



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

FERNANDA NOGUEIRA DOS REIS

**Variação Espaço-Temporal do Microfitoplâncton e dos
parâmetros ambientais do Estuário do Rio Curuperé, município
de Curuçá, Pará.**

Belém
2017



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E RECURSOS
AQUÁTICOS TROPICAIS**

FERNANDA NOGUEIRA DOS REIS

**Variação Espaço-Temporal do Microfitoplâncton e dos
parâmetros ambientais do Estuário do Rio Curuperé, município
de Curuçá, Pará.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Área de Concentração: Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Orientador: Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo

Belém
2017

FERNANDA NOGUEIRA DOS REIS

**Variação Espaço-Temporal do Microfitoplâncton e dos
parâmetros ambientais do Rio Curuperé, município de Curuçá,
Pará.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais.

Data da Aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Orientador

Prof. Dr. Glauber David Almeida Palheta
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
1º Examinador

Prof. Dr. Rosildo Santos Paiva
Universidade Federal do Pará (UFPA)
2º Examinador

Prof. Dr. Fábio Campos Pamplona Ribeiro
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
3º Examinador

Prof^ª. Dr^ª. Maria de Lourdes Souza Santos
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)
Suplente

Ao meu filho, Mateus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus.

À minha família, aqui representada pelos meus pais, Regina e Marcos, pelo meu esposo Joary Paulo, pelo meu filho Mateus e pelos meus irmãos Leonardo e Eduardo. Obrigada pelos maravilhosos momentos que me fizeram mais feliz, pelos momentos difíceis que me tornaram mais forte e por todo o amor e suporte oferecidos a mim durante a pós-graduação.

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais (PPGAqRAT – UFRA) pela oportunidade. Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo, por todo o auxílio dispensado a mim para a execução deste trabalho, pela amizade e por muito ter contribuído para a minha aquisição de conhecimento científico e formação durante o curso de mestrado.

À Prof^ª. Dra. Lucinice Belúcio e aos demais integrantes do Laboratório de Biologia Aquática (BIOAQUA – UFPA). Sem o suporte da prof^ª. Luci e de sua equipe nas atividades de campo, durante a minha gestação, este trabalho seria bem mais difícil. Muito obrigada pelo apoio, incentivo e momentos de confraternização.

À minha turma de mestrado 2015. Agradeço por todos os momentos descontraídos que passamos juntos, pelo baby-chá, pelo churrasco, pela festa junina e, principalmente, por todos os conhecimentos técnico-científicos que adquiri com vocês.

Aos integrantes do Laboratório de Ecologia Aquática e Aquicultura Tropical (LECAT – UFRA) por terem me acolhido como uma dos seus.

Aos meus amigos do laboratório Denise Cristina, Ewertton Gadelha, Maiara Freitas e Samara Cayres. Obrigada pelas risadas, pela amizade e pelo aprendizado que compartilhamos durante este processo de nos tornarmos mestres.

Aos mestrandos Graziela Jones e João Vítor, por terem me cedido material necessário para as análises de clorofila-*a*.

À Prof.^a Dr.^a. Maria de Lourdes Santos, que me cedeu o espaço do Laboratório de Química Ambiental (LQA – UFRA) para a realização de análise de clorofila-*a* e turbidez e, à Msc. Ana Carolina Sousa por ter me ensinado e me ajudado com as referidas análises.

À Prof.^a Dr.^a Vânia Neu, a qual também me cedeu o espaço do Laboratório de Hidrobiogeoquímica (HBGQ – UFRA) e, pela acadêmica Gabriella Araújo por ter me ajudado com as análises de condutividade e salinidade.

Ao Dr. Fábio Pamplona por me ensinar a fazer várias análises estatísticas importantes para a realização deste trabalho.

Ao Msc. Marcelo Francisco da Silva por me ensinar a Análise de Espécies Indicadoras.

Ao Msc. Anderson Mangas por me ajudar a formatar esta dissertação.

E, finalmente, a todos aqueles que me ajudaram de alguma outra forma para a realização deste trabalho.

“O homem não herda a Terra de seus pais.
Apenas a toma emprestada de seus filhos”
Jean Jacques Cousteau

RESUMO

Os estuários são zonas de transição onde persistem condições de instabilidade que promovem respostas fisiológicas e estruturais no desenvolvimento, sobrevivência e dispersão dos organismos fitoplanctônicos. A comunidade fitoplanctônica nos estuários está relacionada a diversos fatores, como pluviosidade, aporte de nutrientes, profundidade da zona fótica e circulação da coluna de água, bem como temperatura, salinidade, transporte das marés e herbivoria. Baseado nisso, este trabalho tem como objetivo estudar a variação espaço-temporal do fitoplâncton do estuário do rio Curupeté, município de Curuçá-PA, e sua relação com os parâmetros ambientais, durante os períodos chuvoso (fevereiro de 2015 e maio de 2015) e seco (agosto de 2015 e novembro de 2015). Para isso, foram realizadas coletas longitudinais, distribuídas em 10 pontos amostrais, da nascente até a foz. Para a análise quantitativa do fitoplâncton, as amostras foram obtidas por meio da coleta direta da água em subsuperfície. Para análise qualitativa, foi realizado arrasto de três minutos com rede de plâncton cônico-cilíndrica, de 20 μm de abertura de malha, 30 cm de diâmetro de boca e comprimento de um metro. O material foi imediatamente acondicionado e fixado em solução de formaldeído a 4%. Para a obtenção da biomassa fitoplanctônica, foram coletadas amostras de água para a determinação de teores de clorofila-*a*. Para o registro de dados abióticos, foram tomadas amostras de água em cada estação de coleta para a determinação de turbidez, temperatura, condutividade, salinidade e pH. A densidade de indivíduos variou de 7.700 ind/L, no ponto 1 no mês de maio, a 343.800 ind/L no ponto 4 no mês de agosto. Bacillariophyta foi a divisão mais representativa nos 4 meses. Foram observadas diferenças significativas entre os meses e entre nascente e foz para diversidade, equitabilidade e dominância específica. *Cymatosira belgica* e *Dimeregramma minor* foram espécies com comportamento mais dominante em relação às demais. A correlação não-paramétrica de Spearman mostrou um forte padrão sazonal para o arranjo dos parâmetros ambientais. Já para a comunidade microfítotoplanctônica, foi observada uma repartição bem clara entre os organismos em seus respectivos períodos sazonais e pontos amostrais, sendo possível identificar espécies fortemente indicadoras do ambiente, por meio da análise de espécies indicadoras (IndVal), e suas relações com suas principais condições ambientais, determinadas pela análise de redundância canônica (RDA). Pôde-se perceber que em graus intermediários da mistura da água na nascente do rio, foi possível encontrar o máximo de diversidade das espécies, enquanto que o elevado grau de mistura promovido pela água oceânica nas amostras intermediárias e de foz permitiu a ocorrência de uma ou poucas espécies resistentes a este distúrbio. Os valores de clorofila-*a* mantiveram-se elevados durante todo o ano, enquanto que a comunidade fitoplanctônica revelou possuir uma grande quantidade de espécies indicadoras do ambiente.

Palavras-chave: Fitoplâncton, estuário, Amazônia, parâmetros ambientais, variação espaço-temporal.

ABSTRACT

Estuaries are transition zones where there are instability conditions that promote physiological and structural responses in the development, survival and dispersion of phytoplanktonic organisms. The phytoplankton community in the estuaries is related to several factors, such as rainfall, nutrient supply, depth of the photic zone and circulation of the water column, as well as temperature, salinity, tidal transport and herbivory. Based on this, this study aims to evaluate the spatio-temporal variation of the phytoplankton of the Curuperé estuary, Curuçá-PA municipality, and its relationship with environmental parameters during the rainy season (February 2015 and May 2015) and dry season (August 2015 and November 2015). For this, longitudinal sampling was carried out, distributed in 10 sampling sites, from the source to the mouth of the river. For the quantitative analysis of the phytoplankton, samples were obtained through the direct collection of the water in subsurface. For qualitative analysis, a three-minute trawl was performed with a conical-cylindrical plankton net, 20 µm mesh opening, 30 cm mouth diameter and one meter length. The material was immediately conditioned and fixed in 4% formaldehyde solution. To obtain the phytoplankton biomass, water samples were collected for the determination of chlorophyll-a contents. For the abiotic data recording, water samples were taken at each sampling site to determine turbidity, temperature, conductivity, salinity and pH. The abundance of individuals ranged from 7,700 ind / L, at site 1 in May, to 343,800 ind / L at site 4 in August. Bacillariophyta was the most representative division in the 4 months. Significant differences were observed between months and between source and mouth of the river for diversity, equitability and specific dominance. *Cymatosira belgica* and *Dimeregramma minor* were species with more dominant behavior in relation to the others. The Spearman non-parametric correlation showed a strong seasonal pattern for the arrangement of environmental parameters. For the microphytoplankton community, a very clear distribution was observed between the organisms in their respective seasonal periods and sampling sites. It was possible to identify species strongly indicative of the environment, through the analysis of indicative species (IndVal), and their relationships with their main environmental conditions, determined by canonical redundancy analysis (RDA). It was observed that in intermediate degrees of water mixing at the source of the river, it was possible to find the maximum diversity of the species, while the high degree of mixing promoted by the oceanic water in the intermediate and mouth samples allowed the occurrence of one or few species resistant to this disorder. The values of chlorophyll-a remained high throughout the year, while the phytoplankton community showed a large number of species indicative of the environment.

Key words: Phytoplankton, estuary, Amazon, environmental parameters, spatio-temporal variation.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Mapa da área de estudo no município de Curuçá (PA), com a localização dos pontos de coleta.....	277
Figura 2 – Arrasto com rede de plâncton	30
Figura 3 – Sonda HI 9835 (A) e Colorímetro DR 890 (B).....	311
Figura 4 – Materiais utilizados para a determinação de clorofila-a, a saber, filtros de microfibras de vidro (A), centrífuga (B) e espectrofotômetro (C).....	322

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Mapa da área de estudo no município de Curuçá (PA), com a localização dos pontos de coleta.....	51
Figura 2 - Precipitação mensal total observada durante o ano de 2015 e a média histórica mensal da precipitação (1990 – 2015) com seus desvios padrões, dados adquiridos pela Agência Nacional de Águas (ANA). * Meses estudados.....	55
Figura 3 - Variação mensal dos parâmetros avaliados. Fev – fevereiro, Mai – maio, Ago – agosto, Nov – novembro.....	57
Figura 4 - Contribuição percentual das divisões e filos identificados considerando todo os meses (A) e cada mês amostrado (B), (C), (D)	58
Figura 5 - Distribuição espacial das riquezas de táxons ao longo do rio Curuperé, da nascente (P1) até a foz (P10), nos quatro meses amostrados.....	59
Figura 6 - Distribuição espacial da densidade total do microfitoplâncton (ind/L) do estuário do rio Curuperé, em 4 meses de amostragem.....	60
Figura 7 - Médias mensais do índice de diversidade de Shannon, equitabilidade e índice de dominância de Berger-Parker em quatro campanhas realizadas no ano de 2015.....	62
Figura 8 - Análise nodal dos dados de abundância de 44 espécies fitoplancônicas em 10 pontos e 4 meses amostrais no curso do rio Curuperé. Cladogramas gerados pelo método de agrupamento de WARD com base na distância de Hellinger. As legendas de 1 a 5 representam as associações de espécies. As legendas de G1 a G5 representam os grupos de amostras formados. F= fevereiro; M= maio; A= agosto; N= novembro.....	64
Figura 9 - Diagrama da ordenação RDA mostrando as relações entre os dados das espécies e das variáveis ambientais. Bacpax= Bacillaria paxillifera; Camcymb= Campylosira cymbelliformis; Cosconco= Coscinodiscus coscinnus; Cybelg= Cymatosira belgica; Cyclost= Cylindrotheca closterium; Cycstr= Cyclotella striata; Dimminor= Dimeregramma minor; Ental= Entomoneis alata; Guistria= Guinardia striata; Hemisin= Hemiaulus sinensis; Laudann= Lauderia annulata; Lithsp= Lithodesmium sp.; Navgre= Navicula gregaria; Nitpal= Nitzschia palea; Nitrect= Nitzschia recta; Nitsigma= Nitzschia sigma; Nitsub= Nitzschia subtilis; Odolongi= Odontella longicruris; Parsul= Paralia sulcata; Phocor= Phormidium cf. corium; Phonigro= Phormidium cf. nigroviride; Psnitdel= Pseudo-nitzschia delicatissima; Rhiset= Rhizosolenia setigera; Skecost= Skeletonema costatum; Surspl= Surirella splendida; Thagrav= Thalassiosira cf. gravida; Trimob= Trieres mobiliensis; Tripfus= Tripos fusus; Triage= Trieres regia; Yonael= Yonedaella sp.; Zygehre= Zygodon ehrenbergii; Cdt= condutividade; Pluv= Pluviosidade; Sal= salinidade; F= fevereiro; M= maio; A= agosto; N= novembro.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Pontos de coleta ao longo do estuário do rio Curupeté.....	29
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Pontos de coleta ao longo do rio Curupeté.....	51
Tabela 2 - Correlação entre os parâmetros ambientais analisados em dois períodos sazonais.....	55
Tabela 3 - Índices ecológicos (diversidade de Shannon H', equitabilidade de Pielou J'e dominância de Berger-Parker BP) do microfitoplâncton do estuário do rio Curupeté em 2015.....	61
Tabela 4 - Associação de espécies enumeradas de 1 a 5.....	63
Tabela 5 - Espécies indicadoras significativas. Mar= marinha; ner= nerítica; oce= oceânica; eur= eurihalina; mhb= mesohalóbia; olg= oligohalina; s= água salobra, porém em concentrações salinas não determinadas; I= indiferente, tolera pequenas quantidades de sal; plc= planctônica; tcp= ticoplantônica; per= perifítica; eps=epipsâmica; epf= epifítica.....	65
Tabela 6 - Autovalores, variância da porcentagem cumulativa dos dados de espécie, correlações espécie-ambiente e variância da porcentagem cumulativa da relação espécie-ambiente explicada pelos quatro primeiros eixos da RDA.....	66
Tabela 7 - Variáveis ambientais com seus respectivos valores de F e p. Os dados em negrito foram significativos.....	67

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, sob a orientação do Prof. Dr. Nuno Filipe Alves Correia de Melo.

O primeiro capítulo inclui uma revisão sobre o tema e sobre o conhecimento acerca da área de estudo, além da descrição dos métodos de amostragem e de análise utilizados.

No segundo capítulo foi feita uma abordagem sobre a variação espaço-temporal da composição, riqueza e diversidade da comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Curupéré, Curuçá, PA, em 4 meses de coleta, bem como discute a dinâmica do fitoplâncton e dos parâmetros ambientais no estuário do rio Curupéré.

O terceiro, e último capítulo, descreve as considerações finais a respeito de todo o trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E METODOLOGIA.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Investigações sobre o fitoplâncton em estuários tropicais	15
1.2 Investigações sobre o fitoplâncton em estuários brasileiros	17
2 OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo geral.....	25
2.2 Objetivos específicos.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 Descrição da área de estudo	26
3.1.1 Geologia e Geomorfologia	27
3.1.2 Vegetação	28
3.1.3 Aspectos climáticos e meteorológicos.....	28
3.1.4 Aspectos oceanográficos	28
3.1.5 Pontos de coleta	29
3.2 MÉTODOS.....	29
3.2.1 Trabalho de Campo	29
3.2.2 Procedimentos de laboratório	30
3.2.3 Dados pluviométricos	32
3.2.4 Material biológico	32
3.2.5 Frequência de ocorrência.....	33
3.2.6 Análise descritiva	33
3.2.7 Ecologia numérica	35
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 2: MICROFITOPLANKTON DYNAMICS AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS IN ESTUARINE REGION OF AN AMAZONIAN MANGROVE ECOSYSTEM.....	47
ABSTRACT.....	48
RESUMO.....	48
INTRODUCTION.....	49
MATERIALS AND METHODS.....	50
Study area	50
Data analysis.....	51
RESULTS.....	52
Rainfall regime.....	52
Seasonal and monthly variation of environmental parameters.....	53
Specific composition, density and structure of microphytoplankton community.....	54
DISCUSSION.....	63
CONCLUSION.....	67
REFERENCES.....	67
CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
ANEXOS.....	74

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E METODOLOGIA

1 INTRODUÇÃO

A região costeira se distingue por ser a zona de transição entre o continente e o mar, a qual inclui alguns dos mais produtivos e valorizados ecossistemas da biosfera, contendo lagoas, lagunas, franjas de recifes de corais, estuários, manguezais, marismas, igapós, várzeas, entre outros (FERREIRA; BELÚCIO; SOUZA, 2013).

Um estuário constitui-se como um corpo de água parcialmente rodeado por terra, onde a água doce de um rio se mistura à água advinda do oceano. São áreas que demonstram ser de altíssima produtividade e diversidade biológica. O limite continental de um estuário consiste no limite de ação das marés. Os estuários podem ser classificados em estuários de vales inundados e de planícies inundadas, fiordes, estuários com barra e tectônicos (GARRISON, 2010). Os estuários de planícies inundadas, também conhecidos como rias, apresentam canais subaquáticos menos profundos que os vales inundados, que se estendem através de diversas ramificações, podendo ser perpendiculares e/ou paralelos costa adentro. São mais influenciados pela água marinha do que pelo aporte fluvial. (FAIRBRIDGE, 1980; KNOPPERS *et al.*, 2009). Os estuários continuam sendo de grande atratividade para o uso humano, podendo ser costumeiramente dragados para a implantação de portos, marinas, recursos recreativos, aterrados para a formação de espaços para casas e agricultura e, é claro, utilizado em larga escala por atividades pesqueiras e, nas últimas décadas, por atividades aquícolas (GARRISON, 2010).

Associados aos estuários, os manguezais ocorrem ao longo das regiões costeiras entre latitudes 35°N e 38°S. Dentro deste intervalo, se desenvolvem em uma série de condições ambientais, com salinidades variando entre 0 e 90. Estima-se que 70% das zonas costeiras tropicais e subtropicais possuam ecossistema de manguezal, o que corresponderia a 15 milhões de hectares espalhados pelo mundo (REZENDE *et al.*, 2009). Segundo Adaime (1987), os manguezais situados próximos à linha do Equador possuem maior estrutura de tamanho quando comparados com os que estão localizados em latitudes mais altas. Condições como elevada disponibilidade de energia durante o ano todo e aporte de sedimentos ricos em nutrientes, talvez influenciem este padrão.

Considerando a área total de cobertura dos manguezais brasileiros, cerca de 85% ocorrem ao longo dos 1800 km de costa do Amapá, Pará e Maranhão, sendo que esta característica reflete a topografia e os aspectos hidrológicos da região, onde ocorrem extensas

planícies do Quaternário, com uma precipitação que excede 2000 mm e uma amplitude de marés pode chegar a ser superior a 8 m (REZENDE *et al.*, 2009).

O ecossistema de manguezal apresenta características peculiares, como terrenos baixos e de região estuarina com águas calmas e salobras devido à influência da maré. É considerado um dos ecossistemas mais ricos, em que a fauna e flora vivem nos limites da tolerância (ZAFFALON, 2012) e é caracterizado como área de grande valor ecológico, zona de berçário para inúmeras espécies que o utilizam para reprodução, alimentação, crescimento e proteção, e que oferece apoio às comunidades planctônicas e bentônicas (KRISTENSEN, 2008).

