros hidrológicos no entorno do ecossistema recifal de Porto de Galinhas. NID= nitrogênio inorgânico dissolvido; MPS= material particulado em suspensão; DOtax= taxa de saturação do oxigênio dissolvido; Mín=mínimo; Máx=máximo.

Parâmetros hidrológicos	estiagem			chuvoso			Kruskal-Wallis (p)		
	Mín.	Máx.	média	Mín.	Máx.	média	sazonal	tidal	espacial
Temperatura (°C)	27	29	27,94	25	28	26,5	<0,001	0,500	0,852
Salinidade	35	38	36,72	27	37	33,59	<0,001	0,000	0,919
NID (µM)	0,12	3,05	1,26	0,42	5,23	2,20	0,003	0,372	0,625
Fosfato (µM)	0,09	0,35	0,19	0,04	0,40	0,21	0,149	0,930	0,792
Silicato (µM)	0,00	39,20	6,35	2,70	30,60	11,07	<0,001	0,515	0,946
MPS (mg. L ⁻¹)	1,15	11,4	3,69	1,33	39,5	11,92	<0,001	0,946	0,927
Clorofila <i>a</i> (mg. L ⁻¹)	0,42	1,76	0,96	0,89	5,66	2,37	<0,001	0,783	0,129

Através da análise do Bio-Env, verificou-se que o grupo de variáveis que melhor explicou a variação da distribuição de *O. ovata* ($r=0,392$, $p=0,01$) incluiu temperatura, salinidade, fosfato, clorofila *a* e NID. Dentre estes fatores, temperatura e salinidade apresentaram maiores valores no período de estiagem e fosfato, NID e clorofila *a* apresentaram maiores concentrações no período chuvoso.

De acordo com Tichadou et al. (2010), em condições favoráveis, durante o verão, *O. ovata* pode proliferar liberando toxinas na superfície da água que podem ir para a atmosfera na forma de aerossóis. Em Porto de Galinhas esta espécie ocorreu preferencialmente no período de estiagem, quando a temperatura e salinidade se elevam e a concentração de nutrientes diminui. A amostra do período chuvoso do ponto 1 de maio na baixa-mar, se destacou entre todas, apresentando no período chuvoso a maior abundância de *O. ovata*, por ser início desse período, quando a temperatura, salinidade e nutrientes ainda apresentavam valores característicos do período de estiagem.

Os fatores responsáveis pelo florescimento de *O. ovata* ainda são pouco entendidos e requerem mais estudos. Diferente da maioria das espécies tóxicas de microalgas, não está relacionado a condições eutróficas e a temperatura aparenta ser seu maior fator condicionante (Nascimento et al., 2012b). Baixa turbulência da coluna d'água também é relacionada como um importante fator no desenvolvimento e proliferação desta espécie (Mangialajo et al., 2008).

A maioria dos estudos sobre esta espécie envolve sua ocorrência associada à macrófitas, sendo poucos os trabalhos sobre sua ocorrência no plâncton, principalmente no Brasil. Porém vários autores verificaram correlação direta entre a densidade de *O. ovata* no plâncton e sua densidade no bentos associada a macrófitas (Mangialajo et al., 2008). Asnaghi et al. (2012) consideram que a análise de *O. ovata* no plâncton é mais adequada quando o objetivo é avaliar sobre uma perspectiva sanitária, uma vez que suspensão na coluna d'água pode afetar diretamente os humanos pelo contato ou inalação.

Apesar de em Porto de Galinhas a densidade de *O. ovata* não ter sido tão alta quanto em outras áreas de florescimentos no mundo, o monitoramento na área estudada é importante, uma vez que esta espécie ocorre durante todo o ano, tornando-se dominante no ambiente principalmente no período de estiagem, o que pode gerar um sério problema de saúde pública uma vez que nesse período o fluxo de turistas na praia é intenso.

REFERÊNCIAS

- Asnaghi, V., Bertolotto, R., Giussani, V., Mangialajo, L., Hewitt, J., Thrush, S., Moretto, P., Castellano, M., Rossi, A., Povero, P., Cattaneo-Vietti, R., Chiantore, M. (2012) Interannual variability in *Ostreopsis ovata* bloom dynamic along Genoa coast (North-western Mediterranean): a preliminary modeling approach. *Cryptogamie, Algologie*, 33 (2): 181-189.
- Cohu, S., Thibaut, T., Mangialajo, L., Labat, J.P., Passafiume, O., Blanfuné, A., Simon, N., Cottalorda, J.M., Lemée R. (2011) Occurrence of the toxic dinoflagellate *Ostreopsis* cf. *ovata* in relation with environmental factors in Monaco (NW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 62(12): 2681-91.
- Faimali, M., Giussani, V., Piazza, V., Garaventa, F., Corrà, C., Asnaghi, V., Privitera, D., Gallus, L., Cattaneo-Vietti, R., Mangialajo, L., Chiantore, M. (2012) Toxic effects of harmful benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata* on invertebrate and vertebrate marine organisms. *Marine Environmental Research*, 76: 97-107.
- Ferreira, C.E.L. (2006). Sea urchins killed by toxic algae. *JMBA Global Marine environment*, spring, 3: 23-24.
- Granéli, E., Vidyarthna, N.K., Funari, E., Cumaratunga, P.R.T., Scenati, R. (2011). Can increases in temperature stimulate blooms of the toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*? *Harmful Algae*, 10:165-172.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. 1983. Methods of Seawater Analysis. 2nd. ed. Verlag Chemie.
- Mangialajo, L., Bertolotto, R., Cattaneo-Vietti, R., Chiantore, M., Grillo, C., Lemee, R., Melchiorre, N., Moretto, P., Povero, P., Ruggieri, N. 2008. The toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovata*: Quantification of proliferation along the coastline of Genoa, Italy. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1209–1214
- Nascimento, S.M., Corrêa, E.V., Menezes, M., Varella, D., Paredes, J., Morris, S. 2012a. Growth and toxin profile of *Ostreopsis* cf. *ovata* (Dinophyta) from Rio de Janeiro, Brazil. *Harmful algae* 13: 1–9.
- Nascimento, S.M., França, J.V., Gonçalves, J.E.A., Ferreira, C.E.L. 2012b. *Ostreopsis* cf. *ovata* (Dinophyta) bloom in an equatorial island of the Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1074–1078.
- Nascimento, S.M., Monteiro, P.O., Alencar, A.G., Meneguelli, A.C. 2010. Epi-benthic dinoflagellates from the Rio de Janeiro coastline, Brazil. In: GEOHAB Open Science Meeting on Harmful Algal Blooms in Benthic Systems, Honolulu, Hawaii.
- Nascimento, S.M., Monteiro, P.O., Ferreira, C.E.E.L., Rodriguez G. 2008. *Ostreopsis ovata* booms on Rio de Janeiro coast. *Harmful Algae News* 37: 1–4.
- Nascimento, S.M. 2006. Epiphytic dinoflagellates from the Brazilian coastline. In: 12th International Conference on Harmful Algae, Copenhagen. p. 248.
- Proença, L.A.O., Boemer, G.L., Dias, J.P., Hatherly, M.M., Mendes, I.L., Mendes, L.A.M., Mendes, M.C.Q., Rossi, W.C., Tamanaha, M.S., Tenenbaum, D.R., Schramm, M.A. (2010). Can the cases of airborne intoxication of beach users in south coast of Bahia (16°24' S, 39°02' W) be related to microalgae? GEOHAB OSM on Benthic HABs, Honolulu, Hawaii.

Rhodes L. 2011. World-wide occurrence of the toxic dinoflagellate genus *Ostreopsis* Schmidt. *Toxicon* 57(3): 400–407.

Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of sea water analysis. 2nd. ed. Bulletin 167. Ottawa, Bulletin Fisheries Research Board of Canada.

Tibiriçá, C.E.J., Proença, L.A.O., Schramm, M.A. 2010. Investigação da ocorrência de dinoflagelados epífitos em duas enseadas na região centro-norte de Santa Catarina. In: XIII Congresso Brasileiro de Ficologia, Paraty. p. 313.

Tichadou, L., Glaizal, M., Armengaud, A., Grossel, H., Lemée, R., Kantin, R., Lasalle, J., Drouet, G., Rambaud, L., Malfait, P., Haro, L. 2010. Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in the Mediterranean Sea: experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clinical toxicology* 48: 839-844.

Totti, C., Accoroni, S., Cerino, F., Cucchiari, E., Romagnoli, T. 2010. *Ostreopsis* ovate bloom along the Conero Riviera (Northern Adriatic Sea). Relationships with environmental conditions and substrata. *Harmful Algae* 9: 233–239.

UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea water: Report of SCOR-Unesco, Working Group 17. Paris: United Nations Education, 69p.

8 CONCLUSÕES

Apesar da forte presença humana em Porto de Galinhas, as variáveis ambientais indicaram tratar-se de um ambiente ainda isento do processo de eutrofização. Quando comparadas com outras áreas recifais, as variáveis ambientais analisadas indicam que o ecossistema recifal de Porto de Galinhas se assemelha à áreas recifais despoluídas, porém sobre leve interferência continental, podendo ser classificado como oligotrófico com tendência a mesotrófico no período chuvoso. Os parâmetros ambientais e a estrutura da comunidade fitoplanctônica oscilaram mais em relação à sazonalidade do que em relação aos estágios de maré e pontos de coleta, sendo a pluviosidade importante condicionante das variações dos parâmetros analisados. A influência da pluma do rio Maracápe pode ser percebida no local através do incremento de nutrientes e material em suspensão no período chuvoso, levando a alterações sazonais na estrutura da comunidade fitoplanctônica.. O Distúrbio Ondulatório de Leste de junho de 2010 gerou alterações nas variáveis ambientais e biomassa fitoplanctônica capazes de diferenciar as amostras desse mês do padrão encontrado para o período chuvoso. *Ostreopsis ovata* foi a principal espécie chave do ambiente, sendo muito frequente e dominante em algumas amostras do período de estiagem. Apesar de algumas espécies tóxicas serem representativas da área, devido aos seus índices de frequência e abundância, a quantidade encontrada não é nociva para o ambiente assegurando que o ambiente encontra-se em equilíbrio ambiental, porém com uma média diversidade. Levando-se em conta todos os resultados obtidos, verifica-se que no ambiente recifal de Porto de Galinhas, apesar dos danos diretos causados pelos turistas aos recifes, não foi perceptível processo de eutrofização no ambiente pelágico, com índice de área oligotrófica, com tendência a mesotrofia no período chuvoso.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G., FLORES-MONTES, M., GASPAR, F., GOMES J., FEITOSA, F.N.. Eutrophication and water quality in a tropical Brazilian estuary. In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E., and O'Hare T.J. (eds.), **Proceedings 12th International Coastal Symposium**. Journal of Coastal Research, Special Issue, n. 65, p.7-12, 2013.
- ANDERSEN, J. H, SCHLUTER, L, ÆRTEBJERG, G. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies. **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 7, p. 621-628, 2006.