Dentre os organismos de elevada importância encontrados em ambientes marinhos ou estuarinos, pode-se citar o plâncton. O plâncton, do grego *πλαγκτόν*, que significa errante, é composto por organismos que vivem na coluna de água, mas que não possuem poder de locomoção suficiente para sobrepor os movimentos das massas de água. Devido a isso, sua distribuição é controlada pelas correntes, marés, vento e turbulência (CALAZANS; MUELBERT; MUXAGATA, 2011). A comunidade planctônica representa a base principal da teia alimentar marinha, formada por milhares de espécies de pequenos organismos animais (zooplâncton), organismos clorofilados (fitoplâncton), vírus (virioplâncton) e bactérias (bacterioplâncton), representantes de diversos grupos taxonômicos e tamanhos que, em princípio, variam entre 0,2 e 5000 micrômetros, com exceção do "plâncton gigante" tais como cnidários (medusas, água-viva) ou eufausiáceos como o krill antártico (BRANDINI *et al.*, 1997). Apesar de não possuir muita locomoção horizontal, algumas das espécies de plâncton podem deslocar-se significativamente no sentido vertical entre o dia e a noite. Tal comportamento pode ser chamado de migração nictemeral (CALAZANS; MUELBERT; MUXAGATA, 2011).

O termo fitoplâncton refere-se às algas microscópicas unicelulares que vivem na coluna de água e que derivam em função dos movimentos aquáticos. Este termo não possui valor taxonômico, pois agrupa organismos muito distintos entre si quanto à origem, composição química e morfologia. São indicadores de alta produtividade biológica (densidades de centenas de milhares de células por litro), oferecendo deste modo, boas condições aos ambientes naturais e ao desenvolvimento da maricultura e da pesca extrativista (BONECKER; BONECKER; BASSANI, 2009). As espécies que compõem o fitoplâncton possuem clorofila-a e outros pigmentos acessórios, são fotoautotróficas e apresentam-se como uma fonte primária de alimento a diversos outros organismos da coluna de água e do sedimento, constituindo-se como o principal grupo de produtores primários marinhos. A produção primária é de fundamental importância para a sustentação de todas as formas de vida na natureza e para a estruturação de

todos os ecossistemas, pois por meio dela viabilizam-se fluxos de energia e matéria entre os componentes abióticos e os organismos vivos (LOURENÇO; MARQUES JÚNIOR, 2009).

Os organismos fitoplanctônicos podem ser utilizados como indicadores biológicos de qualidade da água porque respondem rapidamente às alterações ambientais e físico-químicas do meio aquático. Estas alterações podem causar mudanças na dinâmica da comunidade fitoplanctônica, como por exemplo, a redução brusca do número de espécies ou efeitos mais sutis, como a perda da capacidade reprodutiva e alterações no ritmo de crescimento dos organismos (LOBO; CALLEGARO; BENDER, 2002).

As variações sazonais também são comuns nessa comunidade, e em regiões tropicais a amplitude e periodicidade dessas variações dependem quase exclusivamente do regime de chuvas (BASTOS; FEITOSA; MUNIZ, 2005).

Em relação ao fitoplâncton de estuários, tais ambientes são caracterizados como zonas de transição e onde persistem condições de instabilidade, havendo ocorrência de constantes alterações determinadas pelos parâmetros físicos e químicos, com períodos de maior influência terrestre e outros de maior influência oceânica. Essas alterações promovem respostas fisiológicas e estruturais causando profundas modificações no desenvolvimento, sobrevivência e dispersão dos organismos fitoplanctônicos (ESKINAZI-LEÇA; KOENING; SILVA-CUNHA, 2004).

O desenvolvimento sazonal e espacial e a sucessão das populações fitoplanctônicas sofrem influência de vários fatores ambientais como luz, temperatura, nutrientes orgânicos e inorgânicos, competição e herbivoria, além das propriedades fisiológicas de cada espécie (WETZEL, 1993 apud COSTA, 2010).

Desse modo, é importante que o estudo sobre a comunidade do fitoplâncton do estuário do rio Curupeté, área de estudo do presente trabalho, se faça de maneira concomitante aos parâmetros físico-químicos, uma vez que estes influenciam diretamente a vida dos organismos aquáticos.

1.1 INVESTIGAÇÕES SOBRE O FITOPLÂNCTON EM ESTUÁRIOS TROPICAIS

Ao redor do mundo, existem trabalhos que exploram o conhecimento acerca do fitoplâncton estuarino e/ou associado a áreas de manguezal. Tais publicações mostram estudos sobre a composição das espécies, biomassa e densidade celular e, ecologia dos indivíduos fitoplanctônicos, relacionando-as com parâmetros abióticos.

Harrison *et al.* (1997), por exemplo, avaliaram a dinâmica dos nutrientes e do fitoplâncton em dois canais de maré adjacentes ao manguezal, no canto nordeste do delta do rio Indo, Paquistão. O fitoplâncton dominante foi representado por grandes diatomáceas (>20µm) pelágicas (principalmente cêntricas). As diatomáceas pelágicas dominantes foram: *Eucampia zodiacus*, *Melosira moniliformis*, *Schroederella schroeder*, *Rhizosolenia setigera*, *Coscinodiscus nodulifera*, *Coscinodiscus thori*, *Cerataulina bergoni*, *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Lauderia borealis*, *Corethron criophilum*, *Thalassionema nitzschioides*, *Chaetoceros teres*, *Chaetoceros decipiens* e *Chaetoceros densum*. A produtividade primária foi moderadamente elevada, considerando a turbidez extrema destes canais.

Saravanakumar *et al.* (2008) apresentaram um estudo sobre a variação espacial e temporal do fitoplâncton do manguezal localizado no distrito de Kachchh-Gujarat, no mar da Arábia. Foram identificadas 103 espécies do fitoplâncton, dentre elas, 82 foram de diatomáceas (Bacillariophyceae), 16 espécies de dinoflagelados (Dinophyceae), 3 espécies de cianofíceas (Cyanophyceae) e 2 espécies de clorofíceas (Chlorophyceae). Dentre as espécies, *Hemidiscus hardmanianus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cerataulina bergonii* e *Spirulina* sp. foram as mais abundantes. As maiores densidades de organismos do fitoplâncton foram registradas durante o período de monções (julho a outubro) e, as menores, no início do período de inverno (novembro a fevereiro).

Biswas *et al.* (2009) elaboraram um estudo que considerou a dinâmica do fitoplâncton em quase duas décadas (1990 a 2007), em um ecossistema de manguezal (Floresta de mangue de Sundarban) associado ao rio Ganges, na costa nordeste do golfo de Bengala, Índia. Florações da diatomácea *Coscinodiscus radiatus* foram comuns em 2000 e 2007. Os ciclos de maré e o início da temporada de monções foram importantes na variabilidade diurna e sazonal do fitoplâncton. O biovolume mostrou sazonalidade, com os níveis mais altos durante os períodos pós-monção e níveis mais baixos durante o período das monções.

Rajkumar *et al.* (2009) focaram no estudo da variação espacial e temporal da diversidade do fitoplâncton e da produtividade primária nas águas adjacentes ao manguezal de Pichavaram, costa sudeste da Índia, em relação às suas características hidrográficas entre setembro de 2002 e agosto de 2003, incluindo análise de clorofila – *a*. Foi identificado um total de 94 espécies do fitoplâncton. Entre estas, as diatomáceas constituíram o grupo predominante. O pico de diversidade do fitoplâncton foi observado durante a temporada de verão, na qual a densidade máxima da população também foi encontrada, coincidindo com as condições hidrográficas estáveis.

O fitoplâncton do setor Ancón de Iturre, baía El Tablazo, no sistema estuarino de Maracaibo, na Venezuela, foi estudado por Yépez, Flores-Sánchez e Brito (2009). A composição do fitoplâncton foi representada por 39 gêneros pertencentes a cinco divisões. Em termos de abundância, os resultados apontam para um predomínio da divisão Bacillariophyta, seguido por Cyanophyta. No entanto, durante os períodos de chuvas intensas, o domínio se inverteu, com a divisão Cyanophyta dominante. A maior diversidade ocorreu nos períodos de estiagem.

Aziz, Rahman e Ahmed (2012) também realizaram estudos acerca da comunidade fitoplanctônica do estuário próximo ao manguezal de Sundarban (Índia). O fitoplâncton foi representado por 36 espécies que pertenciam às classes Bacillariophyceae (30), Chlorophyceae (3), Euglenophyceae (2) e Xanthophyceae (1). As espécies *Oocystis pusilla*, *Coscinodiscus excentricus*, *C. lineatus* e *Navicula brekkeansis* ocorreram em grande abundância. O número total de indivíduos de fitoplâncton por litro foi, no geral, mais elevado durante a maré baixa.

Tapia (2012) investigou a variabilidade sazonal do fitoplâncton e sua relação com parâmetros ambientais no estuário interior do rio Esmeraldas, no Equador, durante os anos de 2004 e 2005. O fitoplâncton apresentou uma variabilidade na composição de espécies com aumento em setembro de 2004 e diminuiu em abril de 2005. As diatomáceas tiveram maior abundância. As principais espécies no ambiente estuarino foram *Climacosphenia monoligera*, *Pseudo-nitzschia paradoxa*, *Thalassiotrix frauenfeldii*, *Terpsinoe musica* e *Coscinodiscus excentricus*, enquanto que as espécies representativas no meio marinho foram *Navicula tuscula*, *Climacosphenia monoligera*, *Lauderia borealis*, *Coscinodiscus concinnus* e *Cyclotella meneghiniana*, apresentando elevadas abundâncias.

Diaz-Ramos *et al.* (2013) avaliaram a estrutura da comunidade fitoplanctônica do sistema fluvial-estuarino do Canal Mánamo, no rio Orinoco, Venezuela. Foram obtidos 101 táxons do fitoplâncton, que incluiu espécies marinhas, estuarinas e de água doce. Os táxons mais abundantes e frequentes foram *Odontella aurita* e *Skeletonema tropicum* (diatomáceas), características de águas marinhas, e *Bumilleria* sp e *Mallomonas* sp (Xantófitas e crisófitas, respectivamente) características de águas continentais.

1.2 INVESTIGAÇÕES SOBRE O FITOPLÂNCION EM ESTUÁRIOS BRASILEIROS

A maioria dos trabalhos sobre fitoplâncton de estuário publicados no Brasil, assim como em outros países, também enfoca nos estudos sobre a composição específica / listas

taxonômicas, biomassa e abundância, além da ecologia dos indivíduos fitoplanctônicos, fazendo uma relação com características ambientais e parâmetros hidrológicos.

Dentre as produções do Sul e Sudeste brasileiros, dá-se destaque ao levantamento taxonômico feito por Procopiak, Fernandes e Moreira-Filho (2006) a respeito das diatomáceas estuarinas e marinhas do estado do Paraná. As espécies foram listadas com base em trabalhos publicados desde 1918 e no âmbito do projeto ALARME (Água de Lastro: Análise de Risco, Plano de Manejo Ambiental e Monitoramento de Espécies Exóticas no Porto de Paranaguá, Paraná) no Complexo Estuarino de Paranaguá. Um total de 789 táxons específicos foram registrados, distribuídos em 167 gêneros.

Villac e Tenenbaum (2010) realizaram um histórico de estudos sobre a biodiversidade fitoplanctônica da baía de Guanabara, Rio de Janeiro, com base em 57 publicações relativas a amostras coletadas no período entre 1913 e 2004. O inventário realizado incluiu 308 táxons dentre 199 diatomáceas, 90 dinoflagelados, 9 cianobactérias, 5 euglenófitas, 1 clorófitas, 1 prasínofita, 1 silicoflagelado e 2 eubriótes, sendo que os táxons considerados mais importantes foram o dinoflagelado *Scrippsiella trochoidea* e diatomáceas do complexo *Skeletonema costatum*.

A variação temporal do fitoplâncton no canal estuarino de Santos, São Paulo, foi avaliada por Masuda, Moser e Barrera-Alba (2011). A comunidade de diatomáceas aumentou em períodos de menor velocidade das correntes (picos de maré) durante a estação seca, provavelmente devido à baixa estratificação da coluna de água após as mudanças de maré e disponibilidade de luz. Por outro lado, a abundância de dinoflagelados aumentou após os eventos de precipitação, provavelmente devido a uma maior estratificação halina e um aumento na quantidade de nutrientes dissolvidos. A ocorrência em alta densidade de *Pseudo-nitzschia seriata* e *Prorocentrum minimum* reforça a necessidade de um programa de monitoramento constante na região, por serem espécies consideradas tóxicas.

Parizzi *et al.* (2013) investigaram a variação sazonal do fitoplâncton e parâmetros ambientais no canal do rio Palmital, baía de Barbitonga, Santa Catarina. O fitoplâncton teve como componentes dominantes as diatomáceas penadas e cêntricas, seguidas por dinoflagelados e cianófitas. As espécies *Skeletonema costatum* e *Odontella sinensis* foram as mais abundantes, principalmente no verão. A grande quantidade de táxons bênticos registrados neste estudo deve-se à baixa profundidade associada à circulação local. Correlações significativas entre as variáveis ambientais e a abundância do fitoplâncton foram observadas.

A diversidade fitoplanctônica na área estuarina e marinha próxima ao rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, foi avaliada por Fonseca, Dell’Agnolo e Tamanaha (2014). A composição

florística esteve representada pelas diatomáceas com maiores abundâncias. A comunidade fitoplanctônica encontrada na região estuarina do rio Itajaí-Açu foi caracterizada por densidades e riqueza específica baixas. As espécies que apresentaram maiores densidades foram *Skeletonema* sp, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp, e *Pseudo-nitzschia* sp1.

E, finalmente, a estrutura da comunidade fitoplanctônica em um setor da baía de Guanabara (RJ) foi estudada por Rezende *et al.* (2015). Os resultados destacaram a alta representatividade de diatomáceas, dinoflagelados e cianobactérias, representados por 111 táxons típicos de ambientes estuarinos/costeiros. A coexistência de espécies bentônicas e planctônicas indicou o alto hidrodinamismo local. Entre os táxons "típicos", destacaram-se as cianobactérias da Ordem Oscillatoriales, as diatomáceas *Cylindrotheca closterium* e *Leptocylindrus minimus* e o dinoflagelado *Prorocentrum triestinum*.

A região Nordeste brasileira possui uma grande quantidade de produções científicas a respeito do estudo das comunidades fitoplanctônicas estuarinas, com destaque para o estado de Pernambuco. Dentre estas produções, pode-se citar Eskinazi-Leça e Passavante (1980), os quais relataram um estudo quali-quantitativo do fitoplâncton que ocorre no estuário do rio Igarassu, Itamaracá, Pernambuco. Quarenta e duas espécies de diatomáceas foram identificadas, representando o grupo mais frequente de microalgas marinhas amostradas. Na área estudada, as espécies dominantes foram: *Coscinodiscus centralis*, *Biddulphia regia*, *Rhizosolenia setigera* var. *daga* e *Chaetoceros* sp., todas consideradas marinhas eurialinas.

A dinâmica diurna e sazonal do fitoplâncton do estuário do rio Paraíba do Norte, Paraíba, foi estudada por Moura *et al.* (1995). O ciclo anual mostrou maiores densidades de células após o período de chuvas. Não foi observada relação entre concentração total do fitoplâncton e os ciclos de maré, embora as células de tamanho que variaram entre 5 e 10 µm mostraram um bom sincronismo com as marés enchentes, enquanto que as células maiores que 20 µm, estiveram mais presentes na condição de maré baixa.

Lacerda (2004) avaliou uma série temporal do fitoplâncton no estuário de Barra das Jangadas, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. Duzentas e sessenta e seis espécies foram encontradas neste estudo, sendo dominantes as diatomáceas *Cyclotella meneghiniana*, e *Coscinodiscus centralis*; as cianofíceas *Microcystis flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* e *Oscillatoria* sp1, e a clorofícea *Sphaerocystis* sp. Foram registradas 48 espécies como novas ocorrências para Pernambuco. A biomassa fitoplanctônica foi mais elevada no período seco.

Melo-Magalhães, Koenig e Sant'Anna (2004) realizaram um levantamento do fitoplâncton e das variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar

Mundaú/Manguaba, Alagoas. Neste estudo, foram identificados 113 táxons, com predomínio de espécies marinhas neríticas. A divisão Bacillariophyta foi a mais representativa. A densidade fitoplanctônica variou entre 95.000 a 3.315.000 células por litro e a clorofila-*a* entre 1,07 mg.m⁻³ a 36,7 mg.m⁻³, com valores maiores durante o período chuvoso. As espécies mais abundantes e frequentes foram *Coscinodiscus centralis*, *Actinocyclus normanii* f. *normanii*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira eccentrica*, *Protoperdinium* spp., *Microcystis aeruginosa* e *Oscillaloria sancta*.

Santiago (2004) realizou um estudo sobre a ecologia do fitoplâncton do estuário do rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte. Foram identificados 210 táxons do fitoplâncton, destacando as diatomáceas, seguidas pelos dinoflagelados, cianofíceas, clorofíceas e euglenofíceas. Os resultados analisados demonstraram que o estuário do rio Pisa Sal é hipersalino, com forte influência marinha. O ambiente foi classificado como eutrófico, apresentando condições de degradação.

Melo (2007) fez um levantamento dos nutrientes dissolvidos e biomassa primária nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho, Pernambuco. Os teores de clorofila-*a* fitoplanctônica foram maiores no período seco no rio Carrapicho, tendo relação direta com o aumento da concentração de nutrientes neste período.

Silva (2007) caracterizou a dinâmica dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila-*a*, no estuário do rio Cachoeira, Ilhéus, Bahia, nos períodos seco e chuvoso. As maiores concentrações de nutrientes inorgânicos, sólidos totais em suspensão e clorofila-*a* foram observadas na porção interna, na maioria dos meses estudados, caracterizando o local como eutrofizado.

Um estudo realizado por Leão *et al.* (2008) no estuário do rio Igarassu, Pernambuco, teve como objetivo registrar as mudanças na qualidade da água sob influência das variações ambientais e seus reflexos na dinâmica do microfitoplâncton durante um período sazonal. Foram identificadas 210 espécies, distribuídas em cinco divisões. Bacillariophyta teve maior representatividade, com 146 espécies. Foi possível perceber que existe uma forte influência da água do mar no estuário do rio Igarassu, evidenciada pela presença de espécies neríticas e oceânicas, enquanto que, na época de maior quantidade de chuvas ocorreu a presença dominante de cianobactérias.

Grego *et al.* (2009) desenvolveram um trabalho com o objetivo de realizar o primeiro levantamento sobre a comunidade fitoplanctônica e a hidrologia do ecossistema estuarino do rio Ariquindá, Tamandaré, Pernambuco. O estuário foi classificado como mesotrófico e a fração <20µm do fitoplâncton foi a mais representativa para o ambiente, com percentual superior a

69% da biomassa fitoplanctônica. Foi constatado que o estuário não sofre fortes impactos antrópicos, possui uma moderada capacidade produtiva, e a maré foi a variável física condicionante do ambiente.

Santos *et al.* (2009) verificaram a dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical, na bacia do Pina, Recife, Pernambuco. Observou-se que a biomassa, representada pelos teores de clorofila-a, variaram entre 7,63 e 187,37 mg/m³ durante a maré vazante e entre 15,60 e 211,15 mg/m³ durante a maré enchente, demonstrando que esse ambiente se apresenta hipereutrofizado, devido à forte ação antrópica a que está submetido.

Silva *et al.* (2009) determinaram a estrutura e as variações espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica e das variáveis ambientais do estuário tropical do rio Formoso, Pernambuco. Foram identificados 204 táxons predominando o grupo das diatomáceas (75%), seguidas dos dinoflagelados (10,79%), cianofíceas (6,37%), clorofíceas (3,92%), euglenofíceas (3,43%) e silicoflagelados (0,49%). As maiores concentrações de nutrientes e biomassa fitoplanctônica ocorreram durante o período chuvoso e nas baixa-mares. A pluviometria e o aporte marinho foram os parâmetros que mais influenciaram na hidrologia e na distribuição da comunidade fitoplanctônica com reflexo na riqueza taxonômica.

A comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Massagana, Pernambuco, foi estudada por Borges (2011). O objetivo do estudo foi caracterizar quali-quantitativamente a variação do fitoplâncton em aspectos temporal, sazonal e entremarés, fazendo uma relação com os parâmetros abióticos. A concentração de clorofila-a e de nutrientes caracterizou o estuário como eutrófico. Foram identificados 106 táxons do fitoplâncton, divididos em Bacillariophyta, Dinophyta, Cyanophyta, Euglenophyta e Heterokontophyta, tendo como espécies dominantes *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum micans*, *Protoperdinium* sp., *Asterionellopsis glacialis*, *Bacillaria paxillifera*, *Nitzschia longissima* e *Eutreptiella* sp.

Aquino (2012) investigou o fitoplâncton da área estuarina do rio dos Passos, Pernambuco, em relação à sua biomassa, composição e variação espacial e sazonal, em resposta às características ambientais locais. Foram registrados 129 táxons, representados pelas diatomáceas (73%), seguidas pelas cianobactérias (18%), clorofíceas (4%), dinoflagelados (4%) e euglenofíceas (1%), sendo que 32% apresentaram características ticoplanctônicas, seguidas pelas marinhas planctônicas oceânicas (28%) e neríticas (24%), dulciaquícolas (10,6%) e tipicamente estuarinas (5,3%). As diatomáceas *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros subtilis*, *Bacillaria paxillifera*, a cianobactéria *Johannesbaptistia* sp., apresentaram relação significativa com as variáveis ambientais, sendo que, salinidade e

transparência da água são as variáveis possivelmente condicionantes da biomassa e espécies do fitoplâncton.

Lima (2012) fez um estudo com o objetivo de descrever a variação quali-quantitativa da microflora planctônica e bentônica em escala espaço-temporal, e identificar os principais fatores relacionados com variações observadas na baía do Sueste, no lado nordeste da ilha de Fernando de Noronha, Pernambuco. Foram identificados 95 táxons do fitoplâncton. As diatomáceas foram o grupo com maior riqueza, porém as cianobactérias e dinoflagelados também estiveram representados. A diversidade específica na área é de baixa a muito baixa, com aumento no período chuvoso para o fitoplâncton. A estrutura das microalgas é afetada pelas variáveis ambientais (pluviometria, teores de salinidade, oxigênio dissolvido, taxa de saturação de oxigênio, pH e sais nutrientes).

Na região amazônica, mais especificamente no estado do Pará, poucos são os trabalhos publicados sobre fitoplâncton de estuários como objeto de estudo. A maioria dos estudos concentram-se em dissertações e resumos. Porém, Moreira-Filho, Valente-Moreira e Cecy (1974 *apud* Costa, 2010), realizaram levantamento das diatomáceas da foz do rio Guamá, onde foram encontradas 46 espécies, distribuídas em 24 gêneros, tendo *Coscinodiscus*, *Biddulphia*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Actinella*, *Actinocyclus* e *Surirella*, como espécies predominantes.

Paiva *et al.* (2006) realizaram estudo sobre a composição, biomassa e ecologia do fitoplâncton em regime bimestral, no período de dezembro de 1989 a outubro de 1990, na baía do Guajará, Pará. O fitoplâncton da Baía do Guajará apresentou-se composto por 116 táxons específicos e infraespecíficos, sendo 1 cianofíceas, 45 clorofíceas e 70 diatomáceas. Entre estas últimas, destaca-se *Polymyxus coronalis* por ser considerada indicadora de águas salobras da região Amazônica. Os fitoflagelados foram os organismos mais abundantes. As concentrações de clorofila-*a* variaram entre 1,49 mg/m³ e 23,33 mg/m³.

A variação espaço-temporal do microfítotoplâncton na região da foz do rio Guamá, Belém, Pará foi avaliada por Costa (2008). Cento e setenta e três espécies foram identificadas, com destaque para as diatomáceas como o grupo de maior densidade. Não foram observadas espécies dominantes. As principais espécies que ocorreram foram *Aulacoseira granulata*, *Actinoptychus* sp. e *Cyclotella* sp. Foram registradas maiores abundâncias celulares durante o período chuvoso.

A dinâmica da comunidade microfítotoplânctônica relacionada aos parâmetros físico-químicos do rio Guajará-Mirim, em Vigia, foi estudada por Cardoso (2009). Foram identificados 78 táxons pertencentes às divisões Bacillariophyta (65), Chlorophyta (6),

Cyanophyta (3), Dinophyta (3) e Ochrophyta (1). Bacillariophyta foi predominante em número de espécies, frequência de ocorrência e densidade. A variação sazonal dos parâmetros físico-químicos e da densidade específica foi o fator determinante no agrupamento das amostras, formando um grupo característico do período chuvoso e outro do período seco.

A composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre os municípios de Belém e São Miguel do Guamá, foram avaliadas por Monteiro *et al.* (2009). Foram identificados 85 táxons pertencentes a Dinophyta (1%), Cyanophyta (4%), Chlorophyta (20%) e Bacillariophyta (75%). Em função da composição do microfitoplâncton apresentada, os autores puderam afirmar que o trecho do rio Guamá que vai da desembocadura até, aproximadamente, 70 km à montante, possui uma ficoflora estuarina.

Costa (2010) realizou um estudo sobre a variação nictemeral e diversidade do microfitoplâncton do estuário do rio Curuçá, Pará, relacionando-as aos fatores ambientais do estuário. Foram registrados 170 táxons pertencentes às Divisões Bacillariophyta (149), Dinophyta (16), Chlorophyta (3) e Cyanobacteria (2). O filo Bacillariophyta foi predominante em número de espécies, frequência de ocorrência e densidade (97,59%). Predominaram espécies marinhas planctônicas neríticas, marinhas planctônicas nerito-oceânicas, e marinhas planctônicas oceânicas. A diversidade específica variou de baixa a muito baixa.

O microfitoplâncton do estuário do rio Marapanim, nordeste paraense, foi avaliado por Santana *et al.* (2010). O estudo foi conduzido a fim de determinar a composição florística e a ecologia dos organismos. A comunidade do microfitoplâncton foi representada por 180 táxons, dos quais, 18 espécies foram consideradas como novas ocorrências para o estado do Pará. O aparecimento de espécies ticoplanctônicas, neríticas e oceânicas se deve, principalmente, à ressuspensão de sedimentos, regime de marés e variação de salinidade.

Matos *et al.* (2011) avaliaram a variação espacial e temporal da composição e biomassa fitoplanctônica do estuário do Caeté, Bragança. A comunidade do fitoplâncton foi dominada por diatomáceas (90,3%), seguido por dinoflagelados, cianofíceas e clorofíceas. A comunidade foi composta principalmente por espécies marinhas (68,3%). A biomassa clorofiliana variou de 3,9 mg.m⁻³ para 17,6 mg.m⁻³. No geral, as mudanças na salinidade, resultantes das oscilações sazonais em precipitação, modificaram o gradiente horizontal observado dentro do estuário e constituiu o principal fator determinante na variação da composição, densidade e biomassa do fitoplâncton.

Sodré *et al.* (2011) estudaram o efeito das marés sobre a comunidade do fitoplâncton em três estuários amazônicos no nordeste do Pará. Foram identificados 73 táxons do microfitoplâncton, com predominância de diatomáceas em todos os três locais. Os resultados

indicam que a proximidade com as águas marinhas e consequentes flutuações nos níveis de salinidade foram o principal determinante da distribuição espacial do fitoplâncton nos três estuários. Os níveis de maré também tiveram efeito, com as maiores densidades e a biomassa registrada durante as marés de quadratura, quando a água era menos turbulenta. Além disso, a maior diversidade foi observada durante as marés de sizígia, quando o influxo de água e novas espécies das áreas adjacentes foi mais acentuado.

Reis *et al.* (2012a) estudaram a variação nictemeral do fitoplâncton da Praia Nova, praia estuarina localizada no município de Colares. Foram contabilizados 111 táxons pertencentes às classes Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae. Houve dominância das diatomáceas, estando a concentração destas acima de 90% do total de indivíduos em todos os horários de coleta. *Polymyxus coronalis* foi a espécie de maior abundância.

A composição do microfitoplâncton da praia do Marahu, praia estuarina localizada na ilha de Mosqueiro, Belém, foi levantada por Reis *et al.* (2012b) em dois períodos de maré. Foram contabilizados 49 táxons pertencentes às classes Cyanophyceae, Chlorophyceae, Zygnematophyceae e Bacillariophyceae. As cianofíceas representaram 61% do total de células encontradas na vazante. A concentração de Bacillariophyceae ficou em torno de 66% do total de células identificadas na enchente.

Estudos preliminares sobre a composição e biomassa do fitoplâncton dos rios Pererú e Mojuim, em São Caetano de Odivelas, foram feitos por Araújo *et al.* (2014). Foram identificados um total de 12 gêneros e 39 espécies para os dois rios. Os parâmetros físico-químicos das águas dos rios Pererú e Mojuim não apresentaram variações significativas, assim como a comunidade do fitoplâncton, sendo as diatomáceas as mais representativas, como esperado para regiões estuarinas. O rio Pererú apresentou as maiores medidas de biomassa (abundância e clorofila).

A dinâmica espaço-temporal das diatomáceas do estuário do Taperaçu, Bragança, foi avaliada por Oliveira *et al.* (2014). As diatomáceas estiveram condicionadas aos períodos seco e chuvoso, os quais influenciaram as variáveis ambientais, em especial, a salinidade, o que acarretou domínio de espécies marinhas neríticas e maior riqueza específica durante o período seco.

Os trabalhos de Reis *et al.* (2014a e 2014b) deram enfoque para a variação da composição e densidade do microfitoplâncton dos estuários São Paulo e Urindeua, no município de Maracanã. Foram encontradas 63 espécies pertencentes às divisões: Bacillariophyta (58 táxons, 92%), Dinophyta (3 táxons, 5%) e Cyanophyta (2 táxons, 3%).

Coscinodiscus, *Odontella* e *Thalassiosira* foram os gêneros que mais contribuíram para a dominância das diatomáceas. O predomínio de espécies marinhas indicou a forte influência oceânica na composição florística nas áreas de estudo. As divisões Cyanophyta e Dinophyta foram representadas pelos gêneros *Anabaena* e *Oscillatoria*, e; *Ceratium* e *Peridinium*, respectivamente. As diatomáceas representaram mais de 90% da abundância nos dois estuários.

Por fim, Sena *et al.* (2015) determinaram a composição do microfitoplâncton do ambiente estuarino do rio Arienga, Barcarena, Pará, Brasil. O trabalho teve como objetivo descrever a composição, abundância relativa e frequência de ocorrência do microfitoplâncton do local. Um total de 128 espécies foram identificadas, pertencentes às divisões: Dinophyta (0,78%), Chrysophyta (0,78%), Cianobactéria (12,50%), Chlorophyta (26,56%), e Bacillariophyta (59,38%). Foi possível confirmar dois grandes grupos, sugerindo que o regime de chuvas foi o principal fator controlador da composição e variação espacial das espécies do fitoplâncton ao longo do rio Arienga.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral, estudar a variação espaço-temporal do fitoplâncton do estuário do rio Curuperé, município de Curuçá-PA, e sua relação com os parâmetros hidrológicos, durante os períodos de maior pluviosidade (fevereiro de 2015 e maio de 2015) e de menor pluviosidade (agosto de 2015 e novembro de 2015).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a composição florística da comunidade fitoplanctônica;
- Analisar os padrões de abundância, diversidade, equitabilidade, dominância e frequência de ocorrência desta comunidade no rio Curuperé;
- Caracterizar a variação espaço-temporal dos parâmetros abióticos e do fitoplâncton nas águas locais;
- Relacionar as variações observadas na distribuição espaço-temporal do fitoplâncton e de sua diversidade específica com as variáveis ambientais consideradas;
- Identificar as espécies indicadoras da comunidade fitoplanctônica local;

- Entender a dinâmica deste ambiente, no que diz respeito à sua dinâmica sazonal e espacial.

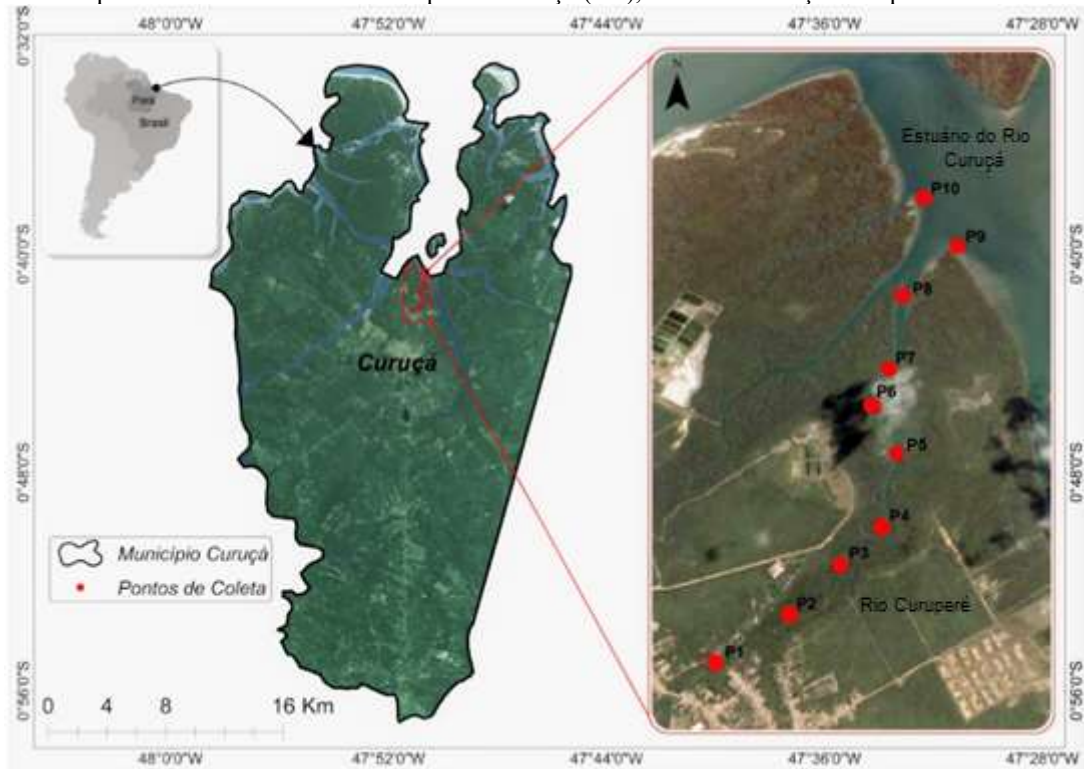
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situada no estuário do rio Curuperé, inserido no sistema estuarino do rio Curuçá, município de Curuçá, Pará, sendo parte da Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá. O município de Curuçá (Figura 1) localiza-se na mesorregião nordeste paraense, microrregião do Salgado, distante a 120 km da capital Belém. Faz limite ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com o município de Terra Alta, a leste com Marapanim e a oeste com São Caetano de Odivelas e São João da Ponta. Este município enquadra-se no chamado litoral amazônico, onde se destacam as florestas de manguezais, devido à alta deposição de sedimentos e suprimento de nutrientes provenientes da foz de grandes rios como o Amazonas e o Pará, formando extensos estuários. A influência de maré pode ser observada até dezenas de quilômetros da região costeira (DIAZ, 2012).

A Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá é uma das mais importantes Unidades de Conservação nacionais do litoral amazônico, sendo composta por um vasto estuário de aproximadamente 37 mil hectares, povoado por cerca de 6 mil pescadores e suas famílias, distribuídos em 52 comunidades tradicionais, possuindo como centros urbanos a sede do município de Curuçá e o distrito de São João do Abade (FIGUEIREDO, 2007).

Figura 1 - Mapa da área de estudo no município de Curuçá (PA), com a localização dos pontos de coleta.



Fonte: Da autora.

3.1.1 Geologia e Geomorfologia

Os sedimentos principais reconhecidos na região costeira do município de Curuçá são representados pela formação do Grupo Barreiras (Terciário Inferior), Pós-Barreiras e recentes (Quaternário) (MÁCOLA; EL ROBRINI, 2004).

No NE do Pará predominam feições geomorfológicas características, tais como, extensos depósitos de lama de planície de maré, estuários, baixios, pântanos salinos, *cheniers*, dunas, praias e leques de lavagens associados (SOUZA FILHO, 1995; SOUZA FILHO; EL ROBRINI, 1996; SANTOS, 1996; SILVA, 1996).

A costa é do tipo estuarina, recortada por amplas reentrâncias, também conhecidas como rias, e cobertura interna caracterizada por um manto de faixas arenosas (PALMA, 1979). Para Barbosa e Pinto (1973), o litoral de rias corresponde à faixa de sedimentos recentes associados a uma série de ilhas, bacias e canais, presentes em toda a linha de costa, possuindo direção preferencial NE-SO. O relevo litorâneo do município de Curuçá possui estas características.

Os manguezais do município de Curuçá são caracterizados por terrenos baixos quase horizontais, constituídos por sedimentos lamosos ricos em matéria orgânica com intensa bioturbação e fitoturbação, sob influência das marés (SILVA JR; EL-ROBRINI, 2000). São desenvolvidas nas baías estuarinas e recortadas por córregos e canais de maré (MÁCOLA; EL ROBRINI, 2004).

3.1.2 Vegetação

A vegetação da área de estudo é representada principalmente por bosques de mangue com uma extensão no estuário de mais de 100 km². As espécies dominantes são *Rhizophora mangle*, seguida de *Avicennia germinans*, em áreas de topografia mais elevada, e uma pequena quantidade de *Laguncularia recemosa* (MENEZES, 1994; MELLO *et al.*, 1995; PEREIRA *et al.*, 2007). No estuário inferior, onde há a presença de sedimentos acumulados recentemente, há manchas de *Spartina spp* (PEREIRA *et al.*, 2007).

3.1.3 Aspectos climáticos e meteorológicos

De acordo com Köppen (1948), o clima do nordeste paraense caracteriza-se por ser do tipo AM (Tropical úmido). Possui elevadas quantidades de chuvas, cuja média anual gira em torno de 2500 mm/ano e baixa variação de temperatura, com média de 27°C, valor mínimo já registrado de 18°C e valores máximos nos meses de agosto a outubro, podendo chegar a 42°C. Há um período menos chuvoso (junho a novembro) e outro mais chuvoso (dezembro a maio) (EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema de grande escala que regula o regime de precipitação no litoral paraense. A variação na taxa de insolação está entre 216 e 200 dias de sol ao ano. A nebulosidade é frequente no litoral e a variação de temperatura é relativamente estável. A característica predominante do vento é de fluxo zonal de leste em quase todo o litoral. A velocidade observada à superfície em média no ano fica em torno de 7 km/h. A umidade relativa média anual do ar varia em torno de 80% a 90%, demonstrando uma alta taxa de umidade na região. Os sistemas atmosféricos atuantes são (Brisas Marítima e Terrestre, Linhas de Instabilidade (LIs), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), El Niño e La Nina) (MÁCOLA; EL ROBRINI, 2004).

3.1.4 Aspectos oceanográficos

No NE do Pará, as praias e os estuários são dominados pelo regime de meso e macromarés semidiurnas que induz a formação das correntes de marés e exerce um importante papel na circulação local influenciando fortemente o transporte sedimentar litorâneo (SOUZA FILHO; PARADELLA, 2002). Segundo a DHN (1994) *apud* Ranieri e El Robrini (2012), a

velocidade das correntes de marés, a altura da Baía de Curuçá/PA, alcança cerca de 2,1 a 3,06 m/s na vazante.

3.1.5 Pontos de coleta

Os pontos de coleta foram estabelecidos ao longo do rio Curuperé, organizados em ordem crescente da nascente em direção à foz totalizando 10 pontos com as identificações e coordenadas geográficas apresentadas na tabela 1:

Tabela 1 – Pontos de coleta ao longo do estuário do rio Curuperé.