- BAKER, N. H. L, ROBERTS, C. M. Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. **Biological Conservation**, v. 120, p. 481-489, 2004.
- BARRADAS, J. I, AMARAL, F. D, HERNÁNDEZ, M. I, FLORES-MONTES, M. J, STEINER, A. Q. Tourism impact on reef flats in Porto de Galinhas beach. **Boletim Técnico Científico do Cepene**, v. 45, n. 2, p. 81-88, 2012.
- BOIKOVA, E., BOTVA, U., LICITE, V. Implementation of trophic status index in brackish water quality assessment of Baltic coastal waters. **Proceedings of the Latvian Academy of Sciences**, Section B, v. 62, n. 3, p. 115-119, 2008.
- BONECKER, A. C. T, BONECKER, S. L, BASSANI, C. Plâncton marinho. In: PEREIRA, R. C; SOARES-GOMES, A. (Ed.) **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Editora Interciência. 2002. p. 103-125.
- BRANDINI, F.P, LOPES, R.M, GUTSEIT, K.S, SPACH, H.L, SASSI, R. 1997. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil – Diagnose e Revisão bibliográfica**. Rio de Janeiro, MMACIRM-FENAR, 196p.
- BRODIE, J. E, FURNAS, M. J, STEVEN, A. D. L, TROTT, L. A, PANTUS, F, WRIGHT, M. Monitoring chlorophyll in the great barrier reef lagoon: trends and variability. **Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium**, Panamá, v. 1, p. 797-802, 1997.
- CASTRO, C. B. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha – Recifes de Coral**. 1997. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brnd/round6/guias/PERFURACAO/PERFURACAO_R6/refere/recifes%20de%20corais.pdf> Acesso em: 10 de setembro de 2008.
- CASTRO, P.; HUBER, E. M. **Biologia Marinha**. 8. ed. Porto Alegre: Mac GrawHill, 2012. 480 p.
- CORSON, W. H. **Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente**. São Paulo: Augustus, 2002. 413p.
- CPRH - AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Plano de Ação Integrada Litoral Sul: Síntese**. Ipojuca: CPRH/GERCO, 1997. 29 p. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/1plano_gestao.pdf> Acesso em: 01 out. 2006.
- DRING, M. J. **The biology of marine plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, 199p.
- DRING, M. J. **The biology of marine plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992, 199p.
- ESKINAZI-LEÇA, E, KOENING, M.L. Estudos ecológicos do fitoplâncton na plataforma continental de Pernambuco. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE PLÂNCTON, 4., Recife, **Resumos...** Recife: EDUFPE, 1991. p.54.
- ESKINAZI-LEÇA, E, MOURA, A. N. M, SILVA-CUNHA, M. G. G, KOENING, M. L. Microalgas marinhas do Estado de Pernambuco. In: TABAREL bnLI, M, SILVA, J. M. C. (Eds.) **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco**. Recife: SECTMA e Ed. Massangana, p. 79-96, 2002.
- FERREIRA, B. P, MAIDA, M. **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil: Situação Atual e Perspectivas**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 250 p.

- FONSECA, R. S. et al. Ecossistema recifal da praia de Porto de Galinhas (Ipojuca, Pernambuco): biomassa fitoplânctônica e hidrologia. **Boletim Técnico-Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 10, n. 1, p. 9-26, 2002.
- FURNAS, M. J.; MITCHELL, A. W.; MICHELE SKUZA, M.; BRODIE, J. In the other 90%: phytoplankton responses to enhanced nutrient availability in the Great Barrier Reef Lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, v. 51, p. 253–265, 2005.
- GROSS, M. G, GROSS, E. Oceanic Life and Ecosystems. In: **Gross, M. G, Gross, E. (Eds.) Oceanography: a view of earth**. New Jersey: Prentice Hall, 1996, p. 277-299.
- HO, A. Y. T. et al. Seasonal and spatial dynamics of nutrients and phytoplankton biomass in Victoria Harbour and its vicinity before and after sewage abatement. **Marine pollution bulletin**, v. 57, n. 6-12, p. 313–24, jan. 2008.
- HUERTAS, I. E. et al. Warming will affect phytoplankton differently: evidence through a mechanistic approach. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 278, n. 1724, p. 3534–43, 7 dez. 2011.
- JOUENNE, F, LEFEBVRE, S, VE'RON, B, LAGADEUC, Y. Phytoplankton community structure and primary production in small intertidal estuarine-bay ecosystem (eastern English Channel, France). **Marine Biology**, v. 151, p.805-825, 2007.
- KEITH, D. J, YODER, J. A, FREEMAN, S. A. Spatial and Temporal Distribution of Coloured Dissolved Organic Matter (CDOM) in Narragansett Bay, Rhode Island: Implications for Phytoplankton in Coastal Waters. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 55, n. 5, p. 705–717, nov. 2002.
- KNOPPERS, B, EKAU, W, FIGUEIREDO JÚNIOR, A. G, SOARES-GOMES, A. Zona costeira e plataforma continental do Brasil. In: PEREIRA, R. C, SOARES-GOMES, A. (Org.) **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2002.p. 353-361
- LABOREL J. **Les peuplements de Madréporaires des côtes tropicales du Brésil**. Thèse Docteur (Université dAix-Marseille), Marseille, 313p., 1967.
- LOURENÇO, S. O, MARQUES JR, N. A. Produção primária marinha. In: **Biologia marinha**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. Cap. 6, p. 111-154.
- MACÊDO, S. J,MUNIZ, K, FLORES MONTES, M. J. Hidrologia da região costeira e plataforma continental do Estado de Pernambuco. In: ESKINAZI-LEÇA, E, NEUMANN-LEITÃO, S, COSTA, M. F. (Org.) **Oceanografia: Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 255-286.
- MACHADO, R. C. A, FEITOSA, F. A. N, BASTOS, R. B, TRAVASSOS, R. K. Dinâmica da biomassa fitoplânctônica e parâmetros hidrológicos no ecossistema recifal de Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE**, Tamandaré, v. 15, n. 2, p. 17-29, 2007.
- MACHADO, R. C. D. A. et al. Phytoplankton Productivity and Hydrology of Porto de Galinhas Reef Ecosystem (Pernambuco, Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 294, p. 371–378, mar. 2014.
- MAIDA, M, FERREIRA, B. P. Recifes Brasileiros. In: ESKINAZI-LEÇA, E, NEUMANN-LEITÃO, S, COSTA, M. F. (Org.) **Oceanografia: Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 617-640.
- MANSO, V. A. V, CORRÊA, I. C, GUERRA, N. C. Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias de Porto de Galinhas e Campos – Litoral sul de

Pernambuco, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Rio Grande do Sul, v. 30, n. 2, p. 17-25, 2003.

MAYAL, E. M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; FEITOSA, F. A. N.; SCHWAMBORN, R.: TÂMARA DE ALMEIDA E SILVA, T.; SILVA-CUNHA, M.G.G. Hydrology, Plankton, and Corals of the Maracajaú Reefs (Northeastern Brazil) - an Ecosystem Under Severe Thermal Stress. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 52, n. 3, p. 665-678, 2009.

MEDEIROS, C, MACEDO, S. J, FEITOSA, F. A. N, KOENING, M. L. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. **Archives of Fishery Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p.133-151, 1999.

MELO, R. S, CRISPIM, M. C, LIMA, E. R. V. de O turismo em ambientes recifais: em busca da transição para a sustentabilidade. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 18, p. 34-42, 2005. Disponível em: <http://www.ivt-rj.net/caderno/anteriores/18/cvt18_34/cvt18_34.htm>. Acesso em: 20 set. 2006.

MENDONÇA, L. C. (Org.) **A invenção de Porto de Galinhas: História, empreendedorismo e turismo**. Recife: Persona, 2004. 248 p.

MILLERO, F. J; SOHN, M. L. **Chemical Oceanography**. CRC Press LLC, 1991. 448p.

NIXON, S. W. Eutrophication and the macroscope. **Hydrobiologia**, v. 629, n. 1, p. 5–19, 18 abr. 2009.

PASSAVANTE, J. Z. O.; FEITOSA, F. A. N. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (Org.) **Oceanografia: Um cenário tropical**. Recife: Bagaço, 2004. p. 425-439.

PENNINGS, S. C. Indirect interactions on coral reefs. In: Birkeland, C. (Ed.). **Life and death of coral reefs**. New York: Chapman & Hall, 1997. p. 249-272.

PHLIPS, E. J.; BADYLAK, S.; GROSSKOPF, T. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian river lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Flórida, v.55, p. 385-402, 2002.

REYNOLDS, C. S. **Ecology of phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press. 2006. 552p.

ROSENBERG, R. Eutrophication—the future marine coastal nuisance? **Marine Pollution Bulletin**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 227-231, 1985.

ROUND, F. E. **Biologia das algas**. Guanabara Dois, Rio de Janeiro. Segunda Edição. 263p.

SALE, P. F. **The ecology of fishes on coral reefs**. San Diego: Academic Press, 1991. 754 p.

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

SATÔ, S, PARANAGUA, M. N, ESKINAZI-LEÇA, E. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife, northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease “Tamandare fever”. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.6/7, p. 749, 1963

SOROKIN, Y.U.L. **Ecosystems of the world**. 2. ed. Dubinsky: Elservier Oxford. v. 25, 1990, 550p.

STEEMANN-NIELSEN, E. The use of radio-active carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. **Journal du Conseil Pemanent International Pour L Exploration de le Mer**, Copenhagen, v. 18, n. 2, p. 117-140, 1952.

TUNDISI, J. G, TUNDISI, T. M. Produção orgânica em ecossistemas aquáticos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 28, n. 8, p. 864-887. 1976.

VALENTIN, J. L, MACEDO-SAIDAH, F. E, TENENBAUM, D. R, SILVA, N. M. L. A diversidade específica para a análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao ecossistema da ressurgência de Cabo Frio (RJ). **Nerítica**, Curitiba, v.6, n.1-2, p.7-26, 1991.

VALIELA, I. **Marine ecological processes**. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1995. 686p.

VAN'T HOF, T. **Tourism impacts on coral reefs: increasing awareness in the tourism sector**. Netherlands Antilles: Marine and Coastal Resource Management Consulting Saba, 2001. 41 p.

VILLAÇA, R. C. Recifes biológicos. In: PEREIRA, R. C, SOARES-GOMES, A. (Org.) **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência. 2002. p. 229-248.

VOLLENWEIDER, R. A., TALLING, J. F., WESTLAKE, D. F. **A manual in method for measuring primary production in aquatic environments, incluínd a chapter on bacteria**. Oxford: International Biological Program Handbook, 1974. 225p.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian. 1993. 919p.

WILKINSON, C. (ed.) **Status of Coral Reefs of the World: 2004, Volume 1**. Australian Institute of Marine Science: Townsville, 2004. 301p.

ANEXO 1

Journal of Coastal Research (JCR)**Official****Publication of****the****Coastal Education and Research Foundation, Inc.*****[CERF]*****INSTRUCTIONS****FOR AUTHORS**

SCOPE OF THE JOURNAL

The *Journal of Coastal Research (JCR)* covers all fields of coastal research [e.g., geology, biology, geomorphology, physical geography, climate, littoral oceanography, hydrography, coastal hydraulics, environmental (resource) management (law), engineering, and remote sensing] and encompasses subjects relevant to natural and engineered coastal environments (freshwater, brackish, and marine), as well as the protection (*i.e.* management and administration) of those resources within and adjacent to coastal zones (including large lakes) around the world. The JCR broadly focuses on coasts *per se*, but also embraces those coastal environments that extend some indefinite distance inland (*i.e.* to the edge of the coastal plain) or reach seaward beyond the outer margins of the sublittoral (neritic) zone (*i.e.* to the edge of the continental shelf). Consideration is also given to zones farther out to sea if processes or materials affect the coast.



EDITORIAL

POLICY

The *Journal of Coastal Research* is published in English by the Coastal Education and Research Foundation, Inc. [CERF]. On an exceptional basis, papers in Spanish, French, or German are also accepted. Abstracts (in addition to an English abstract) or summaries are accepted in languages using the Latin alphabet. Submissions fall into one of the following main departments, which are included in most JCR issues: *Research Papers, Technical Communications, Review Articles, Editorials, Letters to the Editor, Notes, Discussions and Replies, Meeting Reports, News and Announcements, Coastal Photographs, Honors and Awards, Book Reviews, Books Received, Literature Reviews, Dedications, In Memoriam, and Errata (Corrigenda)*.

SUBMISSION TO THE JCR

There is a required, non-refundable manuscript submission fee for Research Papers, Technical Communications, Notes, and Review Articles (there is no submission fee for other contribution categories). CERF members receive a reduced submission fee of US\$45 USD vs. US\$65 USD for non-CERF members. This fee is required to offset third-party subscription hosting and maintenance costs associated with the online journal (www.JCRonline.org) and maintenance of the electronic Editorial Manager (PeerTrack) manuscript tracking and peer review system (<http://www.editorialmanager.com/jcoastres/>).

Electronic submission of contributions is required; papers are no longer typeset from manual copy. **When preparing a manuscript, it is essential to follow these author instructions explicitly. Contributions not following specifications, i.e. fail the technical check, will be returned to the respective author for proper JCR manuscript formatting.** Please submit manuscripts to: <http://www.editorialmanager.com/jcoastres/> for electronic manuscript tracking and processing.

It is not the responsibility of the editors or peer reviewers to rewrite poorly prepared manuscripts. **Manuscripts may be rejected solely on the basis of poor English usage and grammar.** Authors who have difficulty writing scientific English may avail themselves with several English language editing services. Some options are listed below. CERF does not endorse any individual service or agency. Professional qualifications and compensation must be discussed between the author and the specific English editing service of their choosing.

Available English editing services (listed in no particular order):

<http://www.editage.com/?ref=referral>

<http://www.journalexperts.com>

<http://www.internationalscienceediting.com>

<http://www.asiascienceediting.com> <http://www.prof-editing.com>

<http://www.councilscienceeditors.org/jobbank/services.cfm>

<http://www.alphasienceeditors.com>

Research papers, technical communications, notes, and review articles are peer reviewed in a timely manner by at least two referees. The peer review referees assist the Editor-in-Chief in obtaining comments and suggestions for improvement of the manuscripts. The Editor-in-Chief is ultimately responsible for the material published in the JCR.



JCR Submission Categories Include:

RESEARCH PAPERS

Original research papers are a primary interest of the JCR. Manuscripts dealing with coastal geology, marine biology, coastal geomorphology, physical geography, climate, littoral oceanography, hydrography, coastal hydraulics, environmental (resource) management (law) and policy, coastal engineering, and remote sensing are all welcome. **These papers are required to follow the standard main heading IMRAD formulation (i.e. INTRODUCTION, METHODS, RESULTS, ANALYSIS (if applicable), DISCUSSION, CONCLUSIONS). All other headings may serve as subheadings under these main headings. There must be text between all headings, as stacked headings are not accepted.**

TECHNICAL COMMUNICATIONS AND NOTES

Brief reports and notes dealing with new or improved techniques, procedures, or methodologies may be submitted as technical communications or notes, which are peer reviewed. These short reports may contain line drawings, photographs, and references. Although generally shorter and more limited in scope compared to research papers, they are required to follow the same format. In JCR issues, technical communications and notes are grouped together after the research papers in a separate department.

REVIEW ARTICLES

Topical reviews, analysis of natural conditions, or human interventions may be submitted as review articles that are placed in a regional or international context. Reviews must pass a test of importance and relevancy by answering such questions as 'so-what' and 'who cares.' Also, review articles are expected to contain an extensive Literature Sited section. These contributions, which are peer reviewed in the usual manner, may contain line drawings, photographs, and references. Although more limited in scope compared to research papers, they should follow the same general format; however, more flexible with main heading titles will be granted. In JCR issues, review articles are grouped together in a separate department before the research papers and technical communications.

DISCUSSION AND REPLY

Discussions of Research Papers, Technical Communications, Notes, and Review Articles are encouraged in the forum of the JCR for the exchange of ideas. Commentaries should identify, in JCR format, the report title and authors, as well as the issue in which the paper originally appeared. Discussions will be sent to the corresponding authors of the original items by the editors so that reply items may accompany the discussions. Rejoinders and further discussions are permitted, should the author(s) or responders wish to extend the debate. Discussions and replies should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com

NEWS AND ANNOUNCEMENTS

Announcements, discussions, and progress reports of supporting organizations and other associations with coastal themes and interests highlight this department. Brief descriptions of representative professional activities and news items of international, national, or regional interests are relevant here. Also included are news features about people, honors, and awards or opportunities for fellowships, scholarships, and research funds. News and announcements should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com

LETTERS TO THE EDITOR

This department contains informative commentaries on any aspect of coastal technology, research, management, or policy. Letters are not peer reviewed; their acceptance is determined by the Editor-in-Chief. Letters should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com

LITERATURE REVIEWS, BOOK REVIEWS, & BOOKS RECEIVED

Topical reviews in specialized subjects should feature classical interpretations of contentious issues, as well as modern developments. Selected book reviews and shorter listings of books received are included. These items should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com

COASTAL PHOTOGRAPHS

Photographs of general interest are published in grayscale, as full single pages, with a descriptive caption (the photographer's affiliation should be provided with location and date). Photographs in landscape format may be submitted for consideration as a color cover plate. Previous issues should be used as guides. Photographs should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com. Grayscale coastal photographs are printed at no cost to the photographer. Quotes for printed and online-only color coastal photographs may be obtained from the JCR Publishing Manager.



GENERAL MANUSCRIPT REQUIREMENTS

Manuscripts must be original contributions and not submitted for publication elsewhere. Submissions, in general, should be organized in the following order: **(A) TITLE** (include a short running head); **(B) names and affiliations of authors** (with simple addresses [*i.e.* no P.O. Boxes or street addresses] and one e-mail address for the corresponding author); **(C) ABSTRACT**; **(D) ADDITIONAL INDEX WORDS** (include general, overarching words not included in the title that will lead a researcher to your paper); **(E) INTRODUCTION** (*e.g.*, purpose, goals, objectives, study area, *etc.*); **(F) METHODS** (*e.g.*, techniques, procedures, materials); **(G) RESULTS**; **(H) ANALYSIS** (if applicable); **(I) DISCUSSION** (do not merge Results and Discussion as one heading; they are to be separate sections in the manuscript); **(J) CONCLUSIONS** (do not merge Discussion and Conclusions as one heading; they are to be separate sections in the manuscript); **(K) ACKNOWLEDGMENTS**; **(L) LITERATURE CITED**; **(M) Summary or extended abstract in native language** (if different from English); **(N) Tables** (with captions above); and **(O) Figure Captions** (listed in order). There should be a short paragraph between all headings, especially between main headings and subheadings to introduce following sections. Stacked headings are not accepted.

For general guides to manuscript layout and style (*e.g.*, grammar, punctuation, table preparation, figure layout, and other style matters) authors are referred to: the most recent version of Webster's or Oxford English Dictionary for spelling; *A Manual of Style* (2010), The University of Chicago Press, Chicago, Illinois (online version available for a fee); *Suggestions to Authors of the Reports of the United States Geological Survey* (1991) (online version for free at http://www.nwrc.usgs.gov/lib/lib_sta.htm); and Commonwealth of Australia (2002), *Style Manual for Authors, Editors and Printers*. Brisbane, Queensland: Snooks & Co. (Wiley) [not available electronically].

The following text formats are accepted for electronic submission: (*.doc, *.docx, and *.rtf). Submissions may be single or double spaced throughout. The following standard heading formats are set up to accommodate a majority of situations normally encountered in the JCR. Note that headings are unnumbered and their rank is normally determined by case and position on the page.

FIRST ORDER HEADINGS ARE BOLD TYPE IN CAPITALS AND CENTERED

Second Order Headings Are Upper and Lower Case, Bold, Flush Left

Third Order Headings Are Upper and Lower Case, Bold, Indented

Fourth Order Headings Are Upper and Lower Case, Bold, Indented as a Paragraph.

Text that follows is run in.

Manuscripts must be prepared using a popular font (*e.g.*, Helvetica or Times New Roman, 12 point font size) and include page and line numbers throughout. Do not use oversize letters or

fancy fonts for headings or text. Book or journal titles and foreign words and phrases (*et al.*, *e.g.*, *i.e.*, *ca.*, and *etc.*) should be italicized. Symbolization used in mathematical formulae may be accompanied by marginal notes that identify the foreign characters (first occurrence only) for the typesetter. Authors are responsible for making their submissions clear, concise, and accurate, and should consult these guidelines and general style manuals (indicated above). Manuscripts not properly prepared will fail the JCR formatting technical check and be returned for correction.