Pontos	Coordenadas	Porção do rio
P1	0°42'7.10"S / 47°51'8.60"O	Nascente
P2	0°42'0.91"S / 47°50'57.48"O	Nascente
P3	0°41'52.46"S / 47°50'50.98"O	Nascente
P4	0°41'44.10"S / 47°50'48.10"O	Intermediária
P5	0°41'29.90"S / 47°50'44.60"O	Intermediária
P6	0°41'24.40"S / 47°50'50.20"O	Intermediária
P7	0°41'17.30"S / 47°50'46.30"O	Intermediária
P8	0°41'2.50"S / 47°50'44.30"O	Foz
P9	0°40'51.80"S / 47°50'38.70"O	Foz
P10	0°40'41.10"S / 47°50'45.60"O	Foz

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Trabalho de Campo

O material biológico foi amostrado em 10 pontos de coleta, com distância de aproximadamente 300 m entre eles, nos meses de fevereiro e maio/2015 e de agosto e novembro/2015, sendo os dois primeiros meses inseridos no período chuvoso e, os dois últimos, no período seco (MORAES *et al.*, 2005; EL-ROBRINI *et al.*, 2006).

O horário de coleta foi selecionado de acordo com a tabua de marés para região (DHN, 2015), se enquadrando em preamar diurna de sizígia.

Para a análise quantitativa do fitoplâncton, as amostras foram obtidas por meio da coleta direta da água em subsuperfície. Para análise qualitativa, foi realizado arrasto de três minutos com rede de plâncton cônico-cilíndrica, de 20 µm de abertura de malha, 30 cm de diâmetro de boca e comprimento de um metro (Figura 2).

Figura 2– Arrasto com rede de plâncton



Fonte: Denise Ribeiro (Laboratório de Ecologia Aquática e Aquicultura Tropical –LECAT/UFRA)

O material foi imediatamente acondicionado em frascos de 180 mL (devidamente etiquetados) e fixado em solução de formaldeído a 4%, neutralizado com bórax.

Para o registro de dados abióticos, foram tomadas amostras de água em cada estação de coleta, as quais foram armazenadas em garrafas de 180 mL, protegidas da luz, e devidamente resfriadas para posterior análise em laboratório, para a determinação de nutrientes. Foram medidos *in situ* o pH, com o auxílio de um peagâmetro da marca Schott e a temperatura, com um termômetro de mercúrio.

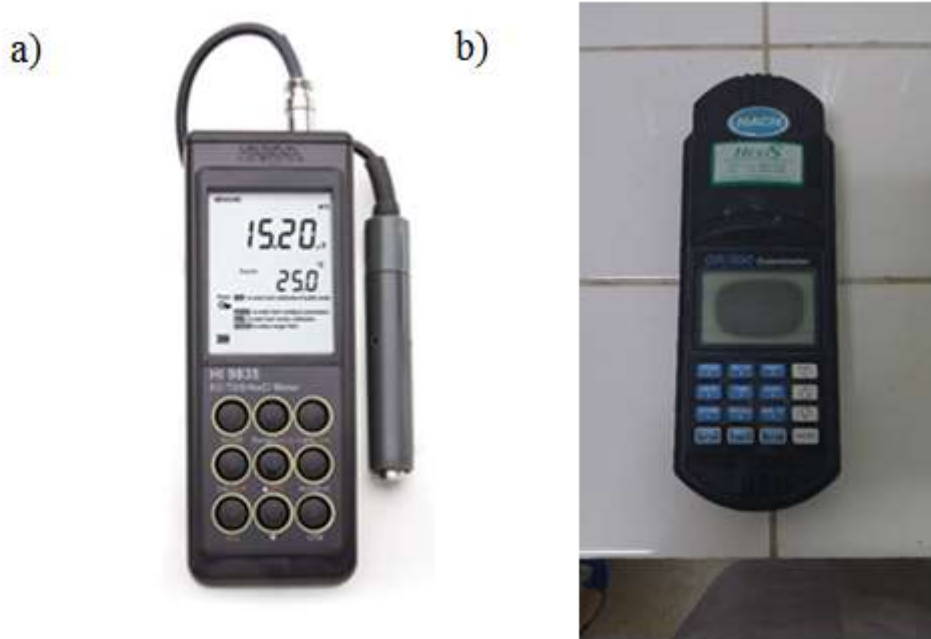
Para a obtenção da biomassa fitoplancônica, foram coletadas amostras de água para a determinação de teores de clorofila-*a*, as quais foram armazenadas em garrafas de 500 mL, protegidas da luz, e devidamente resfriadas para posterior análise em laboratório.

3.2.2 Procedimentos de laboratório

- Condutividade, salinidade e turbidez.

A condutividade e a salinidade foram medidas em laboratório utilizando a sonda HI 9835 da marca Hanna, bem como a turbidez com o colorímetro DR 890 da marca Hexis (Figuras 4A e 4B).

Figura 3– Sonda HI 9835 (A) e Colorímetro DR 890 (B)



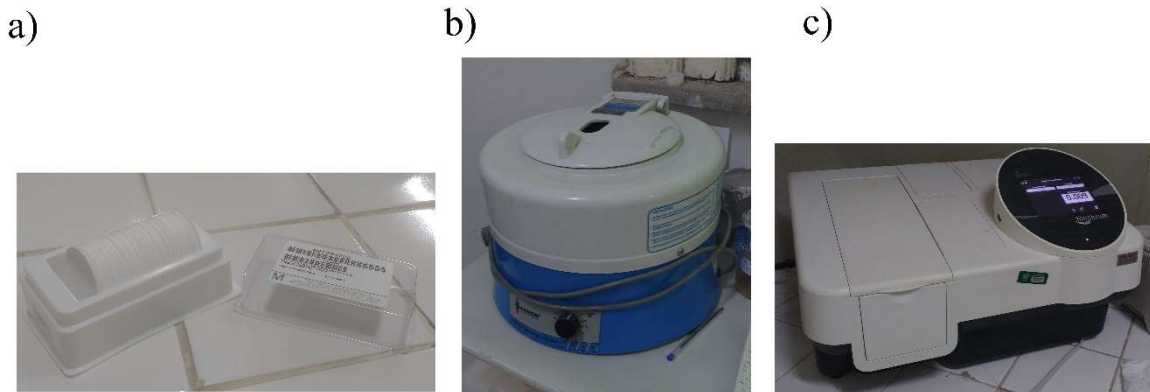
Fonte: (A) Hanna Instruments; (B) Da autora

- Clorofila – *a*

A determinação do pigmento clorofila-*a* foi realizado segundo o método de Strickland e Parsons (1972). As amostras foram filtradas com o auxílio de uma bomba de vácuo (Marca Prismatec 131A), através do filtro AP15 em microfibras de vidro (marca Merck com diâmetro de 47 mm e porosidade de 0,6 μm) (Figura 5A). Os filtros foram acondicionados em envelopes etiquetados, conservados e refrigerados dentro de um recipiente escuro (UNESCO, 1966). O volume filtrado variou de acordo com a quantidade de material em suspensão.

Para extração dos pigmentos clorofilianos, foi utilizada acetona 90%, sendo colocado o filtro em tubo de ensaio para ser macerado até a dissolução do mesmo. Após isso, as amostras foram refrigeradas por 24 horas. Decorrido este período, as amostras foram centrifugadas a uma rotação de 3000 rpm por 10 minutos em uma centrífuga modelo Excelsa Baby I, da marca FANEM (Figura 5B) e o material sobrenadante foi colocado em cubetas, com caminho óptico de 1cm, para fazer as leituras de absorbâncias nos comprimentos de ondas: 630, 645, 665 e 750nm (UNESCO, 1966) em um espectrofotômetro de marca Biochrom Libra, modelo S50 (Figura 5C).

Figura 4– Materiais utilizados para a determinação de clorofila-a, a saber, filtros de microfibra de vidro (A), centrífuga (B) e espectrofotômetro (C).



Para os cálculos da clorofila-a, foi aplicada a seguinte equação:

$$CL = \frac{C1 \times D665 - (C2 \times D645 + C3 \times D630 + D750) \times v}{V \times L}$$

Onde:

CL = clorofila a (mg.m^{-3});

C1 = 11,6;

C2 = 1,31;

C3 = 0,14;

v = volume de acetona a 90% (10 ml);

V = volume de água que foi filtrada (litro);

L = Caminho óptico da cubeta (1 cm);

D665, D645, D630 e D750 = absorbâncias em seus respectivos comprimentos de onda;

3.2.3 Dados pluviométricos

Os dados do regime pluviométrico do município de Curuçá para os últimos 25 anos foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016).

3.2.4 Material biológico

Após a fixação, a identificação taxonômica dos indivíduos, provenientes do arrasto com rede de plâncton, foi realizada em lâminas provisórias, utilizando microscópio óptico Olympus

CX21. A identificação foi realizada segundo Peragallo (1965), Round *et al.* (1990) e Hasle e Syversten (1997) para a divisão Bacillariophyta, Schiller (1937) e Steidinger e Tangen (1997) para o filo Miozoa, Desikachary (1959) para o filo Cyanobacteria, Bourrelly (1972) para as divisões Charophyta e Chlorophyta e Uherkovich e Schmidt (1974) para a divisão Euglenophyta, dentre outras literaturas especializadas.

Do material biológico proveniente da coleta direta, foram extraídas subamostras, realizando a contagem de indivíduos em uma câmara de Utermohl, com auxílio do microscópio triocular invertido Coleman NIB-100.

3.2.5 Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência dos táxons foi obtida segundo Mateucci e Colma (1982), usando a relação entre o número de amostras onde cada táxon ocorreu e o número total de amostras analisadas em cada mês, nas categorias muito frequente (≥ 75), frequente (< 75 e ≥ 50), pouco frequente (< 50 e ≥ 25) e esporádica ($< 25\%$).

3.2.6 Análise descritiva

A análise descritiva foi usada para verificar a distribuição dos dados de diversidade e densidade relacionadas à distribuição espacial.

- Densidade (D)

Para a determinação da densidade do fitoplâncton foi utilizado microscópio invertido e aplicado o método de sedimentação de Utermohl (1958). As amostras foram armazenadas em cubetas de sedimentação e mantidas em descanso por 24 horas em câmara úmida para sedimentação das células (UEHLINGER, 1964). Os resultados foram expressos em indivíduos por Litro (ind/L) e calculados através da fórmula: $N = n.(a/A).(1/V).10^3$

Onde, N = número de indivíduos por litro; n = número de organismos contados; A = área total da câmara; a = área contada; V = volume total sedimentado; 10^3 = fator para transformação de ml para Litro. Organismos unicelulares, cenóbios, tricomas e formas coloniais foram consideradas como um único indivíduo.

- Diversidade (H')

O índice de diversidade de Shannon (1948), de cada amostra, foi calculado, com auxílio do programa PAST (HAMMER *et al.*, 2001), através da fórmula:

$$H' = - \sum \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \ln \left(\frac{n_i}{n} \right) \right]$$

em que os resultados foram expressos em nats/indivíduo. Este índice leva em consideração o número de indivíduos e o número de espécies. Varia de 0 para comunidades com apenas uma única espécie, até valores altos para comunidades com muitas espécies, cada uma com poucos indivíduos.

- Equitabilidade de Pielou (J')

A equitabilidade foi calculada segundo Pielou (1969) como:

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

sendo H' é o índice de diversidade específica de Shannon e S é o número de espécies de cada amostra; onde $0 < J' < 1$. Valores próximos a zero demonstram uma baixa equitabilidade, enquanto que valores próximos a 1 indicam uma distribuição uniforme de todas as espécies da amostra e alta equitabilidade.

- Dominância (d)

O índice de dominância de Berger-Parker (Berger e Parker, 1970; May, 1975) foi calculado através do software PAST (HAMMER *et al.*, 2001), e expressa a abundância proporcional da espécie mais abundante, segundo a seguinte fórmula:

$$d = N_{\max}/N$$

Onde N_{\max} é o número de indivíduos da espécie mais abundante, N é o número de indivíduos das outras espécies e d é o valor do índice de dominância de Berger-Parker.

3.2.7 Ecologia numérica

A influência da variabilidade dos dados foi avaliada com o objetivo de analisar as relações da densidade do fitoplâncton com a variação espaço-temporal. Para isso foi considerada a classificação das seguintes matrizes: Matriz temporal (composta pelos atributos relacionados à variação sazonal); Matriz ambiental (composta pelas variáveis físico-químicas: temperatura, salinidade, condutividade elétrica, pH, turbidez, nitrito, nitrato, ortofosfato, amônia e sílica) e Matriz da variável resposta (comunidade microfitoplanctônica) aferida pelos valores de densidade de ind/L.

- Testes de significância

A normalidade dos dados de parâmetros ambientais, bem como a dos valores de densidade do fitoplâncton, do índice de diversidade de Shannon, da equitabilidade de Pielou, do índice de dominância de Berger-Parker e da riqueza de táxons, foi testada através do teste W de Shapiro Wilks (Zar, 1999). Para dados normais foi utilizado o teste T de Student e para dados não-normais, o teste U de Mann-Whitney para avaliar a significância dos mesmos entre os períodos chuvoso e seco. Para avaliar a significância entre os meses amostrados, para dados normais utilizou-se o teste F (ANOVA) e seu teste *a posteriori*, o teste de Tukey (testa médias par a par). Enquanto que para dados não-normais, utilizou-se o teste não paramétrico H de Kruskal-Wallis, com o teste *a posteriori* de Mann-Whitney (U) (amostras par a par), com correção de Bonferroni. Para todas as comparações (sazonal, mensal e espacial) considerou-se o nível de significância inferior a 5% ($p < 0,05$).

- *Compare diversities*

Foram utilizados dois procedimentos diferentes de aleatorização para avaliar diferenças significativas da diversidade, equitabilidade e dominância entre nascente e foz nos 4 meses de amostragem. No procedimento de bootstrap, as duas amostras (nascente e foz) são agrupadas e 1000 pares aleatórios (mesmo número de indivíduos das amostras originais) são retirados deste grupo e são calculados índices de diversidade para cada par. A diferença em módulo entre esses índices é comparada com a diferença das amostras originais e assim é gerado um valor de p para a permutação. Mil matrizes aleatórias com duas amostras são geradas (mesmo número de

linhas e colunas da matriz original) e então o valor de p é calculado da mesma forma que no bootstrap. Considerou-se o nível de significância inferior a 5% ($p < 0,05$).

- Correlação de Spearman

A correlação não paramétrica de Spearman (r_s) foi aplicada aos parâmetros ambientais, para identificar padrões semelhantes durante os períodos seco e chuvoso.

- Análise de Agrupamento

Foi realizada a Análise de Agrupamento (Cluster), no software PCORD 5 (MCCUNE; MEFFORD, 2011), sendo empregados os métodos de classificação hierárquica e aglomeração de Ward, baseado na distância de *Hellinger* (MILLIGAN; COOPER, 1987; LEGENDRE; GALLAGHER, 2001; LEGENDRE; CÁCERES, 2013), a partir da qual foi avaliada a relação entre as amostras (Modo Q) e as associações de espécies do fitoplâncton (Modo R). Para tal foram utilizados dados de densidade do fitoplâncton, sendo submetidos ao critério de eliminação de espécies com frequência de ocorrência superior a 95% e inferior a 5% (AZERIA *et al.*, 2009; POOS; JACKSON, 2012), a fim de evitar distorções na análise.

- PERMANOVA

Foi utilizada uma Análise de Variância Multivariada Permutada (PERMANOVA) bifatorial (ANDERSON, 2001), realizada no software PAST (HAMMER *et al.*, 2001), utilizando algoritmo euclidiano, para testar os fatores variabilidade espacial (porções do rio, divididas em amostras de nascente, amostras intermediárias e de foz) e sazonal (períodos seco e chuvoso) no agrupamento das espécies. A significância deste teste foi calculada permutando as amostras entre grupos, com 9.999 réplicas.

- Análise de Espécies Indicadoras (IndVal)

A utilização de organismos como indicadores biológicos vêm ganhando evidência na biologia da conservação e ecologia aplicada. Espécies que são fortemente relacionadas com ambientes de alta diversidade são notadamente úteis como bioindicadoras, porque podem ser

priorizadas nas medidas de conservação e monitoramento dos ambientes (OLIVIER; BEATTIE, 1996).

Neste contexto, foram determinadas as espécies indicadoras do ambiente estudado (IndVal) (DUFRÊNE; LEGENDRE, 1997). Este método produz um valor indicador para cada espécie em cada grupo, que varia de 0 (espécie não indicadora) até 100 (indicadora perfeita). A significância estatística do IndVal foi testada pela técnica de Monte Carlo (VALENTIN, 2012). Para a realização de ambas as análises foi utilizado o software PCORD 5 (McCUNE; MEFFORD, 2011). A fórmula para a determinação do valor indicador das espécies consiste em:

$$IndVal(\%)=Aij \times Bij \times 100$$

$$Aij=Nindij/Nindi$$

$$Bij=Npontosij/Npontosj$$

Onde:

Aij = medida de especificidade:

$Nindij$ = número médio da espécie i nas amostras (abundância) do grupo j ;

$Nindi$ = somatório dos números médios da espécie i ao longo de todos os grupos;

Bij = medida de fidelidade:

$Npontosij$ = número de amostras do agrupamento j onde a espécie i está presente

$Npontosj$ = total do número de amostras do agrupamento j .

- Análise de Redundância Canônica (RDA)

E, finalmente, para relacionar as variáveis ambientais avaliadas com a comunidade fitoplanctônica (espécies indicadoras significativas), foi realizada uma Análise de Redundância (RDA), sendo esta considerada como extensão de uma PCA (VALENTIN, 2012), com o auxílio do software CANOCO 4.0 (TER BRAAK; MILAUER, 1998).

REFERÊNCIAS

- ADAIME, R.R. Estrutura, produção e transporte em um manguezal. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 1987, Cananéia. **Anais...** São Paulo, p. 80-99.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Séries Históricas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>. Acesso em: 20 nov. 2016.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance, **Austral Ecology**, v. 26, 32-46, 2001.
- AQUINO, E.P. **Fitoplâncton do estuário do Rio dos Passos (rio Formoso, Pernambuco, Brasil)**. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
- ARAÚJO, D. X; AHNDREW, L. M. S; LOPES, B. S. C; AMARAL, D. B; BARROS, F. C; PAIVA, R. S. Estudos preliminares sobre a composição e biomassa do fitoplâncton dos rios Pererú e Mojuim, São Caetano de Odivelas, PA. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 6, 2014, Itajaí, **Anais...** Itajaí: AOCEANO, 2014, p. 1025-1026.
- AZERIA, E.T.; FORTIN, D.; HÉBERT, C.; PERES-NETO, P.; POTHIER, D.; RUEL, J.C. Using null model analysis of species co-occurrences to deconstruct biodiversity patterns and select indicator species. **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 6, 958-971, 2009.
- AZIZ, A; RAHMAN, M; AHMED, A. Diversity, distribution and density of estuarine phytoplankton in the Sundarban mangrove forests, Bangladesh. **Bangladesh Journal of Botany**, v. 41, n. 1, p. 87-95, 2012.
- BASTOS, R.B; FEITOSA, F.A.N; MUNIZ, K. Variabilidade espaço temporal da biomassa fitoplanctônica e hidrologia no estuário do rio Una (Pernambuco - Brasil). **Tropical Oceanography**, v. 33, p. 1-18, 2005.
- BERGER, W.H; PARKER, F.L. Diversity of Planktonic Foraminifera in Deep-Sea Sediments. **Science**, v. 168, 1345-1347, 1970.
- BISWAS, H; DEY, M; GANGULY, D; DE, T.K; GHOSH, S; JANA, T.K. Comparative Analysis of Phytoplankton Composition and Abundance over a Two-Decade Period at the Land–Ocean Boundary of a Tropical Mangrove Ecosystem. **Estuaries and Coasts** v. 33, p. 384–394, 2010.
- BONECKER, A.C.T; BONECKER, S.L.C; BASSANI, C. Plâncton Marinho. In: PEREIRA; SOARES-GOMES (Org.). **Biologia Marinha**. 2. ed, Rio de Janeiro: Interciência, , 2009, p. 215 – 259.
- BORGES, G.C.P. **Comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Massagana (Pernambuco – Brasil)**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

BOURRELLY, P. **Les Algues d'eau Douce. Iniation à la systématique. Tome I: Les Algues vertes**, Paris: Éditions N. Boubée & Cie, 1972, 509 p.