TITLES

A good title (a) briefly defines the subject, (b) indicates the purpose of the contribution, and (c) gives important, high-impact words early. Besides being descriptive, the title should be concise, usually less than 15 words except in unusual circumstances. Titles should never contain abbreviations, excessive notation, or proprietary names; and authors should avoid using unusual or outdated terminology.

TITLE PAGE

The first page of the manuscript should contain: (1) a concise title; (2) full name(s) of the author(s), under the title in one line; (3) affiliations (no P.O. Boxes or street addresses and one email address for the corresponding author); (4) a left running head (LRH) for authors' last names; and (5) a short right running head (RRH) of the title. Footnotes for new or present addresses may be added to this page. Other information, such as contribution numbers and financial support should be placed in the Acknowledgements. A sample of a JCR manuscript title page is shown below:

Potential Natural Environments Based on Pedological Properties in the Coastal Conurbation of Subtropical Southeast Florida

Charles W. Finkl^{†‡} and Natalia Restrepo-Coupe[‡]

[†]Coastal Education and Research Foundation, Inc.

Coconut Creek, FL 33073, U.S.A.

cfinkl@cerf-icr.com

[‡]Department of Geosciences Florida Atlantic University Boca Raton, FL 33431, U.S.A.

LRH: Finkl and Restrepo-Coupe

RRH: Coastal Environments in Southeast Florida

ABSTRACT

Because abstracts are viewed up to 500 times more than the full paper, it should convey information itself, not promise it. The general format of an abstract follows the classical **IMRAD** formulation (*i.e.* introduction, methods, results, analysis (if applicable), discussion, conclusions). A concise abstract (not more than 3% of the text or 250 words) falls on the second page of the manuscript. The abstract should not contain bibliographic citations, figures, tables, equations, formulas, obscure abbreviations, or acronyms. Summaries in French, German, Spanish and/or other native languages may be provided.

ADDITIONAL INDEX WORDS

List several additional index words not found in the title. These words are useful to abstracting services and indexers who prepare lists for computer searches by subject. They are identified after the abstract as "**ADDITIONAL INDEX WORDS:**" and are listed in italic (scientific names are reversed italic), separated by commas, and followed by a period (full stop). Make sure these words are not overly specific, but generic in such a manner that they will direct researchers to your paper.

TABLES

Tables are submitted at the end of the manuscript text file or as a separate file (or files). They should be numbered consecutively, appropriately based, and kept as simple and short as possible. Longer appendices are exceptionally allowed, but preferably may be made available online only. The title to a table should not include the units of measurement or take footnotes. Show the units for all measurements in column heads, in spanner heads, or in the field. In general, only horizontal rules are used: a double rule at the top, a single rule below the box head, and a single rule at the bottom just over the footnotes; additional horizontal rules may be needed under spanner heads and subheads. Vertical lines within tables should be avoided. Tables should be submitted in either .xls, .doc, or .docx formats. Please refer to recently published JCR article tables for proper formatting. Table captions are italic and should be comprehensive in nature (*i.e.* should indicate why the reader is viewing the table).

ILLUSTRATIONS

ALL FIGURES MUST BE UPLOADED AS SEPARATE FILES (that is, not embedded in a text, WORD, or EXCEL file). Photographs and line drawings are numbered in Arabic numerals in a single sequence as "Figure 1," "Figure 2," *etc.*, and so referred to in the manuscript text. All figures should be called out in the manuscript text as, for example, Figure 1 (not Fig. 1). Each figure must be clearly captioned and acknowledged when necessary. Figure captions must be included at the end of the manuscript in a "List of Figures." The size of a figure, the lettering and lines, must be carefully

considered for reduction because these figures will be reduced as much as possible to one column (85 mm), two columns (175 mm), or even smaller. The length of a column is 230 mm. Larger illustrations may be rotated sideways and printed as a turn-page (landscape view) to take advantage of maximum page size. The minimum size of a reduced letter should be about 1 mm high. For a figure that is to be reduced to 1/4 of its size (1/2 length of size), lines of 0.5 to 0.8 mm and 16 to 18 point bold are recommended. Computer-generated figures should be used. Magnifications should be given as bar lines in photographs or satellite images and defined in the caption or legend. Maps and planimetric drawings should contain scales in bar lines as well as a north sign. See recently published JCR article figures and captions for proper formatting. Figure captions should be comprehensive in nature (*i.e.* includes the importance of the figure, why the reader is viewing it, and a synopsis of all the visual components).

Figures will not be placed out of numerical order. Figures are assumed to be grayscale or black and white (even if submitted in color), unless otherwise stated. If a figure is to be printed in color, it must be indicated at the time a revision is submitted. For charges associated with figure color production, see Publication Charges.

Digital Figure Guidelines: Digital figure files that are recommended include: TIFF (.tif), EPS (.eps), PDF (high-quality), and JPEG (.jpg). Some of these formats are resolution-dependent. The file resolution that is required for good quality printing is much higher than is required for viewing on a computer screen. Files that are created in programs or at settings that are “low” resolution will always retain the visual characteristics of low-resolution files regardless of what is done to them later. A low-resolution file has a bitmapped (pixilated) appearance. The best file resolution for a figure file depends on the type of figure it is and what line-screen will be used to print the figure. Using resolutions that are higher than ideal does not serve any advantage. Ideal and minimum resolutions recommended for figures are provided in Table 1.

Table 1. *Ideal and minimally acceptable figure resolutions for the JCR.*

Type of Figure	Ideal Resolution (ppi)	Min Resolution (ppi)
B/W Line Drawing	1200	600
Color	600	300
Color/Line Drawing Combination	600	300
Halftone	600	300
Line/Halftone Combination	600	300

Digital files that require excessive time to open will be rejected. To avoid replacing a figure: crop excessive marginal white space, submit it in grayscale or bitmap mode unless it is intended to print in

color, and size the figure close to the final print size. Do not exceed the ideal resolution for the specific kind of figure. Figure file formats that are no longer allowed: MS WORD (.doc,.docx), WordPerfect, Excel (.xls), PowerPoint (.ppt), GIFF (.gif), Adobe Illustrator (.ai), Canvas, Adobe Photoshop (.psd), Quark documents, Corel Photo-Paint, PageMaker documents, CorelDraw, PictureViewer documents, Rich Text Format (.rtf, .pic or .pcx, Metafiles, Harvard Graphics, Cricket Graph, Sigma Plot, and JNB.

SCIENTIFIC NAMES

Identifiers of plant and animal genera, subgenera, species, and lower taxa need to be in italic, with specific and lower epithets being written with a lower case initial letter. Nomenclature should follow the appropriate international code. Geological, ecological, and other scientific terms should follow standard usage or be defined the first time they are employed in the paper.

UNITS OF MEASURE

The S.I. system (*le System International d' Unites*) of reporting measurements, as established by the International Organization for Standardization in 1960, is required insofar as practical. Other units may be reported in parentheses or as the primary units when it would be impossible or inconvenient to convert to the S.I. system. Equivalent units may be given in parentheses when tables, figures, and maps retain units of the English system (Customary units).

EQUATIONS

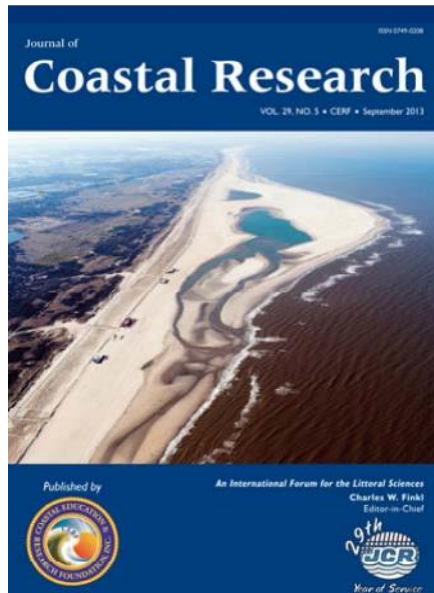
Keep in mind that elaborate equations often extend over several lines with many breaks. Alternatively, it may be advantageous to group long equations into a "Table," which can run across the full width of the page, thus allowing clearer presentation.

LITERATURE CITED

In Text Citations: Citations are generally treated according to the modified "Harvard System." In the body of the manuscript text, they are cited by naming the author(s) and indicating the year of publication. For three authors or less, all names are given (Jones, Smith, and Andrews, 2005). When there are more than three authors, *et al.* is used (Finkl *et al.*, 2005). Enclose the citation in parentheses if referring indirectly: *e.g.*, "(Jones, 1988)" or "(Smith *et al.*, 1989);" or enclose the year of publication in parentheses if referring directly: *e.g.*, "according to Jones (1988)," or "from data prepared by Smith *et al.* (1989)." Multiple citations given together should be listed in alphabetical (not chronological) order, separated by a semicolon. For example: (Andrews and Stewart, 2006; Jones, 2004; Jones, Andrews, and Stewart, 2003; Smith *et al.*, 1961). For citations by the same authors with the same date, use this format: Jones (2013a,b) or (Smith, Roberts, and Cline, 2009a,b).

Literature Cited Section: Previous works cited throughout the text should be grouped together in a listed section with the heading "LITERATURE CITED" (not References or Bibliography), that is alphabetically arranged by first authors' surnames, unnumbered, and located at the end of the body of the manuscript. In this section, all authors' names and initials are required (no space between initials and no use of *et al.*), followed by the year of publication and the full title of the previous work in the appropriate case (see examples below). For periodicals, the full title of the periodical is given in italic, the volume and issue number in Arabic numerals, and finally the page spread. For books, the title is given in italic, followed by the place (city and state or country) of publication and the bare name of the publisher, and finally the total number of pages in the book.

Scrupulously check the accuracy of LITERATURE CITED section. Responsibility for accuracy rests solely with the authors and manuscripts will be returned for improper formatting. Examples of different types of citations can be found on the next few pages.



EXAMPLES OF LITERATURE CITED FORMATS FOR THE JCR

Single-Author Paper in a Journal:

Dickinson, W.R., 2000. Hydro-isostatic and tectonic influences on emergent Holocene paleoshorelines in the Mariana Islands, western Pacific Ocean. *Journal of Coastal Research*, 16(3), 735-746.

***Please note that issue numbers are required for all
journal citations.***

Klemas, V., 2011. Remote sensing technologies for studying coastal ecosystems: An overview. *Journal of Coastal Research*, 27(1), 2-17.

Two-Authored Paper in a Journal:

Lidz, B.H. and Hallock, P., 2000. Sedimentary petrology of a declining reef ecosystem, Florida Reef Tract (U.S.A.). *Journal of Coastal Research*, 16(3), 675-697.

Fairbridge, R.W. and Teichert, C., 1948. The low isles of the Great Barrier Reef: A new analysis. *Geographical Journal*, 3(1), 67-88.

Multi-Authored Paper in a Journal:

Finkl, C.W, Estebanell Becerra, J, Achatz, V., and Andrews, J.L., 2008. Geomorphological mapping along the upper southeast Florida Atlantic Continental platform; I: Mapping units, symbolization and geographic information system presentation of interpreted seafloor topography. *Journal of Coastal Research*, 24(6), 1388-1417.

Martinez, J.O, Gonzalez, J.L, Pilkey, O.H., and Neal, W.J., 2000. Barrier island evolution on the subsiding central Pacific Coast, Colombia, S.A. *Journal of Coastal Research*, 16(3), 663-674.

Anthony, E.J, Gardel, A, Gratiot, N, Proisy, C, Allison, M.A, Dolique, F., and Fromard, F., 2010. The Amazon-influenced muddy coast of South America: A review of mud-bank-shoreline interactions. *Earth- Science Reviews*, 103(1), 99-121.

Tomás, A, Méndez, F.J., and Losada, I.J., 2008. A method for spatial calibration of wave reanalysis data bases. *Continental Shelf Research*, 27(8), 952-975. doi:10.1016/j.csr.2007.09.009

Including DOI numbers is optional when printed page numbers are available.

Paper in a Journal of Coastal Research (JCR) Special Issue:

Reed, C.W, Brown, M.E, Sanchez, A, Wu, W., and Buttolph, A.M., 2010. The coastal modeling system flow model (CMS-Flow): Past and present. In: Rosati, J.D, Wang, P., and Roberts, T.M. (eds.), *Proceedings, Symposium to Honor Dr. Nicholas C. Kraus*. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 59, pp. 8-14.

Paper in a Proceedings Volume with No Editor:

Butenko, J. and Barbot, J.P., 1980. Geological hazards related to offshore drilling and construction in the Orinoco River Delta of Venezuela. *Proceedings of the Offshore Technology Conference* (Houston, Texas), Paper 3395, pp. 323-329.

Uda, T. and Hashimoto, H., 1982. Description of beach changes using an empirical predictive model of beach profile changes. *Proceedings of the 18th Conference of Coastal Engineering* (Cape Town, South Africa, ASCE), pp. 1405-1418.

Goda, Y., 1970. The observed joint distribution of periods and heights of sea waves. *Proceedings of the 16th*

International Conference on Coastal Engineering (Sydney, New South Wales, Australia), pp. 227-246.

Paper in a Proceedings Volume with Editors:

Ashton, A.D, Murray, A.B., and Littlewood, R., 1980. The response of spit shapes to wave-angle climates. In: Kraus, N.C. and Rosati, J.D. (eds.), *Proceedings of the Sixth International Symposium on Coastal Engineering and Science of Coastal Sediment Processes* (New Orleans, Louisiana), pp. 351-363.

Book: Commercial Publisher:

Darwin, C., 1842. *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. London: Smith Elder, 214p.

Roberts, N., 1989. *The Holocene: An Environmental History*. Malden, Massachusetts: Blackwell, 316p.

Book: Government:

Fisk, H.N., 1944. *Geological Investigations of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River*. Vicksburg, Mississippi: U.S. Army Corps of Engineers, Mississippi River Commission, 78p.

Book: University Press:

Woodroffe, C.D., 2002. *Coasts: Form, Process and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 623p.

Pilkey, O.H, Neal, W.J, Kelley, J.T., and Cooper, A.G., 2011. *The World's Beaches*. Berkeley, California: University of California Press, 283p.

Chapter in an Edited Book:

Wang, Y. and Healy, T., 2002. Definition, properties, and classification of muddy coasts. In: Healy, T, Wang, Y., and Healy, J.A. (eds.), *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Function*. Amsterdam: Elsevier, pp. 9-18.

Oertel, G.F., 2005. Coasts, coastlines, shores, and shorelines. In: Schwartz, M.L. (ed.), *The Encyclopedia of Coastal Science*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 323-327.

Miscellaneous Reports with Specified Author:

McKee, E.D., 1989. *Sedimentary Structures and Textures of Río Orinoco Channel Sands, Venezuela and Colombia*. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper W2326-B, pp. B1-B23.

Mehta, A.J. and Montague, C.L., 1991. *A Brief Review of Flow Circulation in The Vicinity of Natural and Jettied Inlets: Tentative Observations on Implications for Larval Transport at Oregon Inlet, N.C.* Gainesville, Florida: University of Florida, Department of Coastal and Oceanographic Engineering, Report UFICOELIMP91/03, 74p.

Vann, J.H., 1969. *Landforms, Vegetation, and Sea Level Change along the Coast of South America*. Buffalo, New York: State University College at Buffalo, Technical Report No. 3, 128p.

Farrow, D.R.G, Arnold, F.D, Lombardi, M.L, Main, M.B., and Eichelberger, P.D., 1986. *The National Coastal Pollutant Discharge Inventory: Estimates for Long Island Sound*. Rockville, Maryland: National Oceanic and Atmospheric Administration, 40p.

Miscellaneous Reports without Specified Authors:

McClelland Engineering Staff, 1979. *Interpretation and Assessment of Shallow Geologic and Geotechnical Conditions*. Caracas, Venezuela: McClelland Engineering, Inc., *Orinoco Regional Survey Areas, Offshore Orinoco Delta, Venezuela*, Volume 1, 109p.

U.S. Environmental Protection Agency Staff, 1994. *The Long Island Sound Study: Summary of the Comprehensive Conservation and Management Plan*. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency Publication, EPA 842-S-94-001, 62p.

Theses and Dissertations:

Worthy, M.C., 1980. Littoral Zone Processes at Old Woman Creek Estuary of Lake Erie. Columbus, Ohio: Ohio State University, Master's thesis, 198p.

Arens, S.M., 1996. Aeolian Processes in the Dutch Foredunes. Amsterdam, The Netherlands: University of Amsterdam, Ph.D. dissertation, 150p.

Maps or Charts:

Beltran, C., 1993. *Mapa Neotectónico de Venezuela*. Caracas, Venezuela: FUNVISIS Departamento de Ciencias de la Tierra, scale 1:2,000,000, 1 sheet.

Websites:

The Coastal Education and Research Foundation, Inc. <http://www.cerf-jcr.org>.

United States Department of Agriculture. *The Federal Agriculture Improvement and Reform Act of 1996*. <http://www.usda.gov/farmbill/title0.htm>.

Turner and Townsend, 2012. *International Construction Cost Survey* 2012
<http://www.turnerandtowntsend.com/construction-cost-2012/16803.html>.

AUTHOR FORMATTING CHECKLIST BEFORE SUBMITTING

We please request that the authors read the JCR Instructions For Authors. We kindly thank the authors for addressing these formatting requests before your submissions can be peer reviewed.

- ☐ Change 'Keywords' to 'Additional Index Words.'
- ☐ Remove PO Boxes and street addresses from your affiliations. Also, the laboratory and college/department should be listed above the university.
- ☐ Italicize *et al.*, *e.g.*, *etc.*, and *i.e.* throughout the text and make sure in-text citations are listed in alphabetical order. Also, add page and line numbers throughout the manuscript.
- ☐ Eliminate all numbers from headings.
- ☐ Write out 'Fig.' as 'Figure' throughout the text.
- ☐ Have the main headings of: INTRODUCTION, METHODS, RESULTS, ANALYSIS (when applicable), DISCUSSION, CONCLUSIONS. All others can be subheadings under these main section headings.
- ☐ Add text between main headings (*e.g.*, METHODS, RESULTS, DISCUSSION) and subheadings. We no longer accept stacked headings. There should be a brief paragraph (2-3 sentences) in between the main heading and the first subheading to introduce the section. Technically, that is proper scientific writing protocol, so we've made it one of our formatting requirements.
- ☐ Have separate sections each for METHODS, RESULTS, and DISCUSSION. Do not combine them.
- ☐ Change 'Concluding remarks' to 'CONCLUSIONS.'
- ☐ Change 'References' to 'LITERATURE CITED.'
- ☐ Review the LITERATURE CITED section and confirm that all citations are in proper JCR format.
- ☐ Confirm that proper figure file types with the minimum resolution required have been uploaded. Also, be aware that if color is not paid for, figures will be reduced according to JCR standards. If an author is concerned about the quality of their figures, we encourage them to submit new, clearer figures. Otherwise, we will proceed with the original ones submitted.
- ☐ Provide comprehensive captions for all figures. The caption should include the importance of the figure and why the reader is viewing it, not just a synopsis of the visual components.



EDITORIAL DECISIONS OF ACCEPTANCE AND REJECTION

Technical Check Failed (sent back to author)

Manuscripts that have not met the formatting criteria of the JCR. These items are sent back to the respective author for formatting revisions. Once an author reformats the manuscript properly, they can login again to the JCR manuscript submission website with their Author Username and Password. From their author main menu, they can click the "Submissions Sent Back to Author" option. Once they are brought to the next page, they can choose the Edit Submission option on the far left side, under the Action Menu. This will then allow them to upload the new formatted manuscript without paying a new submission fee.

Accept (as submitted)

Papers suitable for publication without revision. This category is very rarely used, except in special circumstances where papers have been reviewed and revised prior to submission (*e.g.*, via internal institutional peer review) and when the papers are in perfect JCR manuscript format and otherwise perfectly prepared (*i.e.* scientifically and technically flawless).

Provisionally Accepted Pending Minor Revision

Requires minor revisions within the spirit and context of peer review comments. Peer review suggestions that cannot be reasonably conducted, that are out of scope, or otherwise impossible to implement can be bypassed but must be explained in the author's cover letter.

Provisionally Accepted Pending Major Revision

Requires major revisions in the spirit and context of peer review comments. Major revisions normally entail recasting the paper, some kind of reorganization of topics, adding additional information or deleting extraneous data, correction of poor English via a service, correction of illogical or logistical thought processes, and so on. Without serious major corrections, the paper cannot go forward. Peer review suggestions that cannot be reasonably conducted, that are out of scope, or otherwise impossible to implement can be bypassed but must be explained in the author's cover letter.

Additional Review Required After Revision

These papers are on the verge of rejection but are not declined, as there seems to be some saving grace where the paper might become acceptable if properly revised. These papers require more work than the 'major revision' category and will go out for a second round of peer review.

This category is used sparingly as the paper probably should require major revision or be rejected.