CALAZANS, D; MUELBERT, J.H; MUXAGATA, E. Organismos Planctônicos. In: CALAZANS, D. (Org.). **Estudos Oceanográficos: do instrumental ao prático**. Pelotas: Ed. Textos, 2011. 462 p.

CARDOSO, F.F. **Dinâmica da comunidade microfitoplânctônica relacionada com os parâmetros físico-químicos do estuário do rio Guajará-Mirim (Vigia-PA)**. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

COSTA, B.O. **Variação nictemeral do microfitoplâncton em um estuário do nordeste paraense, Brasil**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

COSTA, S.D. **Variação espaço-temporal do microfitoplâncton na região da foz do rio Guamá (estuário amazônico), Belém – PA**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

DESIKACHARY, T. S. **Cyanophyta**, India: Concil of Agricultura Researcer, 1959. 686 p.

DHN. Departamento de hidrografia e navegação. Tábuas de maré (Pará). In: DHN (ed.). **Costa do brasil, e alguns portos estrangeiros**. Rio de janeiro, DHN, p. 1-6, 1994.

DHN. Diretoria de hidrografia e navegação. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/~dhn/tabuas>. Acesso em: 15 jan. 2015.

DIAZ, R.P.O. As populações pesqueiras e a maricultura: um olhar sobre os processos de diminuição dos recursos pesqueiros no litoral paraense – Resex Mãe Grande de Curuçá. 2011. 100 f. Dissertação - (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesca) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

DÍAZ-RAMOS, J.R; SUBERO-PINO, S; TROCCOLI-GHINAGLIA, L.E; CHARZEDDINE-CHARZEDDINE, L; FERMÍN, I; MARTÍNEZ, G; MÁRQUEZ, B. Estructura de la comunidad fitoplanctónica del sistema fluvial-estuarino de Caño Mánamo, Estado Amacuro, Venezuela. **Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela**, v. 52, n. 1, p. 55-62, 2013.

DUFRENE, M; LEGENDRE, P. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. **Ecological Monographs**, 67, 345-366, 1997.

EL-ROBRINI, M; ALVES, M.A.M.S; SOUZA FILHO, P.W.M; EL-ROBRINI, M.H.S; SILVA JÚNIOR, O.G; FRANÇA, C.F. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do estado do Pará – região amazônica: áreas oceânica e estuarina. In: MUEHE, D. (ed.). **Atlas de erosão e progradação da zona costeira brasileira**, São Paulo, 2006, p. 1-34.

ESKINAZI-LEÇA, E; KOENING, M.L; SILVA-CUNHA, M.G.G. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: ESKINAZI-LEÇA, E; NEWMANN-LEITÃO, S; COSTA, M.F (Org.). **Oceanografia um cenário tropical**. Recife, Edições Bagaço, 2004, p. 353-373.

ESKINAZI-LEÇA, E; PASSAVANTE, J.Z.O. Composição do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu (Pernambuco). **Boletim do Instituto Oceanográfico São Paulo**, v. 29, n. 2, p. 163 - 167, 1980.

FAIRBRIDGE, R.W. The estuary: its definition and geodynamic cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I. (Org.) **Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries**. New York: John Wiley and Sons, 1980, p. 1-35.

FERREIRA, C.P; BELÚCIO, L.F; SOUZA, R.A.L. Manguezais: Frágeis e ameaçados. In: SOUZA, R.A.L (Org.). **Ecosistemas Aquáticos, Bases para o conhecimento**. Belém: EdUfra, 2013, p. 85 – 108.

FIGUEIREDO, E.M. Uma estrada na reserva: impactos sócio-ambientais da PA 136 em Mãe Grande, Curuçá (PA). 2006. Dissertação - (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

FONSECA, R. S; DELL'AGNOLO, E. C; TAMANAHA, M. S. Diversidade fitoplanctônica na área estuarina e marinha próxima ao rio Itajaí-açú, Itajaí, Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 6, 2014, Itajaí, **Anais...** Itajaí: AOCEANO, 2014, p. 1043-1044.

GARRISON, T. **Fundamentos de Oceanografia**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 440 p.

GOMES, M.B. Determinação de Componentes Principais. **Ciência & Cultura**, v. 37, 1985, p. 10-12.

GREGO, C.K.S; FEITOSA, F.A.N; SILVA, M.H; SILVA-CUNHA, M.G.G; NASCIMENTO-FILHO, G.A. Fitoplâncton do ecossistema estuarino do rio Ariquindá (Tamandaré, Pernambuco, Brasil): variáveis ambientais, biomassa e produtividade primária. **Atlântica**, Rio Grande, v. 31, n. 2, p. 183-198, 2009.

HAMMER, Ø; HARPER, D.A.T; RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, 9pp. 2001.

HARRISON, P.J; KHAN, N; YIN, K; SALEEM, M; BANO, N; NISA, M; AHMED, S.I; RIZVI, N; AZAM, F. Nutrient and phytoplankton dynamics in two mangrove tidal creeks of the Indus River delta, Pakistan. **Marine Ecology Progress Series**, v. 157, n. 16, p. 13-19, 1997.

HASLE, G.R; SYVERSTEN, E.E. Marine Diatoms. In: TOMAS, C.R. (Org.). **Identifying Marine Phytoplankton**. Florida: Academic Press, 1997, p. 5-385.

JACKSON, D.A. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. **Ecology**, v. 74, 2204-2214, 1993.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica, México, 1948, 479 p.

KRISTENSEN, E. Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes. **Journal of Sea Research**, v. 59, n. 1-2, p. 30 – 43, 2008.

KVALHEIM, O.M. Interpretation to latent-variable for projection methods and their use and aims in the interpretation of multicomponent spectroscopic and chromatographic data. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 4, 1998, 11-15.

LACERDA, S.R. **Série temporal do fitoplâncton no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil)**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

LEÃO, B.M; PASSAVANTE, J.Z.O; SILVA-CUNHA, M.G.G; SANTIAGO, M.F. Ecologia do microfítolâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 3, p. 711-722, 2008.

LEGENDRE, P.; CÁCERES, M. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. **Ecology Letters**, v. 16, 951–963, 2013.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E.D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, v. 129, 271–280, 2001.

LIMA, J.C. **Dinâmica do fitoplâncton e microfítobentos da Baía do Sueste, arquipélago Fernando de Noronha, Pernambuco, Brasil**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

LOBO, E.A; CALLEGARO, V.L.M; BENDER, E.P. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. **EDUNISC**, Santa Cruz do Sul, 127p. 2002.

LOURENÇO, S.O; MARQUES JÚNIOR, A.N. Produção Primária Marinha. In: PEREIRA R.C; SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. 2. ed, Rio de Janeiro: Interciência, 2009, p. 195 – 227.

MÁCOLA, G; EL-ROBRINI, M. **Ilha dos Guarás (Mariteua). Município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos**. Belém. DNPM/CPRM, 2004, 35p.

MASUDA, L.S.M; MOSER, G.A.O; BARRERA-ALBA, J. J. Variação temporal do fitoplâncton no canal estuarino de Santos (SP). **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, v. 15, n. 1, 79-93, 2011.

MATEUCCI, S.D; COLMA, A. La Metodología para el Estudio de la Vegetación. **Coleccion de monografías científicas**. Série biología. [s.1], n.22, 1982. 168 p.

MATOS, B; SODRÉ, D.K.L; COSTA, K.G; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an amazonian estuary. **Journal of Coastal Research**, Poland, v. 64, p. 1525 – 1529, 2011.

MAY, R.M. Patterns of Species Abundance and Diversity, p. 81-120. In: M.L CODY & J.M. DIAMOND (Org.). **Ecology and Evolution of Communities**. Cambridge, Belknap Press, 1975. 543p.

MCCUNE, B; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Vers. 6. MjM Software**, Glenden Beach, Oregon, U.S.A, 2011.

MELLO, C.P; CARVALHO, E.A; SILVA, N.S. M; MENEZES, M.P.M; ALMEIDA, L.F. As angiospermas de alguns manguezais paraenses. **Proceedings of the iii workshop ecolab**. Belém, p. 108-110. 1995.

MELO, A.A.S. **Nutrientes dissolvidos e biomassa primária nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho – PE**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

MELO-MAGALHÃES, E.M; KOENING, M.L; SANT’ANNA, C.L. Fitoplâncton e variáveis ambientais nos canais do sistema estuarino lagunar Madaú/Manguaba, Alagoas, Brasil. **Hoehnea**, v. 31, n. 1, p. 73-86, 2004.

MENEZES, M.P.M. Caracterização estrutural dos bosques de mangue do rio Curuperé, no município de Curuçá (PA). 1994. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso - (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará. Belém, 1994.

MILLIGAN, G. W; COOPER, M. Methodology review: clustering methods. **Applied Psychological Measurement**, v. 11, n. 4, 329-354, 1987.

MONTEIRO, M.D.R; MELO, N.F.A.C; ALVES, M.A.M.S; PAIVA, R.S. Composição e distribuição do microfítoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 4, n. 3, p. 341-351, 2009.

MORAES, B.C; COSTA, J.M.N; COSTA, A.C.L. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 35, 2005, p. 207– 214.

MOREIRA-FILHO, H; VALENTE-MOREIRA, I.M; CECY, I.I.T; Diatomáceas do rio Guamá (foz do rio – Belém – estado do Pará). **Leandra**, v. 3/4, n. 4-5, p. 123-135, 1974.

MOURA, G.F; SASSI, R; MEIO, G.N; PASSAVANTE, J.Z.O. Dinâmica diurna e sazonal do fitoplâncton do estuário do rio Paraíba do Norte - Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 10, n. 1, p. 47-63, 1995.

ODDEN, W; KVALHEIM, O.M. Application of multivariate modelling to detect hydrocarbon components for optimal discrimination between two source rock types. **Applied Geochemistry**, v. 15, 2000, p. 611-627.

OLIVEIRA, A. R. G; QUEIROZ, J. B. M; MONTES, M. J. F; PEREIRA, L. C. C; COSTA, R. M. Dinâmica espaço-temporal das diatomáceas (Bacillariophyta) em um estuário amazônico (Pará-Brasil). In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 6, 2014, Itajaí, **Anais...** Itajaí: AOCEANO, 2014, p. 977-978.

OLIVIER, I; BEATTIE, A.J. Designing a cost-effective invertebrates survey: a test of methods for rapid assessment of biodiversity. **Ecological Applications**, v.6, n.2, p.594-607, 1996.

PAIVA, R.S; ESKINAZI-LEÇA, E; PASSAVANTE, J.Z.O; SILVA-CUNHA, M.G.G; MELO, N.F.A.C. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 2, n. 2, p. 133-146, 2006.

PALMA, J.J.C. Geomorfologia da margem continental norte brasileira. In: Petrobras (Coord.), **Geomorfologia da margem continental brasileira e áreas adjacentes**. Rio de Janeiro, v. 7, p. 7-24, 1979.

PARIZZI, R.A. **Produtividade primária e dinâmica do fitoplâncton em um estuário subtropical: uma abordagem em diferentes escalas temporais**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2014.

PERAGALLO, H; PERAGALLO, M. **Diatomees marines de France et des districts maritimes voisins**, Paris: M. J. Tempère, 1965. 492 p.

PEREIRA, C.T.C; GIARRIZZO, T; JESUS, A.J.S; MARTINELLI, J.M. Caracterização do efluente de cultivo de *Litopenaeus vannamei* no estuário do rio Curuçá (PA). In: BARROSO, G.F; POERSCH, L.H.S; CAVALLI, R.O (Org.) **Sistemas de cultivos aquícolas na zona costeira do brasil: recursos, tecnologias, aspectos ambientais e socioeconômicos**. Rio de Janeiro: Editora do Museu Nacional, p. 291-301, 2007.

PIELOU, E. C. **An Introduction to Mathematical Ecology**. New York: John Wiley and Sons, 1969.

POOS, M.S.; JACKSON, D.A. Addressing the removal of rare species in multivariate bioassessments: The impact of methodological choices. **Ecological Indicators**, v. 18, 82-90, 2012.

PROCOPIAK, L.K; FERNANDES, L.F; MOREIRA FILHO, H. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. **Biota Neotropica**, v. 6, p. 1-28, 2006.

RAJKUMAR, M; PERUMAL, P; ASHOK PRABU, V; VENGADESH PERUMAL; N; THILLAI RAJASEKAR, K. Phytoplankton diversity in Pichavaram mangrove waters from south-east coast of India. **Journal of Environmental Biology**, v. 30, n. 4, p. 489-498, 2009.

RANIERI, L.A; EL-ROBRINI, M. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. **Pesquisas em Geociências**, v. 39, n. 3, 231-246, 2012.

REIS, A. R; MELO, N. F. A. C; PALHETA, G. D. A; ALVES, M. A. M. S; ROCHA, L. F; RIBEIRO, D. C. S; ARAÚJO, R. F; SILVA, L. R. B; GONÇALVES, J. A; SILVA, F. B. A; CARVALHO, T. C. C; LOURENÇO, C. B. Análise da comunidade microfitoplanctônica dos estuários São Paulo e Urindeua, Vila do Mota, Maracanã-PA. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 6, 2014, Itajaí, **Anais... Itajaí: AOCEANO**, 2014, p. 1013-1014.

REIS, A. R; MELO, N. F. A. C; PALHETA, G. D. A; ALVES, M. A. M. S; ARAÚJO, R. F; LOURENÇO, C. B; RIBEIRO, D. C. S; SILVA, L. R. B; ROCHA, L. F; CARVALHO, T. C. C; GONÇALVES, J. A. Variação da densidade fitoplanctônica dos estuários São Paulo e

Urindeua, Vila do Mota, Maracanã-PA. In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 6, 2014, Itajaí, **Anais...** Itajaí: AOCEANO, 2014, p. 1015-1016.

REIS, F.N; MOREIRA JÚNIOR, R.H.M; FARIAS, A.M; BELÚCIO, L.F. Composição do microfitoplâncton da praia do Marahu (Belém, Pará, Brasil) em dois períodos de maré (2010). In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 5, 2012b, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AOCEANO, 2012a. CD-ROM.

REIS, F.N; MOREIRA JÚNIOR, R.H.M; REIS, L.T.L; SENNA, L.C.C; FARIAS, A.M; BELÚCIO, L.F. Variação nictemeral do fitoplâncton da Praia Nova (Ilha de Colares, Pará, Brasil). In: Congresso Brasileiro de Oceanografia, 5, 2012a, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AOCEANO, 2012b. CD-ROM.

REZENDE, K.R.V; HATHERLY, M.M.F; PIMENTA, C.M.M; EDUARDO, J; VIANNA, S.C; MANGIAVACCHI, N. Phytoplankton community structure in one sector of Guanabara Bay (RJ, Brazil), during 2011 and 2012. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, p. 239 – 254, 2015.

REZENDE, C.E; LACERDA, L.D; BERNINI, E; SILVA, C.A.R; OVALLE, A.R.C; ARAGON, G.T. Ecologia e Biogeoquímica de Manguezal. In: PEREIRA, C.P; SOARES GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. 2. ed, Rio de Janeiro: Interciência, 2009, p. 361 – 382.

ROUND, F.E; CRAWFORD, R.M; MANN, D.G. The Diatoms, Biology e Morphology of the Genera, Cambridge: Cambridge University, 1990. 747 p.

SANTANA, D.S; PAIVA, R.S; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Microphytoplankton of the Marapanim estuary (Pará, northern Brazil). **Tropical Oceanography**, Recife, v. 38, n. 2, p. 153-164, 2010.

SANTIAGO, M.F. **Ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (rio Pissal, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil)**. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SANTOS, T.G; BEZERRA-JUNIOR, J.L; COSTA, K.M.P; FEITOSA, F.A.N. Dinâmica da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife, PE). **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, 2009.

SANTOS, V.F. **Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodal e Marudá**. 1995. 138 f. Dissertação - (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

SARAVANAKUMAR, A; RAJKUMAR, M; THIVAKARAN, G.A; SESH SEREBIAH, J. Abundance and seasonal variations of phytoplankton in the creek waters of western mangrove of Kachchh-Gujarat. **Journal of Environmental Biology**, v. 29, n. 2, p. 271-274, 2008.

SCHILLER, J. Dinoflagellatae. In: RABENHORST'S, L. (Org.). **Kryptogamen-Flora von Deutschland, Osterreich und Der Schweiz**, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H, 1937.

SENA, B.A; COSTA, V.B; NAKAYAMA, L; ROCHA, R.M. Composition of microphytoplankton of an estuarine amazon river, Pará, Brazil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2015.

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Technology Journal**, n. 27, 379-423, 1948.

SILVA JR, O.G; EL-ROBRINI, M. The quaternary geology of the São João de Pirabas coastal plain, northeast of the Pará State. In: International Geological Congress, 31, **Resumos...** Rio de Janeiro, 2000.

SILVA, M.A.M. **Biogeoquímica dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e biomassa fitoplanctônica no estuário do rio Cachoeira, Ilhéus-BA**. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2007.

SILVA, M.H; SILVA-CUNHA, M.G.G; PASSAVANTE, J.Z.O; GREGO, C.K.S; MUNIZ, K. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 355-368, 2009.

SILVA, M.S. **Morfoestratigrafia e evolução da planície costeira de Salinópolis - NE do estado do Pará**. 1995. 122 f. Dissertação - (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

SNEATH, P.H.A; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy – The principles and practice of numerical classification**. W. H. Freeman, San Francisco, 1973.

SODRÉ, D.K.L; MATOS, J.B; COSTA, K.G; PEREIRA, L.C.C; COSTA, R.M. Tide-induced Changes in the Phytoplankton Communities of three Amazon Estuaries (Pará – Northern Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 64, 1574 – 1578, 2011.

SOUZA FILHO, P.W.M. **A planície costeira bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno**. 1994. 123 p. Dissertação - (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

SOUZA FILHO, P.W.M; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da planície costeira bragantina, nordeste do estado do Pará (Brasil). **Geonomos**, v. 4, p. 1-16, 1996.

SOUZA FILHO, P.W.M; PARADELLA, W.R. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (brazilian amazon region) from Landsat TM and Radarsat-1 data. **Wetlands ecology and management**, v. 10, n. 2, p. 123-132, 2002.

STEIDINGER, K.A; TANGEN, K. (1997) Dinoflagelates. In: TOMAS, C.R. (Org.). **Identifying Marine Phytoplankton**, Florida: Academic Press, 1997, p. 387-584.

STRICKLAND, J. D. H; PARSONS, T. R. **A practical handbook of sea water analysis**. **Bulletin 167**, Fisheries Research Board of Canadá, Ottawa, 1972, 310 p.

TAPIA, M.E. Variabilidad estacional del fitoplancton y su relación con los parámetros ambientales en el estuario interior de Esmeraldas durante los años 2004 – 2005. **Acta Oceanográfica del Pacífico**, v. 17, n. 1, 2012.

TER BRAAK, C. J. F; MILAUER, P. S. **CANOCO - Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows Software for Canonical Community Ordination, Vers 4.5**, Microcomputer Power, Ithaca, New York, 2002.

UEHLINGER, V. Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique. **Archive Science**, v. 17, n. 2, p. 121-123, 1964.