Reject

Papers that are out of scope, scientifically unsound, incomplete, inappropriate, biased, poorly written, poorly organized, or that contain fatal flaws or any other property or characteristic that precludes inclusion in an international scientific journal. Declined papers are terminal in this round of

peer review, but may be re-submitted after extensive revision as a new contribution where the peer review process starts anew.

PROOFS & REPRINTS

Proofs: Electronic page proofs are sent (in PDF format) to the corresponding author. Proofs should be carefully checked for author alterations (AAs), printing errors (PEs), and editing errors (EEs) and returned promptly to the JCR editorial office. AAs incur a chargeback of US\$5.00

USD per revision beyond five (5) changes. There is no charge for PEs and EEs. Figure revisions cost US\$75.00 USD per halftone (B&W) remake, US\$50.00 USD per line art (B&W) remake, and US\$100.00 USD per color figure remake. Charges for alterations made at the proof stage will be billed separately to the corresponding author.

All authors must sign the **JCR Copyright Release and Author Disclosure Form**. The JCR Copyright Release and Author Disclosure Form is now submitted electronically on PeerTrack when the first revision is submitted.

Reprints: The *Journal of Coastal Research* uses EzReprint (EzReprint@odysseypress.com), an automated online system for purchasing article reprints. Prior to publication of the issue, you will receive information about the reprint order process. Reprints can be ordered up to six months after the issue is published. A complimentary PDF reprint of the publication will be sent to the corresponding author after the article has printed.

PUBLICATION CHARGES

Pre-Print Orders: After acceptance, authors may opt to pay for an online published pre-print. The online publication date, which precedes paper printing, is placed on the front page of the article to establish precedence. Pre-prints, available to CERF members and JCR subscribers on <http://www.JCRonline.org>, cost US\$65.00 USD per article. Ordering instructions are sent to corresponding authors at the time of final acceptance.

Voluntary Page Charges: Being a non-profit foundation, we rely heavily on these generous contributions in order to help maintain the JCR, as it subsidizes the publishing costs that CERF would usually have to pay. For those authors who choose to pay voluntary page charges, their articles are immediately placed at the top of our printing queue to be printed in the next available issue of the JCR. The suggested page charge is US\$50.00 USD per printed page for CERF members and US\$70.00 USD per printed page for non-CERF members. If funding is not available, a reduced amount is negotiable. Corresponding authors may securely pay page charges at <http://www.cerf-jcr.org> (instructions will be sent to corresponding authors). Any questions can be directed to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com

Color Charges: Upon submission of revised manuscripts, authors must indicate whether color figures should be printed in color or grayscale. **Printed color** figures and **online-only** color figures require a quote from the JCR Editorial Office. Color charge quote requests should be submitted directly to the JCR Publishing Manager at: cmakowski@cerf-jcr.com Color charges

must be paid prior to scheduling publication. Unless noted otherwise, color figures will be processed in grayscale. Please note that online-only color figures cannot be processed in JCR pre-prints.

JOURNAL INFORMATION

The *Journal of Coastal Research* (JCR), a leading international journal for coastal studies, is published by the Coastal Education and Research Foundation, Inc. [CERF]. The JCR is peer-reviewed, published bi-monthly, and encompasses all subjects relevant to the coastal zone.

For more information about the

JCR, please visit:

<http://www.JCRonline.org> (Google

Search: JCRonline).

CERF SOCIETY INFORMATION

Members of the Coastal Education and Research Foundation, Inc. [CERF] can receive print and/or online versions of the JCR as a benefit of their membership. CERF is a non-profit foundation dedicated to the advancement of the coastal sciences. The Foundation is devoted to the multidisciplinary study of the complex problems of the coastal zone. The purpose of CERF is to help translate and interpret coastal issues for the public and to assist in the development of professional research programs. The Foundation specifically supports and encourages field and laboratory studies on a local, national, and international basis. Through the publication of the JCR and the service of the worldwide web, CERF disseminates accurate information to both the general public and coastal specialists around the world. Our goal is to supply information pertaining to all aspects of coastal research in an effort to maintain and improve the understanding and quality of our planet's shoreline resources.

More information about CERF may be obtained on our official Foundation

website at:

<http://www.cerf-jcr.org> (Google

Search: cerf-jcr).



ANEXO 2



ISSN 0102-3306 printed version

ISSN 1677-941X online version

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope of the journal](#)
- [Why publish in Acta Botanica Brasilica?](#)
- [Language editing](#)
- [Charges](#)
- [Types of articles](#)
- [Summary of submission processes](#)
- [Cover letter](#)
- [Preparing the article file](#)
- [Preparing Tables, Figures and](#)
- [Supplementary material](#)
- [Supplementary Materials](#)
- [The review process](#)
- [Submitting a revised paper](#)
- [Publication and printing process](#)
- [Misconduct](#)

Scope of the journal

Acta Botanica Brasilica (Acta bot. bras.) is the official journal of the Sociedade Botânica do Brasil (Brazilian Botanical Society, SBB) and was founded in 1987. Since 1998, the journal publishes four issues per year. Experimental, theoretical and applied papers on all aspects of plant (including algae) and fungi biology are welcome. The submitted manuscript or its essential content must not have been published previously or be under consideration for publication elsewhere. Contributions should be substantial, written in English and show general interest. Manuscripts that report aspects of local interest are discouraged unless the implications of the findings are wide-reaching. Manuscripts with agronomic subjects are expected to contain a substantial amount of basic plant biology.

Why publish in Acta Botanica Brasilica?

Acta bot. bras. is an indexed, open-access, peer-reviewed journal devoted to publishing high quality research in Plant Biology.

The submissions are peer-reviewed by a least two competent experts who evaluate scientific quality and novelty.

We are trying to ease timely publication of manuscripts, so time to first decision is expected in about two months.

All manuscripts published by Acta bot. bras. are open-access, maximizing the impact of your research.

The manuscripts are advertised to all members of the SBB, available in the journal website, in the SciELO database and in social media.

Acta bot. bras. is indexed in Scopus and Web of Science among others.

Members of the SBB have no costs for publication. Increasing impact factor: Acta bot. bras. IF has been increasing in the last evaluations (from 0.374 in 2012 to 0.553 in 2013).

Language editing

If English is not your first language, it is strongly recommended to have your manuscript edited for language before submission. This is not a mandatory step, but may help to ensure that the academic content of your paper is fully understood by journal editors and reviewers. Language editing does not guarantee that your manuscript will be accepted for publication. Authors are liable for all costs associated with such services.

Charges

If at least one of the authors is a member of the SBB, and not in debt with the society during the year of publication, the article will be published at no charge if occupy 12 or fewer pages (in the print version of the journal); for each additional page, a specific fee (to be determined on an annual basis) will be charged. The costs of printing figures in color will be borne by the authors (members and non-members). To request information regarding the current page and figure charges, please contact the Editorial Office (acta@botanica.org.br).

Types of articles

Standard research papers (ORIGINAL ARTICLES) should not normally exceed twelve printed pages, except for REVIEWS (which may not exceed 25 printed pages). Reviews are solicited by the editors, but authors are also encouraged to submit potential topics for consideration. There are no charges for invited Reviews or Articles. Opinion papers (VIEWPOINTS), METHODS and SHORT COMMUNICATIONS are also welcome and should not exceed six printed pages. To estimate the number of printed pages, consider that each page of text contains about 500-700 words.

Summary of submission processes

Submission management and evaluation of submitted manuscripts will involve the Journal's online manuscript submission system. The manuscript text should be prepared in English (see PREPARING THE ARTICLE FILE below for details) and submitted online (<http://mc04.manuscriptcentral.com/abb-scielo>). Figures, tables and other types of content should be organized into separate files for submission (see Preparing Tables, Figures and Supplementary material below for details). If you are using the online submission system for the first time please go to the login page and generate a login name and password after clicking on the "New user - register here" link. If you are already registered but need to be reminded of your login name or password please go to the login page and inform your email in "password help". Please never create a new account if you are already registered.

If you are unable to access our web-based submission system, please contact the Editorial Office (acta@botanica.org.br).

Cover letter

All manuscripts must be submitted with a cover letter, which should include an approximately 80 word summary of the scientific strengths of the paper that the authors believe qualify it for consideration by *Acta Botanica Brasilica*. The cover letter should also include a statement declaring that the manuscript reports unpublished work that it is not under active consideration for publication elsewhere, nor been accepted for publication, nor been published in full or in part (except in abstract form).

Preparing the article file

(Please consult a last issue of *Acta Botanica Brasilica* for layout and style)

ORIGINAL ARTICLES and REVIEWS must follow these guidelines: the text should be in Times New Roman font, size 12, double-spaced throughout and with 25 mm margins; the paper size should be set to A4 (210 x 297 mm). All pages should be numbered sequentially. Each line of the text should also be numbered, with the top line of each page being line 1. For text files .doc, .docx and .rtf are the only acceptable formats. Files in Adobe® PDF format (.pdf files) will not be accepted. When appropriate, the article file should include a list of figure legends and table heads at the end. This article file should not include any illustrations or tables, all of which should be submitted in separate files.

The first page should state the type of article (Original Article, Review, Viewpoint, Method or Short communication) and provide a concise and informative full title followed by the names of all authors. Where necessary, each name should be followed by an identifying superscript number (¹, ², ³ etc.) associated with the appropriate institutional address to be entered further down the page. Only one corresponding author should be indicated and should always be the submitting author. The institutional address(es) of each author should be listed next, each address being preceded by the superscript number where appropriate. A running title of no more than 75 characters, including spaces, should also be provided, followed by the e-mail address of the corresponding author.

The second page should contain a structured Abstract not exceeding 200 words in a single paragraph without references. The Abstract should outline the essential content of the manuscript, especially the results and discussion, highlighting the relevance of main findings.

The Abstract should be followed by between five and ten Key words. Note that essential words in the title should be repeated in the key words.

Original articles should be divided into sections presented in the following order:

Title page

Abstract

Introduction

Materials and Methods

Results

<http://www.scielo.br/revistas/abb/i/instruc.htm#006>

Discussion

Acknowledgements

References

Tables and Figure legends

Supplementary Data (if applicable)

Materials and Methods and Results should be clear and concise. The Discussion section should avoid extensive repetition of the results and must finish with some conclusions. This section can be combined with results (Results and Discussion), however, we recommend authors consult the Editorial Board for a previous evaluation.

Plant names must be written out in full in the abstract and again in the main text for every organism at first mention but the genus is only needed for the first species in a list within the same genus (e.g. *Hymenaea stigonocarpa* e *H. stilbocarpa*). The authority (e.g. L., Mill., Benth.) is required only in Material and Methods section. Use The International Plant Names Index (www.ipni.org) for correct plants names. Cultivars or varieties should be added to the scientific name (e.g. *Solanum lycopersicum* 'Jumbo'). Authors must include in Material and Methods a reference to voucher specimen(s) and voucher number(s) of the plants or other material examined.