UHERKOVICH, G; SCHMIDT, G.W. Phytoplanktontaxa in dem zentralamazonischen Schwemmlandsee Lago do Castanho. **Amazoniana**, v. 2, p. 243-283, 1974.

UNESCO. **Determination of photosynthetic pigments in sea waters. Report of SCOR/UNESCO working group 17 with meet from 4 to 6 june 1964**, Paris: s.n., (Monographs on Oceanology Methodology). 1966. 69p

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton-methodic. **Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Teoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, p. 1-38, 1958.

VALENTIN, J.L. **Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Interciência, Rio de Janeiro, 2012, 153 p.

VILLAC, M.C; TENENBAUM, D.R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. **Biota Neotrop**, v. 10, p. 271-293, 2010.

WETZEL, R.G. **Limnologia**, 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993, 919p.

YÉPEZ, M; FLORES-SÁNCHEZ, A; BRITO, J.M. Fitoplancton del Sector Ancón de Iturre, Bahía El Tablazo, Sistema de Maracaibo, Estado Zulla, Venezuela. **Boletín Del Centro de Investigaciones Biológicas**, v. 43, n. 4, p. 487-500, 2009.

ZAFFALON, F.J.G. A Importância dos Estuários e Manguezais para a Produção Pesqueira na região de Paraty, Litoral Sul do estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio de Biologia Marinha, 15, 2012, Santos. **Anais...** São Paulo, 2012, 8 p.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1999.

**CAPÍTULO 2: MICROFITOPLANKTON DYNAMICS AND ENVIRONMENTAL
PARAMETERS IN ESTUARINE REGION OF AN AMAZONIAN MANGROVE
ECOSYSTEM**

Artigo formatado com base nas normas
para submissão da revista
Boletim do Instituto de Pesca
ISSN 0046-9939 (impresso) e
ISSN 1678-2305 (online)

MICROFITOPLANKTON DYNAMICS AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS IN
ESTUARINE REGION OF AN AMAZONIAN MANGROVE ECOSYSTEM

Fernanda Nogueira dos REIS¹, Lucinice Ferreira BELÚCIO², Fábio Campos PAMPLONA¹,
Luciana Thaila Lopes REIS², Giselle Damasceno da VEIGA², Nuno Filipe Correia de MELO¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, Avenida Presidente Tancredo Neves CEP: 66.077-830, Belém, Pará, Brasil. nunomelo@uol.com.br (autor para correspondência).

²Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Correa - Campus Universitário Guamá, CEP 66075-11, Brasil.

ABSTRACT

Phytoplankton community in estuaries is influenced by several factors, such as rainfall, nutrient supply, depth of photic zone and circulation of water column, as well as temperature, salinity, tidal transport and herbivory. Thus, this study aimed to evaluate microfitoplankton dynamics and environmental parameters in the estuary of the Curuperé River, located in an Amazonian mangrove ecosystem. For this, we defined ten sampling sites, where we obtained water samples for biological quantification, as well as for the determination of chlorophyll-*a*, surface water temperature, turbidity, salinity, conductivity and pH. Significant differences were observed between months and between river source and mouth for diversity, equitability and specific dominance in the microphytoplankton community. It was possible to identify species strongly indicative of the environment, through analysis of indicator species (IndVal), and their relations with their main environmental conditions (pH, salinity, conductivity and rainfall), determined by canonical redundancy analysis (RDA). Chlorophyll-*a* values remained high throughout the year, while phytoplankton community showed a large number of indicative species of the environment.

Key words: phytoplankton; estuary; Amazon; environmental parameters; mangrove.

DINÂMICA DO MICROFITOPLÂNCTON E PARÂMETROS AMBIENTAIS NA REGIÃO
ESTUARINA DE UM ECOSISTEMA DE MANGUEZAL AMAZÔNICO

RESUMO

A comunidade fitoplanctônica em estuários é influenciada por vários fatores, como precipitação, suprimento de nutrientes, profundidade da zona fótica e circulação da coluna de água, bem como temperatura, salinidade, transporte de marés e herbivoria. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica microfitoplanctônica e os parâmetros ambientais no estuário do rio Curuperé, localizado em um ecossistema de manguezal na Amazônia. Para isso, foram definidos dez locais de amostragem, onde foram obtidas amostras de água para quantificação biológica, bem como para determinação de clorofila-*a*, temperatura da água superficial, turbidez, salinidade, condutividade e pH. Foram observadas diferenças significativas entre os meses e entre a nascente e a desembocadura do rio para a diversidade, equitabilidade e dominância específica na comunidade microfitoplanctônica. Foi possível identificar espécies fortemente indicativas do ambiente, através da análise de espécies indicadoras (IndVal), e suas relações com suas principais condições ambientais (pH, salinidade, condutividade e precipitação), determinadas pela análise de redundância canônica (RDA). Os valores de clorofila-*a* permaneceram altos durante todo o ano, enquanto a comunidade fitoplanctônica apresentou um grande número de espécies indicadoras do meio ambiente.

Palavras-chave: fitoplâncton; estuário; Amazônia; parâmetros ambientais; manguezal.

INTRODUCTION

Estuaries are highly diverse coastal environments. They also have unique circulations, complex bathymetric, biogeochemical factors that vary and accord with extensive horizontal and vertical gradients, and distinct temporal dynamics in the transition from the fluvial to the marine areas. These complex processes still raise many questions regarding the regulation of biomass and phytoplankton production in estuaries (Boynton et al., 1982; Cloern, 1987).

The fate of the material introduced into the coastal zone through the tropical estuaries is controlled by processes very different from those occurring in regions of greater latitude. Warm and humid climate promotes intensive rock abrasion and increased nutrient supply, which in turn can lead to high phytoplankton production, inhibited only by a possible increase in turbidity due to the discharge of fluvial sediments (Nittrouer et al., 1995).

Estuaries located in the north of Brazil are home to the world's largest mangrove coast, with a length of 1200 km (Souza-Filho, 2005; Dominguez, 2009). The macrotidal mangroves of the northeast coast of Pará state and northwest of Maranhão state, known as the Macrotidal Amazonian Mangrove Coast (MAMC), extend from Marajó Bay (Pará) to Ponta de Tubarão, São José Bay (Maranhão), totaling about 650 km of straight line coastline. These mangroves extend over approximately 7,600 km² and are characterized by irregular geomorphology, with 23 estuaries and 30 catchment areas, draining 330,000 km² (Souza-Filho, 2005).

Mangrove estuaries are subject to physical, chemical and biological dynamical processes that influence water quality. This ecosystem also contributes to an additional organic matter load, whose decomposition has some effect on the eutrophication of the adjacent aquatic environment (Souza et al., 2009).

In this context, MAMC estuaries are considered extremely complex environments, which are fundamentally important for the economic development of the region, especially fisheries and aquaculture (Sousa et al., 2013).

The MAMC has been the stage for studies of the phytoplankton communities carried out by Sousa et al. (2008), Sousa et al. (2009), Matos et al. (2011), Sodr e et al. (2011), Matos et al. (2012), Matos et al. (2013) and Matos et al. (2016). Therefore, based on the previously mentioned assumptions, the purpose of this study is to explain the dynamics of these organisms in the estuary of Curuper e River, which is located in the great estuarine system of Curu a River, also located in MAMC. This study contributes to expansion and strengthening of the knowledge of these factors, and could serve as basis for new studies in adjacent areas

with similar characteristics, influencing measures of conservation of these important coastal ecosystems.

MATERIALS AND METHODS

Study area

Curuperé River (Figure 1) flows into Curuçá River estuary, Curuçá City. It is located in the northeastern coast of Pará state, inserted in the Mangrove Coast of Amazonian Macrotide (MAMC). This estuary has approximately 3 km of extension, average depth of 3 meters along its length, and it becomes increasingly shallow towards the source, including the formation of sand banks, making it difficult to navigate.

The local climate presents high amounts of rainfall, with an annual average of 2500 mm year⁻¹ and low temperature variation; average of 27 °C, with a minimum of 18 °C and maximum values occurring from August to October, possibly reaching 42 °C (El-Robrini et al., 2006). The rainy period usually extends from December to May, and the dry season extends from approximately from June to November (Moraes et al., 2005).

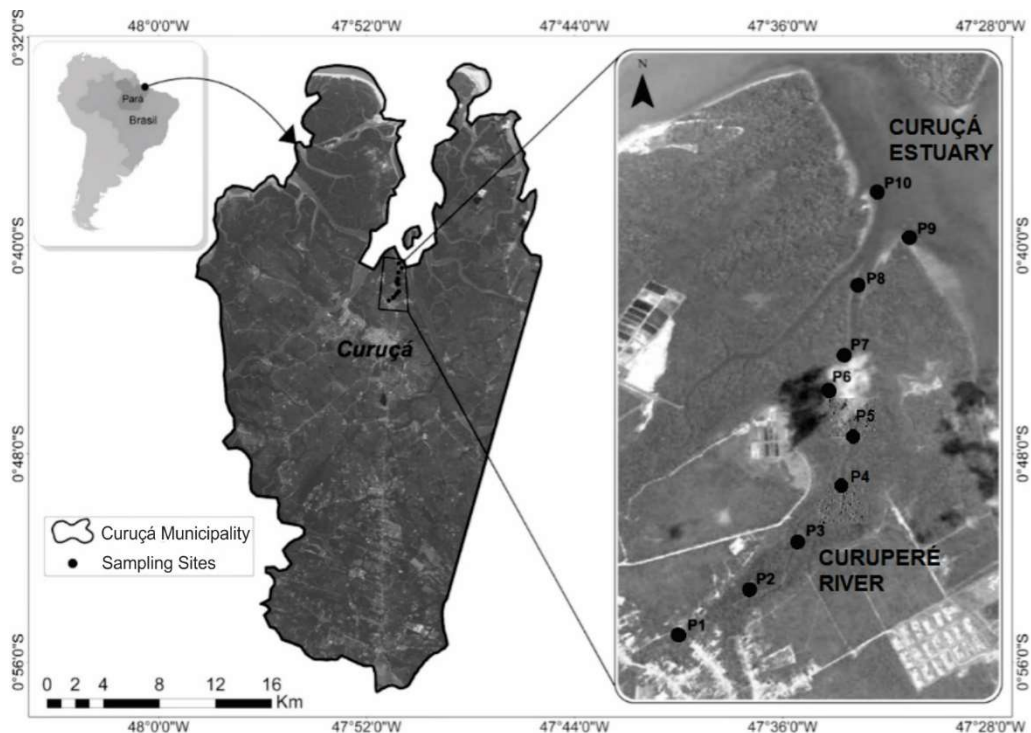


Figure 1. Map of the study area in Curuçá City (PA), with the location of sampling sites.

Sample design

Sampling sites were established along Curuperé River, with a spacing of approximately 300 m, organized in ascending order from the river source towards the mouth, totaling 10 sample points.

Sampling was made in four seasons, in months of February, May, August and November/2015, the first two months corresponding to rainy season and the last two to dry season (Moraes et al., 2005). The sampling design was standardized according to region tide chart (DHN, 2015), always occurring in daytime syzygy flood tide.

For the quantitative analysis of the phytoplankton, samples of water subsurface were immediately conditioned in 180 mL plastic containers (properly labeled) and fixed in 4% formaldehyde solution.

The pH and temperature were measured with a Schott pHmeter and a mercury thermometer, respectively. Conductivity and salinity were measured using Hanna HI9835 probe, and turbidity analysis, with Hexis model DR890 colorimeter.

To obtain phytoplankton biomass, water samples were used to determine chlorophyll-*a* quantities (Strickland and Parsons, 1972). The samples were stored in 500 mL plastic containers, protected from light, and cooled for laboratory analysis.

Sub-samples were extracted from samples for analysis, where the biological material was counted in a sedimentation chamber according to Utermöhl (1958), with aid of an inverted Coleman microscope model NIB-100. Unicellular organisms, cenobios, trichomes and colonial forms were considered as a single individual. Results were expressed in individuals per liter (ind.L⁻¹).

Shannon's diversity index (Shannon, 1948), Pielou's equitability (Pielou, 1969) and Berger-Parker's index of dominance (Berger and Parker, 1970) were determined based on density data.

Rainfall data from Curuçá City for the last 30 years were obtained from the National Water Agency (ANA, 2016).

Data analysis

Normality of environmental parameter data, microphytoplankton density, Shannon diversity index, Pielou equitability and Berger-Parker index of dominance was tested using Shapiro Wilks W test (Zar, 1999). For normal data, we used Student's T-test, and for non-normal data we used Mann-Whitney U-test to evaluate their significance between rainy and dry periods. In order to evaluate the significance of parameters between the sampled months, ANOVA F-test and its posteriori test, Tukey test (test pairs averages) were used for normal data. For non-normal data, we used non-parametric Kruskal-Wallis H-test, with a posteriori Mann-Whitney U-test (pairwise samples), with Bonferroni correction. In both comparisons (seasonal and monthly) were considered significance level lower than 5% ($p < 0.05$). The

Spearman nonparametric correlation (r_s) was applied to environmental parameters to identify similar patterns during dry and rainy periods.

Two different randomization procedures were used to evaluate significant differences of diversity, equitability and dominance between source and mouth in the 4 months of sampling, the first being a bootstrap procedure and the second a permutation procedure. All analyzes were performed using the PAST software (Hammer et al., 2001).

Cluster Analysis was performed in the PCORD 5 software (McCune and Mefford, 2011), from which the relation between samples (Mode Q) and phytoplankton species associations (Mode R) was evaluated. Phytoplankton density data were used, being submitted to the criterion of elimination of species with occurrence frequency greater than 95% and less than 5% (Azeria et al., 2009; Poos and Jackson, 2012). A PERMANOVA bifactorial (Anderson, 2001), performed in PAST software (Hammer et al., 2001), was used to test spatial variability factors (river portions, divided in source samples, intermediate samples and mouth samples) and seasonal (dry and rainy periods) in the grouping of species. The significance of this test was calculated by exchanging the samples between groups, with 9,999 replicates.

The groups of samples formed in Cluster analysis were used to determine species indicative of the studied environment (IndVal - Indicative Value of the species) (Dufrêne and Legendre, 1997). Statistical significance of IndVal was tested by the Monte Carlo technique through 9,999 permutations (Valentin, 2012). PCORD 5 software was used to perform IndVal analysis (McCune and Mefford, 2011). Characteristic ecological habit for each of significant indicator species was classified according to Round et al. (1990), Moro and Fürstenberger (1997) and Eskinazi-Leça et al. (2010) for diatoms, Steidinger and Tangen (1997) and Odebrecht (2010) for dinoflagellates and Desikachary (1959) for cyanobacteria, among other specialized literature. Taxonomic standardization for all groups followed the Algaebase criteria (Guiry and Guiry, 2017).

Finally, in order to correlate environmental variables to phytoplankton community, a Canonical Redundancy Analysis (RDA) were performed with aid of software CANOCO 4.5 (Ter Braak and Milauer, 2002), using the Monte Carlo test to evaluate significance of environmental variables in order to explain the biological variables. For a better graphic visualization, only species with explanatory quantities greater than 20% were selected.

RESULTS

Rainfall regime

In Figure 2 were observed the graph showing the variation of historical monthly average rainfall in Curuçá City, followed by monthly average rainfall of 2015. In the months of January

and February, 2015, the amount of rainfall was below the standard deviation found in the historical average for that month, while the months of March and July showed amounts of rain above the deviation. However, rainfall in the months of sampling (May, August and November) remained within the data natural variability.

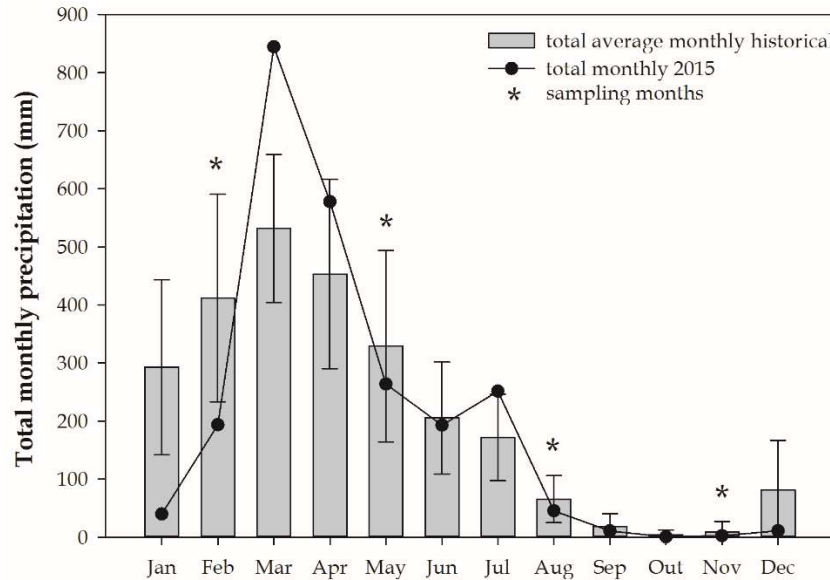


Figure 2. Total monthly precipitation observed during 2015 and the historical average monthly rainfall (1988 - 2018) with its standard deviations, data acquired by National Water Agency (ANA). * Months studied.

Seasonal and monthly variation of environmental parameters

Significant differences were observed only between parameters of pH, salinity, conductivity ($p < 0.001$) and temperature ($p < 0.05$) evaluated during rainy and dry periods. These variables had significantly higher values during dry period. Finally, there was also a significant difference between rainfall values between the two periods ($p < 0.001$), presenting an inverse pattern.

Correlation data for the rainy season showed that a strong positive correlation between salinity and conductivity ($r_s = 0.99$, $p < 0.001$) and temperature with salinity and conductivity ($r_s \approx 0.55$, $p < 0.05$). These three parameters were less strongly correlated. Negative correlations occurred between rainfall with salinity and conductivity ($r_s \approx -0.71$, $p < 0.001$) and temperature ($r_s = -0.61$, $p < 0.01$).

For dry period, there was also a positive correlation between salinity and conductivity ($r_s = 0.98$, $p < 0.001$), while turbidity correlated positively with rainfall ($r_s = 0.66$, $p < 0.01$). Negative correlations were between rainfall with salinity and conductivity ($r_s \approx -0.69$, $p < 0.001$).

Among the sampled months, were observed significant difference only for the pH (Figure 3C), tested by ANOVA ($p < 0.001$), salinity (Figure 3B) e conductivity (Figure 3D) ($p < 0.001$),

temperature (Figure 3A) ($p < 0.01$), rainfall ($p < 0.001$), and chlorophyll-*a* (Figure 3E) ($p < 0.05$), as assessed by Kruskal-Wallis. The pH values showed significant differences between all months, but it was possible to notice that pH values of August and November (dry) were significantly higher than the rainy season months. Salinity and conductivity showed a pattern similar to pH; however, the two variables decreased significantly from February to May and increased from May onwards. Temperature also presented a similar pattern to the previously mentioned variables, however, only May was significantly different from the other months. Regarding chlorophyll-*a*, were observed significant difference only between February and August. Finally, rainfall presented an inverse pattern to the other variables, with the highest values occurring in February and May, and only between these two months there were no significant differences.

Specific composition, density and structure of microphytoplankton community

This study identified 212 taxa, belonging to Bacillariophyta (149 taxa), Euglenophyta (5 taxa), Charophyta (4 taxa) and Chlorophyta (4 taxa) phyla were identified, and Myzozoa (29 taxa) and Cyanobacteria (21 taxa) phyla. In general, Bacillariophyta presented the highest specific composition throughout the sampled period, tending to increase in dry season, followed by Myzozoa, whose specific composition decreased during dry period.

Furthermore, 164 phytoplankton species were counted, ranging in density from 7,700 ind.L⁻¹ found in point 1 in May, to 343,800 ind.L⁻¹ in point 4, in August. This last month was the one that presented the highest densities and greater variations between the sampling points. In general, density of phytoplankton in ind.L⁻¹ tends to increase from source to intermediate portion of the river and decrease towards the mouth.

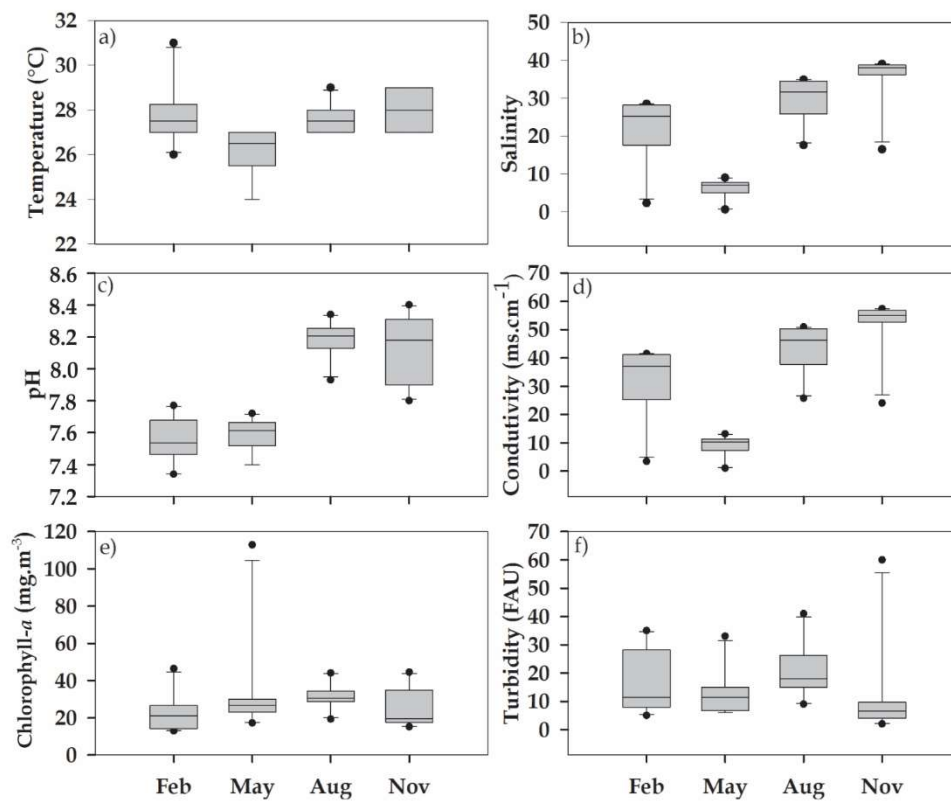


Figure 3. Monthly variation of the parameters evaluated. (a) temperature; (b) salinity; (c) pH; (d) conductivity; (e) chlorophyll-a; (f) turbidity.

Seasonal periods revealed no difference in abundance values between rainy and dry periods ($p > 0.05$), but there were differences in abundance between February and May and between May and August ($p < 0.05$).

In February, *Cymatosira belgica* was the most abundant species in 9 sampling sites, while *Dimeregramma minor* was the second most abundant species in 8 sites, being these two species the most responsible for the peak of density in point 6 (38,600 and 25,800 ind.L⁻¹, respectively). These species presented very similar patterns of spatial distribution along the river. The diatom *Cylindrotheca closterium* was the most abundant species at point 1 (7,600 ind.L⁻¹) and the second most abundant at point 2 (5,400 ind.L⁻¹), both points located closer to river source. This species density decreased along Curuperé River in February.

In May, *Coscinodiscus concinnus* was the most abundant at points 4, 5, 8 and 10 ($9,650 \pm 3,767.84$ ind.L⁻¹), while *Dimeregramma minor* was more abundant at points 1, 7 and 9 ($9,933.33 \pm 8,295.38$ ind.L⁻¹). The diatom *Navicula gregaria* was responsible for higher values of phytoplankton density at points 2 and 3 ($6,050 \pm 3,889.08$ ind.L⁻¹) and, *Cymatosira belgica* had higher density of individuals at point 6 (11,000 ind.L⁻¹). The peak density of phytoplankton at

point 7 was mainly caused by *Dimeregramma minor* (17,000 ind.L⁻¹), *Coscinodiscus concinnus* (15,800 ind.L⁻¹) and *Cymatosira belgica* (13,800 ind.L⁻¹) densities.

In August, *Cymatosira belgica* and *Dimeregramma minor* were respectively the first and second most abundant species at all points sampled, being the most responsible for the peak density of individuals at point 4 (180,600 ind.L⁻¹ and 120,400 ind.L⁻¹, respectively) and 7 (140,200 and 37,000 ind.L⁻¹, respectively). Thirdly, the diatom *Odontella longicruris* also obtained a high density of individuals from point 3 onwards (10,475 ± 4,108.44 ind.L⁻¹), except for point 8, where the third most abundant species was *Thalassionema nitzschioides* (8,000 ind.L⁻¹). This month showed higher phytoplankton density when compared to other months.

Moreover, in November, *Cymatosira belgica* was the most abundant in almost all the sampling sites, except for point 7, in which the most abundant species was the cyanobacteria *Phormidium* cf. *nigroviride* (48,000 ind.L⁻¹). In point 3, the diatoms *Skeletonema* sp. and *Thalassionema nitzschioides* were the most abundant along with *Cymatosira belgica* (1,600 ind.L⁻¹ each).

Shannon diversity index varied from 1.26 in August to 3.61 nats.ind.⁻¹ in February with monthly averages being 2.82 ± 0.67 nats.ind.⁻¹ in February; 2.44 ± 0.38 nats.ind.⁻¹ in May; 1.84 ± 0.63 nats.ind.⁻¹ in August; and 2.70 ± 0.56 nats.ind.⁻¹ in November (Figure 4). There was no significant difference between rainy and dry periods for diversity indexes ($p < 0.05$), but there were differences between months of February and August and August and November ($p < 0.01$). August was significantly lower than February and November. We observed a significant difference between the specific diversity of source and mouth of Curuperé River in all months ($p < 0.001$).

Pielou equitability varied from 0.36 in August to 0.92 in May and November, and varied, on average, 0.73 ± 0.14 in February; 0.71 ± 0.09 in May; 0.48 ± 0.13 in August; and 0.74 ± 0.14 in November (Figure 4). A difference was showed between the equitability of the species of the rainy and dry periods, and that of the dry period was significantly lower than that of the rainy season ($p < 0.05$). There was also difference between monthly equitability values, and it was possible to observe that the August equitability was significantly lower than that February ($p < 0.001$), May ($p < 0.01$) and November ($p < 0.001$). Equitability also diverged significantly between river source and mouth in the 4 months of sampling ($p < 0.001$).

Finally, Berger-Parker index of dominance ranged from 0.10 in May to 0.71 in August, and its averages were 0.27 ± 0.15 in February; 0.26 ± 0.07 in May; 0.53 ± 0.15 in August; and 0.25 ± 0.12 in November (Figure 4). Between rainy and dry periods, were detected difference between their respective average values of Berger-Parker index, evidencing that in dry period the

dominance index was higher than in rainy season ($p < 0.05$). There was also a difference between the values of monthly dominance index, with significant differences between August and other months ($p < 0.001$), showing that species dominance in August was higher. There were also significant differences between indexes of dominance of source and mouth in the 4 campaigns carried out in 2015 ($p < 0.001$).

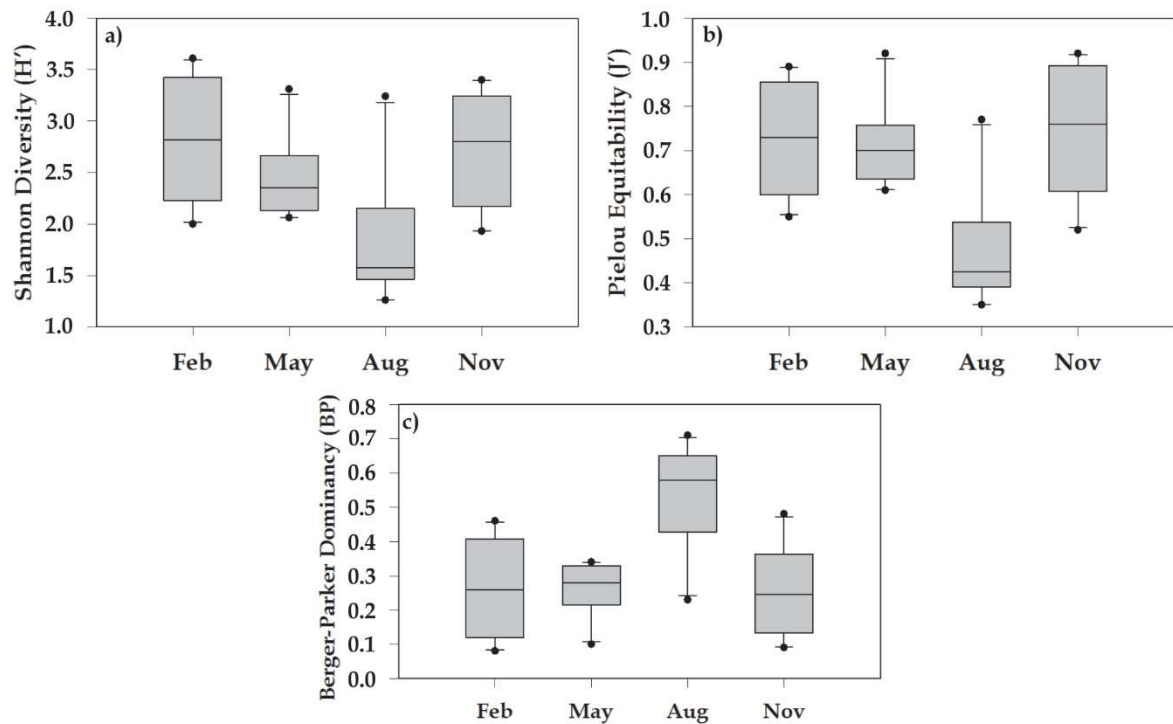


Figure 4. Monthly means of (a) Shannon diversity index, (b) Pielou equitability and (c) Berger-Parker index of dominance in four campaigns realized in the year of 2015.

Among species found in the counts, those with a frequency greater than or equal to 95% were diatoms *Cymatosira belgica* Grunow, *Dimeregramma minor* (Gregory) Ralfs, *Coscinodiscus concinnus* W. Smith, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky and *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Tempère & Peragallo.

The R mode cluster analysis showed the formation of five species associations. In addition, these associations were related to both temporal (groups defined for each sampling month) and spatial patterns (groups that took into account areas near source, intermediate areas and river mouth) and therefore, in Q mode, its formed also five samples groups (Figure 5).

Association 1 was composed by neritic and oceanic species, with presence of centric (*Odontella aurita*, *O. longicruris*, *Trieres mobiliensis*, *T. sinensis* *Lauderia annulate*, *Zygoceros ehrenbergii*, and pennate diatoms (*Campylosira cymbelliformis* and *Pleurosigma elongatum*) and simple filamentous cyanobacteria (*Phormidium nigroviride*).

Association 2, in turn, indicates presence of predominantly estuarine species, some with an optimal development in freshwater (*Cyclotella meneghiniana* and *Fragilaria capucina*) and, to a lesser extent, neritic species. It is composed mostly of diatoms, with a greater number of centric diatoms (*Coscinodiscus radiatus*, *Cyclotella striata*, *Melosira nummuloides*, *Paralia sulcata*, *Skeletonema* sp., *Thalassiosira eccentrica*, *T. gravida* and pennate (*Campyloneis grevillea*, *Diploneis bombus*, *D. littoralis* and *D. crabro*). There is the presence of a branched filamentous cyanobacteria (*Scytonema* sp.).

Association 3 is composed of majority of estuarine, oligohaline and mesohalobic species and cosmopolitan neritic species. Most are represented by pennate diatoms (*Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia sigma*, *Navicula arenaria*, *Navicula gregaria* and *Nitzschia sigmoidea*). There are two species of cyanobacteria, one filamentous composed of heterocytes (*Yonedaella* sp.) and another simple filamentous (*Phormidium corium*).

Association 4 is composed of nerito-oceanic species, represented in their totality by diatoms, centric (*Chaetoceros compressus*, *Ditylum brightwellii*, *Rhizosolenia setigera* and *Skeletonema costatum*) and pennate (*Bacillaria paxillifera*, *Navicula* sp., *Thalassiotrix longissima* and *Pseudo-nitzschia delicatissima*).

Finally, association 5 has predominantly estuarine-neritic habitats, composed mostly of diatoms (*Aulacoseira granulate*, *Fragilaria acus*, *Polymyxus coronalis* and *Pseudo-nitzschia seriata*), but with the presence of two dinoflagellates species (*Peridinium* sp. and *Tripos fusus*).

The nodal analysis (Figure 5) revealed that the highest phytoplankton densities occurred in species associations 3, 5 and 2. In addition, these associations were related, respectively, to groups of samples G1, G2 and G3. It is also possible to identify that certain species associations are absent or with very low densities in certain groups of samples.

According to PERMANOVA results, the variation of species selected for this grouping was significant both in relation to seasonal pattern ($F = 4.91$) and spatial pattern ($F = 2.72$) ($p = 0.0001$ for both the patterns), but there was no significant difference in interaction between them ($F = -0.78$, $p = 0.0584$).

Indicator species based on groups of samples formed can be identified in Table 1. Of the species analyzed in IndVal, 54 were significant as environmental indicator species.

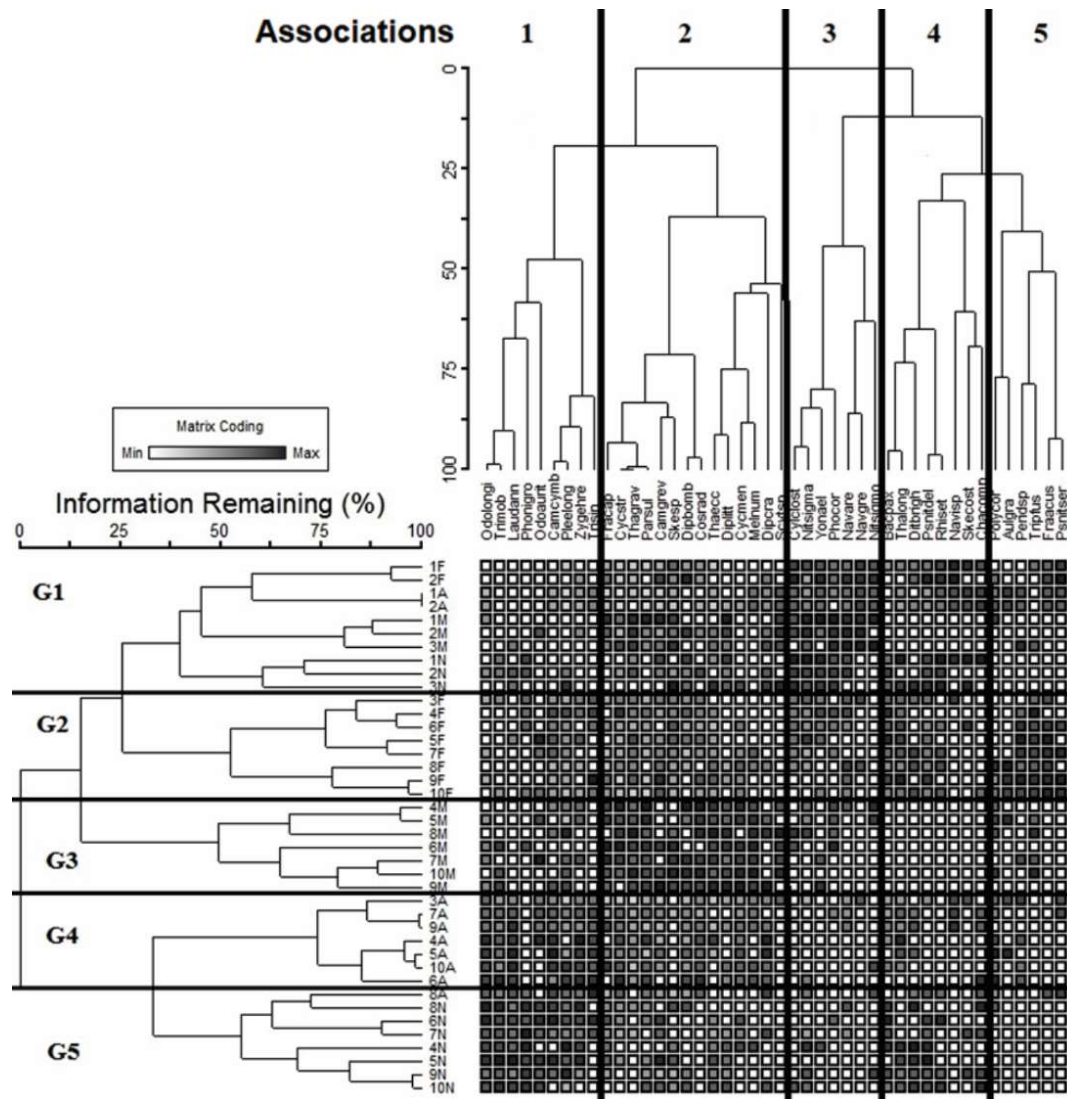


Figure 5. Nodal analysis of the abundance data of 44 phytoplankton species at 10 points and 4 sampling months in course of Curuperé River. Cladograms generated by WARD grouping method based on Hellinger distance. Legends 1 through 5 represent species associations. Legends from G1 to G5 represent groups of samples formed. F = February; M = May; A = August; N = November.

Table 1. Significant indicator species. mar = marine; ner = neritic; oce = oceanic; eur = eurihaline; mhb = mesohalóbia; olg = oligohaline; s = brackish water, but at unspecified salt concentrations; I = indifferent, tolerates small amounts of salt; plc = planktonic; tcp = ticoplanktonic; per = periphytic; eps = epipsamic; epf = epiphytic.