Numbers up to nine should be written out unless they are measurements. All numbers above ten should be in numerals unless they are starting sentences.

Abbreviations must be avoided except for usual cases (see recent issues) and all terms must be written out in full when used to start a sentence. Non-conventional abbreviations should be spelled out at first mention.

Units of Measurement. *Acta bot. bras.* adopts the Système

International d'Unités (SI). For volume, use the cubic metre (e.g. 1

× 10⁻⁵ m³) or the litre (e.g. 5 µL, 5 mL, 5 L). For concentrations, use µM, µmol L⁻¹ or mg L⁻¹. For size and distance use metres (cm, mm, µm, etc) and be consistent in the manuscript.

Citations in the text should take the form of Silva (2012) or Ribeiro & Furr (1975) or (Mayer & Wu 1987a, b; Gonzalez 2014; Sirano 2014) and be ordered chronologically. Papers by three or more authors, even on first mention, should be abbreviated to the name of the first author followed by et al. (e.g. Simmons et al., 2014). If two different authors have the same last name, give their initials (e.g. JS Santos, 2003). Only refer to papers as 'in press' if they have been accepted for publication in a named journal, otherwise use the terms 'unpubl. res.', giving the initials and last name of the person concerned. (e.g. RA Santos, unpubl. res.) or 'pers. comm.' (e.g. RA Santos, 'pers. comm.').

References should be arranged alphabetically based on the surname of the first author. Where the same sole author or same first author has two or more papers listed, these papers should be grouped in year order. Where such an author has more than one publication in the same year, these should be ordered with single
<http://www.scielo.br/revistas/abb/i/instruc.htm#006>

authored papers first followed by two-author papers (ordered first alphabetically based on the second author's surname, then by year), and then any three-or-more-author papers (in year order only). Letters 'a', 'b', 'c', etc., should be added to the date of papers with the same first authorship and year. Please provide DOI of accepted papers whenever possible.

For papers with six authors or fewer, please give the names of all the authors. For papers with seven authors or more, please give the names of the first three authors only, followed by et al.

Please follow the styles:

Books

Rico-Gray V, Oliveira PS. 2007. The ecology and evolution of ant-plant interactions. 1st. edn. Chicago, University of Chicago Press.

Chapters in books

Schupp EW, Feener DH. 1991. Phylogeny, lifeform, and habitat dependence of ant-defended plants in a Panamanian forest. In: Huxley CR, Cutler DC. (eds.) Ant-plant interactions. Oxford, Oxford University Press. p. 175-197.

Research papers

Alves MF, Duarte MO, Oliveira PEAM, Sampaio DS. 2013. Self-sterility in the hexaploid *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae), the national flower of Brazil. *Acta Botanica Brasílica* 27: 714-722.

Papers in press (ahead of print)

Alves JJ, Sampaio MTY. 2015. Structure and evolution of flowers. *Acta Botanica Brasílica* (in press). doi: 10.1590/0102-33062015abb3339.

Online-only journals

Wolkovich EM, Cleland EE. 2014. Phenological niches and the future of invaded ecosystems with climate change. *AoB Plants* 6: plu013 doi:10.1093/aobpla/plu013

Thesis (citation should be avoided)

Souza D. 2014. Plant growth regulators. PhD Thesis, University of Brazil, Brazil.

Websites and other sources (citation should be avoided)

Anonymous. 2011. Title of booklet, leaflet, report, etc. City, Publisher or other source, Country.
<http://www.scielo.br/revistas/abb/i/instruc.htm#006>

Acknowledgements should be preferably in fewer than 80 words. Be concise: "we thank..." is preferable to "The present authors would like to express their thanks to...". Funding information should be included in this section.

The following example should be followed:

We acknowledge the Center of Microscopy (UFMG) for providing the equipment and technical support for experiments involving electron microscopy. We also thank J.S. Santos for assistance with the statistical analyses. This work was supported through a research grant from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (control number).

For SHORT COMMUNICATIONS note that the editorial guidelines applying to original papers must also applying here. In general, the difference between original papers and short communications is the lack of subsections in the text and limited space for illustrations in the latter. Figures and tables can be present, assuming that the overall size of the manuscript does not exceed the five printed page limit (supplementary material can be added). The abstract (as described for original articles) must be followed by a "running text" (a single section, without subheadings), followed by the acknowledgments and references.

Preparing Tables, Figures and Supplementary material

All figures (photographs, maps, drawings, graphs, diagrams, etc.) must be cited in the text, in ascending order. Citations of figures in the text should appear in an abbreviated, capitalized form (e.g., Fig. 1, Figs. 2A-D, Fig. 3A).

The maximum dimensions of individual figures should be 170 × 240 mm. The width of an individual component can be 170 mm or 85 mm, without exception, whereas the height can be ≤240 mm. For continuous tone images (e.g. photographs), please supply TIFF files at 300 dpi. More complex drawings, such as detailed botanical illustrations will not be redrawn and should be supplied as 600 dpi TIFF files.

Grouping of related graphics or images into a single figure (a plate) is strongly encouraged. When a block of illustrative material consists of several parts, each part should be labelled with sequential capital letters, in the order of their citation in the text (A, B, C, etc.). The letters that identify individual images should be inserted within white circles in the lower right-hand corner. For separate the grouped images, authors should insert white bars (1mm thickness).

Individual images (not grouped as a plate) should be identified with sequential Arabic numerals, in the order of their citation in the text (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, etc.), presented in the same manner as the letters identifying individual images (described above).

The number that identifies a grouped figure (e.g., Fig. 2) should not be inserted into the plate but should rather be referenced only in the figure caption and the text (e.g. Figs. 2A-C).

Scale bars, when required, should be positioned in the lower right-hand corner of the figure. The scale bar units should be given either at the end of the figure caption or, when a figure contains multiple scale bars with different units, above each bar.

Details within a figure can be indicated with arrows, letters or symbols, as appropriate.

Tables should be preceded by titles, indicated with sequential Arabic numerals (Table 1, 2, 3, etc., do not abbreviate). Tables should be created using the Table function of Microsoft Word™. Columns and rows should be visible, although no dark lines should be used to separate them. Horizontal rules should be used only at the top (below the title) and bottom (below the final row) of the table. Do not use fills, shading or colors in the tables.

Supplementary Materials

When appropriate, excess (but important) data can be submitted as Supplementary Files, which will be published online and will be made available as links. This might include additional figures, tables, or other materials that are necessary to fully document the research contained in the paper or to facilitate the readers' ability to understand the work.

Supplementary Materials are generally not peer refereed. When a paper is published, the Supplementary Materials are linked from the main article webpage. They can be cited using the same DOI as the paper.

Supplementary Materials should be presented in appropriate .doc or .pdf file format. These archives should contain inside all supplementary tables and files and any additional text. The full title of the paper and author names should be included in the header. All supplementary figures and tables should be referred in the manuscript body as "Table S1" and/or "Figure S1".

Acta bot. bras. intends to maintain archives of Supplementary Materials but does not guarantee their permanent availability. Acta bot. bras. reserves the right to remove Supplementary Materials from a published article in the future.

The Review Process

All authors will receive an email acknowledging the submission of the manuscript, with its correspondent reference number. The Editor-in-Chief will evaluate manuscript adherence to instructions, quality and novelty and will decide on the suitability for peer reviewing. Manuscripts failing to adhere to the format will be returned to the authors. Manuscripts are sent to at least two anonymous referees that are given 21 days to return their reports. Authors are asked to revise provisionally accepted articles within 21 days [View full editorial board](http://www.scielo.br/revistas/abb/i/instruc.htm#006).

Submitting a revised paper

After peer review, the revised paper must be sent as the initial submission (go to "click here to submit a new manuscript") but in an appropriate field you must inform that this manuscript had been submitted previously to Acta bot. bras. and insert the previous manuscript ID.

Publication and printing process

After acceptance, a PDF proof will be sent to corresponding authors as an e-mail attachment. Corrected proofs should be returned within 72 h. It is the sole responsibility of the corresponding author to check for errors in the proof.

Each article is identified by a unique DOI (Digital Object Identifier), a code used in bibliographic referencing and searching. The dates of submission and acceptance will be printed on each paper.

The corresponding author will receive a free PDF or URL that gives access to the article online and to a downloadable PDF. The corresponding author is responsible for distributing this PDF or URL to any co-authors.

Misconduct

Misconduct on submitted manuscripts will lead to immediate rejection. Duplicate publication, plagiarism, figure manipulation, dual-submission, and any other fraudulent method will not be tolerated.

If misconduct is detected after the manuscript publication, the article will be retracted and a retraction note will be published. Submitted manuscripts can be scanned to detect plagiarism and verify the papers' originality.

[\[Home\]](#) [\[About this journal\]](#) [\[Editorial board\]](#) [\[Subscription\]](#)



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons

[License](#)

Acta Botanica Brasileira
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627
Campus Pampulha UFMG Biblioteca Central 300B
31270-901 Belo Horizonte, MG, Brazil
Phone (55 31) 3409 3960, (55 31) 3409 2683



acta@botanica.org.br

ANEXO 3

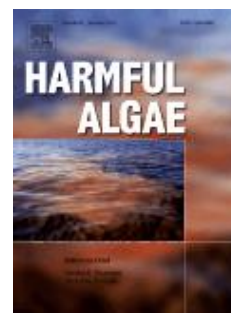


HARMFUL ALGAE

AUTHOR INFORMATION FROM

TABLE OF CONTENTS

•	Description	p.1
•	Audience	p.1
•	Impact Factor	p.1
•	Abstracting and Indexing	p.2
•	Editorial Board	p.2
•	Guide for Authors	p.3



ISSN: 1568-9883

DESCRIPTION

This journal provides a forum to promote knowledge of **harmful microalgae** and **macroalgae**, including **cyanobacteria**, as well as monitoring, management and control of these organisms. Both original research and review papers will be considered.

Papers dealing with the following aspects of harmful microalgae and cyanobacteria in marine and fresh waters will be considered:

- The distribution, life histories and taxonomy of harmful microalgae;
- The physiology and toxicology of harmful microalgae;
- Harmful microalgal bloom ecology;
- Trophic, socio-economic, public health and aquacultural impacts of harmful microalgal bloom events;
- Occurrence, methods of detection and chemical structure of toxins in harmful microalgae, cyanobacteria, foodwebs and seafood;
- Factors controlling toxin production, biosynthesis and chemical ecology.

Note: Papers dealing with pharmacology fall outside of the scope of the journal.

All papers will be subject to peer review. Authors will receive proofs. The [editors](#), referees, and publisher will make every effort to expedite publication, the co-operation of authors in this task is welcomed.

Cover picture by Joe Hlebica, Scripps Institution of Oceanography, Multi-Media Group

AUDIENCE

Marine Biologists, Aquaculturalists, Fisheries Biologists, Oceanographers, Ecologists, Environmental Scientists, Chemists, Food Scientists, and Toxicologists.

IMPACT FACTOR

2013: 3.339 © Thomson Reuters Journal Citation Reports 2014

BSTRACTING AND INDEXING

AGRICOLA BIOBASE FSTA Scopus EMBiology

EDITORIAL BOARD

Editors-in-Chief:

Sandra Shumway, University of Connecticut, Groton, Connecticut, USA

Theodore Smayda, University of Rhode Island, Kingston, Rhode Island, USA

Editorial Advisory Board:

C.M. Adams, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

D.M. Anderson, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA

D. Avery, University of Connecticut, Groton, Connecticut, USA

C.J. Band-Schmidt, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, B.C.S., Mexico

E. Bresnan

J.M. Burkholder, University of North Carolina, Raleigh, North Carolina, USA

B. Dale, University of Oslo, Oslo, Norway

K. Davidson, Dunstaffnage Marine Laboratory, Argyll, Scotland, UK

G.J. Doucette, Marine Biotoxins Program, Charleston, South Carolina, USA

L. E. Fleming, University of Miami, Miller School of Medicine, Miami, Florida, USA

P.J.S. Franks, UC San Diego, La Jolla, California, USA

K. Furuya, University of Tokyo, Bunkyo-Ku, Japan

E. Garcés, Institut de Ciències del Mar, Barcelona, Spain

P. Glibert, University of Maryland, Cambridge, Maryland, USA **C.J. Gobler**, Stony Brook University, Stony Brook, New York, USA **A. Godhe**, Göteborgs Universitet, Göteborg, Sweden

E. Granéli, Kalmar University, Kalmar, Sweden

L. Guillou, DR2, CNRS, Roscoff, France

G.M. Hallegraeff, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia

P.J. Hansen, University of Copenhagen, Helsingør, Denmark

P. Hoagland, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA

M. Iwataki, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

H.J. Jeong, Seoul National University (SNU), Seoul, South Korea

U. John, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany

A. Kremp, Helsinki, Finland

R.M. Kudela, University of California at Santa Cruz, Santa Cruz, California, USA

B.E. Lapointe, Harbour Branch Oceanographic Inst., Ft. Pierce, Florida, USA

N. Lundholm, Biological Institute, København, Denmark

L. Mackenzie, Cawthron Institute, Nelson Central, Nelson, New Zealand

J.L. Martin, Fisheries and Oceans Canada, St. Andrews, New Brunswick, Canada

Y. Matsuyama, Nat. Res. Inst. of Fisheries & Env. of Inland Sea, Hiroshima Prefecture, Japan

L.K. Medlin, Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth, UK

Ø. Moestrup, University of Copenhagen, Copenhagen K, Denmark

M. Montresor, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli, Italy

S.L. Morton, National Oceanic and Atmospheric Administration, Charleston, South Carolina, USA

S. Murray, University of Technology Sydney, Sydney, New South Wales, Australia

J.M. O'Neil, University of Maryland, Cambridge, Maryland, USA

M.L. Parsons, Florida Gulf Coast University, Fort Myers, Florida, USA
G.C. Pitcher, Sea Fisheries Rsch. Inst., Cape Town, South Africa
R. Raine, National University of Ireland, Galway, Ireland
B. Reguera, Instituto Espanol de Oceanografia, Vigo, Spain
L.L. Rhodes, Cawthron Institute, Nelson Central, Nelson, New Zealand
M.L. Richlen, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA
U. Tillmann, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany
C.R. Tomas, University of North Carolina School of Medicine, Wilmington, North Carolina, USA
V.L. Trainer, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, Washington, USA
C.G. Trick, Western University, London, Ontario, Canada
Jefferson T. Turner, University of Massachusetts Dartmouth, New Bedford, Massachusetts, USA
S.W. Wilhelm, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Types of paper

Original research articles (Regular Articles) Book Reviews

Original research articles should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Ethics in Publishing

The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association* (Declaration of Helsinki) for animal experiments <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s23000.htm>; *Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals* <http://www.nejm.org/general/text/requirements/1.htm>. This must be stated at an appropriate point in the article.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration

for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information

see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. For more information on author rights for (a) subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>; (b) for open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some authors may also be reimbursed for associated publication fees. To learn more about existing agreements please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf e.g. by their research funder or institution

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs (<http://www.elsevier.com/access>).
- No open access publication fee payable by authors.

Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **\$3300**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language Services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post- submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/haralg/>

With your article please also upload the Author Declaration form for this journal, [Please click here](#)

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our [Support site](#). Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Page charges

Harmful Algae has no page charges.

PREPARATION

Use of wordprocessing software

All papers should all be written in third person, passive voice. It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use

the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class `elsarticle.cls` (<http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle>) to prepare your manuscript and BibTeX (<http://www.bibtex.org>) to generate your bibliography. For detailed submission instructions, templates and other information on LaTeX, see <http://www.elsevier.com/latex>.

Article Structure

Manuscripts should be typewritten with numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. **Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered in the upper right-hand corner.** However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasize part of the text.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and Units

1. Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.
2. All biota (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is used, with the exception of common domestic animals.
3. The first mention of the scientific names of the species used in the work - in title or text - should be accompanied by the taxonomic authority unless they can all be referred to a general work in which the authorities are given. Scientific names of species referred to in other studies need no authority. Generic names should only be abbreviated when immediately preceded in the text by the mention of the same species or another of the same genus.
4. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.
5. For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.
6. When referring to salinity, please do not use units i.e. no PSU or 0/00. Please use "a salinity of X, or salinity" instead of adding units.

Database linking

Elsevier encourages authors to connect articles with external databases, giving their readers one- click access to relevant databases that help to build a better understanding of the described research. Please refer to relevant database identifiers using the following format in your article: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). See <http://www.elsevier.com/databaselinking> for more information and a full list of supported databases.

Artwork

Electronic Artwork

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
 - Save text in illustrations as 'graphics' or enclose the font.
 - Only use the following font in your illustrations: Arial.
 - Number the illustrations according to their sequence in the text.
 - When labelling composite figures, please label as A,B,C, etc. in Arial font, positioned on the upper left corner, on the panel whenever possible. Please do not include any periods, parentheses, etc.
 - Use a logical naming convention for your artwork files.
 - Provide captions to illustrations separately.
 - Produce images near to the desired size of the printed version.
 - Submit each figure as a separate file.
 - Extra frames and boxes around figures should be eliminated.
- Please include only X and Y (and Z if applicable) axes. Background lines on figures should only be included when absolutely necessary.
- Legend material and explanations of symbols, etc. should be on the panel, not hanging off to the side of the figure. No frame is necessary. If this material does not fit on the panel, it should be included in the actual figure legend.
 - Submitting figures as they are printed from Excel or other spread sheets is not acceptable formatting for publication.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF: Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi. TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required. If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is'. **Please do not:**

- Supply files that are optimised for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color Artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition high- resolution black

and white versions of all the color illustrations. Simply printing color as black and white is not acceptable.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

1. Authors should take notice of the limitations set by the size and lay-out of the journal. Large tables should be avoided. Reversing columns and rows will often reduce the dimensions of a table.
2. If many data are to be presented, an attempt should be made to divide them over two or more tables.
3. Tables should be numbered according to their sequence in the text. The text should include references to all tables.
4. Each table should be typewritten on a separate page of the manuscript. Tables should never be included in the text.
5. Each table should have a brief and self-explanatory title.
6. Column headings should be brief, but sufficiently explanatory. Standard abbreviations of units of measurements should be added between parentheses.
7. Vertical lines should not be used to separate columns. Leave some extra space between the columns instead.
8. Any explanation essential to the understanding of the table should be given as a footnote at the bottom of the table.

9. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns.

References

1. All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The manuscript should be carefully checked to ensure that the spelling of author's names and dates are exactly the same in the text as in the reference list.
2. In the text refer to the author's name (without initial) and year of publication, followed - if necessary - by a short reference to appropriate pages. Examples: "Since Peterson (1993) has shown that. . ." "This is in agreement with results obtained later (Kramer, 1993, pp. 12-16)".
3. When reference is made to a work by two authors, both names should be given using "and". If reference is made in the text to a publication written by more than two authors, the name of the first author should be used followed by "et al.". This indication, however, should never be used in the list of references. In this list names of first author and co-authors should be mentioned.
4. References cited together in the text should be arranged chronologically. The list of references should be arranged alphabetically on author's names, and chronologically per author. If an author's name in the list is also mentioned with co-authors the following order should be used: publications of the single author, arranged according to publication dates - publications of the same author with one co-author - publications of the author with more than one co-author. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 1993a, 1993b, etc. For

Volume (Vol.) Bulletin (Bull.), and No., Arabic numerals should be used (not underlined); the full number of pages should be given in the form of pp. 123-128.

5. Use the following system for arranging your references:

a. *For periodicals*

Jones, H.D., Richards, O.G., Southern, T.A., 1992. Gill dimensions, water pumping and body size in the mussel *Mytilus edulis* I. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 155(2), 213-237. b. *For books*

Clark, R.B., 1992. Marine pollution, 3rd ed. Clarendon Press, Oxford. c. *For multi-author books*

Hawkins, A.J.S., Baynes, B.L., 1992. Physiological processes, and the regulation of production. In: Gosling, E. (Ed.), The mussel *Mytilus*: ecology, physiology, genetics and culture. Elsevier Publishers B.V., Amsterdam, pp. 171-222.

6. The name of the journal should be abbreviated according to the International *List of Periodical Title*

Word Abbreviations, published by the International Serials Data Systems; Paris, France.

7. In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added.

8. Work accepted for publication but not yet published should be referred to as "in press".

9. References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: [doi:10.1016/0016-7037\(95\)00105-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(95)00105-9). Please use PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes) Further considerations
- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Printed version of figures (if applicable) in color or black-and-white

- Indicate clearly whether or not color or black-and-white in print is required.
- For reproduction in black-and-white, please supply black-and-white versions of the figures for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication.

Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a personalized link providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com). This link can also be used for sharing via email and social networks. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>). Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/booklets>).

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

AUTHOR INQUIRIES

You can track your submitted article at http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/89/p/8045/. You can track your accepted article at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You are also welcome to contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.