Species	Samples Groups	Indval (%)	Mean	Deviation	p-value	Habitat
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1	77.9	25.3	8.96	0.0001	ner; mhb; plc
<i>Yonedaella</i> sp.	1	69.6	22.3	7.59	0.0001	s; mar; per; epf, tcp
<i>Navicula gregaria</i>	1	66.7	21.5	9.8	0.0009	olg, s; per; epl
<i>Nitzschia recta</i>	1	54.7	15.5	7.56	0.001	s; per; tcp
<i>Navicula arenaria</i>	1	54.2	26.2	8.27	0.004	mar; ner; tcp
<i>Nitzschia sigma</i>	1	54	25.9	6.58	0.0012	s; mhb; plh; per; tcp
<i>Nitzschia sigmoidea</i>	1	50.4	26.5	11	0.0296	olg; per; tcp
<i>Entomoneis alata</i>	1	46.6	17.6	8.01	0.0063	s; per; tcp

<i>Surirella splendida</i>	1	45.6	16.6	7.84	0.0066	s; per; plc; tcp
<i>Phormidium</i> cf. <i>corium</i>	1	44.1	20.7	6.1	0.0029	s; per; tcp
<i>Guinardia striata</i>	1	40	12.6	7.09	0.005	mar; eur; ner; oce; plc
<i>Rhizosolenia setigera</i>	1	39.9	19.5	6.65	0.0134	mar; ner; oce; plc
<i>Nitzschia subtilis</i>	1	39.6	17.3	7.37	0.0129	s; per; tcp
<i>Hemiaulus sinensis</i>	1	37.3	17.5	7.07	0.0182	mar; eur; ner; plc
<i>Scytonema</i> sp.	1	36.5	18.4	7.22	0.0264	s; per; tcp
<i>Navicula</i> sp.	1	35	18.1	8.28	0.0469	s; per; tcp
<i>Skeletonema costatum</i>	1	34.2	17.2	7.75	0.0402	mar; eur; ner; plc
<i>Chaetoceros subtilis</i>	1	33.1	13.4	6.94	0.014	mar; s; ner; plc
<i>Guinardia flaccida</i>	1	32	14.4	7.21	0.0302	mar; eur; ner; plc
<i>Pleurosigma marinum</i>	1	31.3	13.6	7.19	0.0316	mar; s; ner; plc
<i>Nitzschia palea</i>	1	30	11.5	7.24	0.03	olg; per; plc
<i>Chaetoceros decipiens</i>	1	30	11.3	7.37	0.0308	mar; ner; plc
<i>Tripos fusus</i>	2	89.5	20.1	7.44	0.0001	mar; ner; s; plc
<i>Tripos furca</i>	2	77.3	17.9	7.79	0.0001	mar; ner; s; plc
<i>Fragilaria acus</i>	2	71	18.6	7.38	0.0001	l; per; epf; plc
<i>Bacillaria paxillifera</i>	2	53.2	22.8	5.65	0.0001	mar; eur; per; plc
<i>Thalassiothrix longissima</i>	2	50.5	23.7	6.25	0.0014	mar; ner; s; plc
<i>Peridinium</i> sp.	2	50.2	19.9	6.79	0.0019	s; plc
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>gravida</i>	2	43.1	25.8	4.52	0.0014	mar; ner; plc
<i>Campyloneis grevilleii</i>	2	40	28.2	6.16	0.0478	mar; eur; plc
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	2	35.3	22.4	5.8	0.0335	mar; ner; s; plc
<i>Cyclotella stylonum</i>	2	33.7	17.6	6.62	0.0269	mar; ner; tcp
<i>Coscinodiscus concinns</i>	3	70.1	32.4	6	0.0001	mar; eur; ner; oce; plc
<i>Melosira nummuloides</i>	3	59	20.6	6.62	0.0002	mar; s; per; plc
<i>Bellerophon malleus</i>	4	85.7	14.4	7.24	0.0001	mar; eur; ner; plc
<i>Lauderia annulata</i>	4	72.5	22.9	7.3	0.0001	mar; ner; plc
<i>Cymatosira belgica</i>	4	65.2	32.6	5.45	0.0001	mar; eur; eps; tcp
<i>Odontella longicruris</i>	4	64.9	26	6.52	0.0001	mar; eur; ner; plc
<i>Zygoceros ehrenbergii</i>	4	58.9	25.1	6.08	0.0001	mar; eur; ner; epf; tcp
<i>Campylosira cymbelliformis</i>	4	54.2	25.1	5.99	0.0005	mar; eur; per; plc
<i>Tryblionella coarctata</i>	4	53.3	15.4	7.04	0.0005	s; ner; per; tcp
<i>Dimeregramma minor</i>	4	52.9	35.1	4.68	0.0003	mar; eur; ner; eps; tcp
<i>Diploneis crabro</i>	4	48.6	23.4	7.16	0.0052	mar; eur; per; tcp
<i>Paralia sulcata</i>	4	43	27.2	4.98	0.0051	plh; eur; ner; per; plc
<i>Cyclotella striata</i>	4	42.0	26.7	4.39	0.0023	mar; eur; per; plc
<i>Psammodiscus nitidus</i>	4	33.2	12.4	7.02	0.0237	mar; ner; plc
<i>Actinoptychus senarius</i>	4	32.1	14.7	7.54	0.0231	mar; eur; ner; plc
<i>Tryblionella granulata</i>	4	29.8	14.1	7.05	0.0265	mar; s; per; tcp
<i>Chaetoceros costatus</i>	4	25.6	12.3	7.22	0.0448	mar; s; ner; plc
<i>Phormidium</i> cf. <i>nigroviride</i>	5	94.6	36.1	12.9	0.0002	mar; eur; per; tcp
<i>Trieres regia</i>	5	51.6	16.4	6.67	0.0004	mar; eur; ner; plc
<i>Trieres mobiliensis</i>	5	45.5	22.7	5.99	0.0033	mar; ner; eur; plc
<i>Lithodesmium</i> sp.	5	37.7	13.4	6.86	0.0114	mar; ner; plc
<i>Thalassiosira subtilis</i>	5	32.4	14.6	7.03	0.0299	mar; eur; oce; plc; tcp

The first group of samples (G1), which grouped points closest to river source in each month, presented 22 indicative species, especially the diatoms *Cylindrotheca closterium* and *Navicula gregaria*, and cyanobacteria *Yonedaella* sp., with indval higher than 60%.

Ten species were indicative in the second group of samples (G2), which grouped intermediate points and river mouth points, in February (rainy). Dinoflagellates *Tripes fusus* and *Tripes furca* and the diatom *Fragilaria acus* showed values above 70%.

For the third group of samples (G3), which grouped points considered intermediate and mouth of May (rainy season), two species were indicative, mainly the diatom *Coscinodiscus concinnus* (70.1%).

Fifteen species were indicative for the fourth group of samples (G4), which grouped intermediate points and river mouth points of August (dry), especially the diatoms *Bellerochea malleus*, *Lauderia annulata*, *Cymatosira belgica* and *Odontella longicruris*, with indval higher than 60%.

In the fifth group of samples (G5), which consisted mostly of intermediate and mouth points of November (dry), except for one point near the mouth of August, five species were indicative. Cyanobacterium *Phormidium* cf. *nigroviride* was the species with the highest indicator value, not only in group 5 (94.6%), but also in relation to all other values.

Redundancy analysis (RDA), based on indicator species, showed that the first two axes of the ordination analysis explained 24.3% of the total variance of the species. Among analyzed variables, pH, rainfall and salinity explained a significant proportion ($p < 0.05$) of the phytoplankton species variance.

The ordination diagram (Figure 6) indicated that in axis 1 (13.7%) there was a tendency to group samples closer to the source of the river in the right quadrants. The species most related to the springs in the rainy season were *Nitzschia sigma*, *Yonedaella* sp., *Cylindrotheca closterium*, *Navicula gregaria* and *Phormidium* cf. *corium*, while in the dry period were *Pseudo-nitzschia delicatissima* and *Rhizosolenia setigera*. In contrast, the species most related to the mouth were mostly grouped in the left quadrants, and during the rainy season, the species were more related to the rainfall vector, whereas in the dry period, predominant species of these portions were related more to the pH vector. It should be emphasized that the position of the vectors of the species *Cymatosira belgica* and *Dimmeregrama minor* indicate that these tend to occur more in samples located in the intermediate course and at the mouth of the river. Based on these data, it can be demonstrated that the gradient explained by axis 1 is related to the spatial pattern while that of axis 2 is related to a seasonal pattern.

= *Zygoceros ehrenbergii*; Cdt = conductivity; Pluv = Rainfall; Salt = salinity; F = February; M = May; A = August; N = November.

DISCUSSION

The results of this study showed that the environmental parameters evaluated had a considerable seasonal influence during the year 2015, evidenced by statistical tests and by nonparametric correlation of Spearman, mainly with respect to pH, salinity, conductivity and rainfall.

Among sampled months, pH, salinity and conductivity, temperature, rainfall and chlorophyll-*a*, were significantly different. pH values, in August and November (dry period), were the highest, due, mainly, to the greater entrance of sea water in the estuary. This phenomenon may also explain the higher chlorophyll-*a* significant concentration in August when compared to February, and may be associated with transport of sandy sediment to the estuary, bringing with it a larger number of individuals of epipsamic species, in particular *Cymatosira belgica*. In May, the amount of rainfall was higher when compared to the other months of sampling. Rainfall was also present at the time of sampling in the rainy season months, with May rainfall being more intense than February rainfall. On the other hand, in the month of November, values of salinity were registered above the standard of the sea water (35). This is due to the fact that Curuperé River is a shallow environment, where the residence time of the water in the channel was higher in period of lower rainfall index, in which an increase in the evaporation process is possible and, consequently, an increase of the concentration of dissolved salts per liter of river water. In this period, it is also possible to observe the presence of marine species in the local plankton community, as was emphasized in the relation between the grouping of samples and associations of species.

Taking into account the realities closest to Curuperé River, Monteiro, El-Robrini and Alves (2015) evaluated spatial and seasonal distribution of abiotic parameters in an Amazonian estuary located on Marajó Island, northern Amazonian coast. The authors detected pH and salinity increase near the river mouth, as well as determined for Curuperé River.

Diatoms were the highest percentage of taxa recorded in Curuperé River, considering each and every one of months sampled. This pattern is explained by Riley (1967) and Procopiak et al. (2006) and similarly occurred in estuarine regions of Guajará Bay and mouth of Guamá River (Paiva et al., 2006), on a stretch of Guamá River (Monteiro et al., 2009), in Caeté River (Matos et al., 2011), Paracauari, Arari and Guajará rivers (Sodré et al., 2011) and Arienga River (Sena et al., 2015).

Ecological indexes also had significant variations, both seasonal and spatial. It was observed that river source samples always had an index of diversity and equitability greater than intermediate samples and, in some cases, even larger than samples closest to mouth. Due to the natural continental contribution in this area and the relative restriction that source has in relation to the water circulation, the permanence of several species of freshwater, estuarine and neritic habits can be favored. These species take advantage of nutritional resources that probably accumulate in the place and consequently distribute more evenly in the environment. The decrease in diversity and, hence, equitability, can be commonly observed in estuaries or in eutrophic environments (Llebot et al., 2011), due to the unstable equilibrium of these systems. In general, low to medium diversity indexes (classification according to Margalef, 1978) were recorded in phytoplankton communities of Igarassu Estuary (Leão et al., 2008), Formoso estuary (Silva et al., 2009) and estuaries of Ceará, Cocó, Pacoti and Pirangi rivers (Barroso et al., 2016), all on Brazilian northeast coast, and in Arari, Paracauari and Guajará Bay estuaries (Sodré et al., 2011), located on the northern coast of Brazil.

On the other hand, dominance increased in intermediate samples, mainly in August. We observe that when one or a few species dominate the community, diversity decreases (Omori and Ikeda, 1984). The increase in dominance was mainly due to the increase in the abundance of the species *Cymatosira belgica* and *Dimeregramma minor*, ended up interfering in the establishment of other species. Dominance of *D. minor* has already been observed in surf zone of an Amazonian beach (Sousa et al., 2009).

We verified that specific diversity is directly related to the ecosystem complexity and maturity. Thus, in intermediate degrees of water mixing, as observed in source of Curuperé River, we find the maximum diversity of the species, with a reduction of the dominance of a few precursor species and tending to the uniformity in the number of taxa. However, the high degree of water mixing in the intermediate and mouth samples allowed the occurrence of one or a few species resistant to this disturbance until its dominance (Belgrano and Brown, 2002; Leão et al., 2008).

Among the most significant species represented in RDA order and with IndVal above 50%, characteristics of source, we can mention, in descending order of indicator value: *Cylindrotheca closterium*, cyanobacteria *Yonedaella* sp., *Navicula gregaria* and *Nitzschia sigma*. Koenig et al. (2002), in an evaluation of phytoplankton community in estuary of Ipojuca river, found *C. closterium* associated with brackish water.

Yonedaella is a marine genus, with a habit primarily as periphytic, but its occurrence characterized the region near the source of Curuperé River, in February, being this month with

greater salinity of the rainy season. Branco et al. (2003) identified mangrove genus of Pernambuco state, northeastern Brazil, and stated that it can be found in both brackish and marine waters.

Navicula gregaria is characteristic of oligohaline habitats with higher nutrient intakes and was recorded in continental environments, in regions with more tropical characteristics, (Day et al., 1995 and Montoya-Moreno et al., 2013). In Brazil, it was recorded in the inventories made in the marine and estuarine areas of southern Brazil (Moreira Filho et al., 1990) and in the north and northeast of Brazil (Moreira Filho et al., 1999).

Nitzschia sigma occurs in brackish waters and was identified by Silva et al. (2009) in the Formoso river estuary, northeast of Brazil, being associated with periods of higher rainfall and higher concentrations of inorganic nitrogen compounds. This species was also found in Guajará Bay and the mouth of the Guamá River, both oligohaline ecosystems and with tidal influence, being part of the Amazonian estuary (Paiva, et al., 2006).

Tripos fusus was the most significant in the intermediate and mouth group of samples of Curuperé River for February. This species has an optimum development between temperatures ranging from 14 ° C to 28 ° C and between salinities ranging from 20 to (Baek et al., 2007), and is also able to grow under conditions of low nutrient concentration, although higher amounts of N and P in the environment favor higher rates of growth and increased abundance (Baek et al., 2008). In February, similar temperature and salinity conditions favored the occurrence of *T. fusus* in the estuary of the Curuperé River. This species is distributed along the north, northeast, southeast and south coast of Brazil (Odebrecht, 2010).

The source of Curuperé River, where this species was shown to be indicative, is in a more restricted area, where marine water circulation is less prominent, which may favor the accumulation of nutrients and other organic substances.

In May, we can observe the occurrence of *Coscinodiscus concinnus*, the most significant species of the month. This species can be classified as eurihalin, r-strategist and commonly found in eutrophic environments (Reynolds, 2006). In Amazon region, *C. concinnus* is distributed through an extensive salinity gradient in estuaries, and also in sandy beaches (Paiva et al., 2006; Sousa et al., 2008; Monteiro et al., 2009; Sodré et al., 2011; Matos et al., 2012; Sena et al., 2015; Matos et al., 2016).

There was a differentiation in terms of indicator species for August and November. The most significant species related to August were *Lauderia annulata*, *Cymatosira belgica* and *Odontella longicruris*, while the species *Phormidium* cf. *nigroviride* was the best indicator of November.

August was characterized by the higher height condition of syzygy flood tide, when compared to the other months of sampling, because of the greater incursion of marine water into the estuary. In this context, *Lauderia annulata* is very common and well distributed in oceanic phytoplankton (Round et al., 1990). This species has an occurrence along the northern coast of Brazil (Sousa et al., 2008; Santana et al., 2010), and in an estuary associated with a mangrove ecosystem in India (Biswas et al., 2010). *Odontella longicruris*, belonging to the diatomaceous group, has an euryhaline pattern and occurs along the entire Brazilian coast (Eskinazi-Leça et al., 2010).

Also related to August, was also the month with the highest values of turbidity recorded. In this month, *Cymatosira belgica* and *Dimeregramma minor* occurred in all samples. These species have a periphytic life habit, associated with sandy sediment (Round et al., 1990) and with micoplankton habit (Vos and Wolf, 1993). According to the observations made in the area, it was possible to notice that the studied environment has undergone a gradual sedimentation with sandy sediment coming from the coast and, the occurrence of these species corroborates the existence of this oceanographic phenomenon. The transport of sandy bulks into estuaries located in coastal zone of Pará state, northern Brazil, was discussed by Mácola and El-Robrini (2004) and El-Robrini et al. (2006). On the Guarás island, located in Curuçá City, in Pará state, distant approximately 13 km from Curuperé River, the presence of an elongated submarine sandy crest was identified in one of its estuarine channels, which presents a preferential direction, the tidal currents.

Finally, in November, the cyanobacteria *Phormidium* cf. *nigroviride* was the most indicative species, at the sampling point closest to the mouth of the Curuperé River. According to Branco et al. (2003), *P. nigroviride* is a marine species and has a habit mainly periphytic. In a mangrove ecosystem in the state of Pernambuco, northeastern Brazil, the cited authors found this cyanobacterium as a mass of individuals growing on the soil. In the estuary of the Curuperé River, we visualize, during the low tide, extensive periphytic carpets adhered to muddy sediment of the estuary channel borders, mainly in the outer parts of it. Based on these characteristics, the occurrence of *P. nigroviride* in plankton was probably due to water circulation that may have resuspended individuals. This last process was explained by Torgan (1989), in addition to the decrease of the turbidity, which causes greater input of solar radiation in the water column (Tundisi, 1970), conditions observed during the month of November. These may have been important factors for the occurrence of the species in high concentrations, as well as conditions of eutrophication of the environment may be favoring the flowering of this species since, in the vicinity of the study area, there are shrimp farms

whose effluents may have been directed to the mouth of the Curuperé River by the estuarine currents of the Curuçá River (Paula et al., 2006; Brabo et al., 2016).

CONCLUSION

The results of this study allow us to conclude that seasonal and spatial variation strongly interfere in most of the abiotic parameters and in the phytoplankton community of the Curuperé estuary.

It was possible to observe a greater amount of freshwater and estuarine species in the rainy season months, while more species of marine habit settled in the dry season, where we observed a greater incursion of seawater into the estuary. It was inferred that this phenomenon was accompanied by transport of more intense sandy sediment, which brought with it greater density of marine micoplankton species, which indicate a gradual transformation of the environment.

Species diversity of Curuperé River was directly related to the complexity of the environment in question. In intermediate degrees of water mixing, close to river source, it was possible to find the maximum diversity of the species, tending to the uniformity in the number of taxa, while the high degree of mixing of the water in the intermediate samples and of the mouth allowed the dominance of a few species.

The most strongly indicative species of the environment, suggesting a process of eutrophication caused by possible carcinogenic effluents. To prove this fact, more in-depth studies about the biogeochemical dynamics of Curuperé River are necessary.

Knowledge of the ecology of phytoplankton organisms in this environment is of vital importance, and will serve as a subsidy for new studies in Amazonian coastal areas and, mainly, to contribute to the conservation of biodiversity and local productivity.

REFERENCES

- ANA - Agência Nacional de Águas. Séries Históricas. Available from: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>> Access on: 20 nov. 2016.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1): 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>.
- Azeria, E.T.; Fortin, D.; Hébert, C.; Peres-Neto, P.; Pothier, D; Ruel, J.C. 2009. Using null model analysis of species co-occurrences to deconstruct biodiversity patterns and select indicator species. *Diversity and Distributions*, 15(6): 958-971. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2009.00613.x>

- Baek, S.H.; Shimode, S.; Kikuchi, T. 2007. Reproductive ecology of the dominant dinoflagellate, *Ceratium fusus*, in coastal area of Sagami Bay, Japan. *Journal of Oceanography*, 63(1): 35–45. <https://doi.org/10.1007/s10872-007-0004-y>.
- Baek, S.H.; Shimode, S.; Han, M.; Kikuchi, T. 2008. Growth of dinoflagellates, *Ceratium furca* and *Ceratium fusus* in Sagami Bay, Japan: The role of nutrients. *Harmful Algae*, 7(6): 729–739. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.02.007>.
- Barroso, H.S.; Becker, H.; Melo, V.M.M. 2016. Influence of river discharge on phytoplankton structure and nutrient concentrations in four tropical semiarid estuaries. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(1): 37–48. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-87592016101406401>.
- Belgrano, A.; Brown, J.H. 2002. Oceans under the microscope. *Nature*, 419(6903): 128–129. <https://doi.org/10.1038/419128a>.
- Berger, W.H.; Parker, F.L. 1970. Diversity of planktonic foraminifera in Deep-Sea sediments. *Science*, 168(3927): 1345–1347. <https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>.
- Biswas, H.; Dey, M.; Ganguly, D.; De, T.K.; Ghosh, S.; Jana, T.K. 2010. Comparative analysis of phytoplankton composition and abundance over a two-decade period at the Land–Ocean Boundary of a Tropical Mangrove Ecosystem. *Estuaries and Coasts*, 33(2): 384–394. <https://doi.org/10.1007/s12237-009-9193-5>.
- Boynton, W. R.; Kemp, W. M.; Keefe C. W. 1982. A comparative analysis of nutrients and other factors influencing estuarine phytoplankton production. In: KENNEDY, V.S. *Estuarine Comparisons*. Academic Press, New York. p. 69–90.
- Brabo, M.F.; Ferreira, L.A.; Veras, G.C. 2016. Aspectos históricos do desenvolvimento da piscicultura no nordeste paraense: trajetória do protagonismo à estagnação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 9(2): 595–615. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n3p595-615>.
- Branco, L.H.Z.; Moura, A.N.; Silva, A.C.; Bittencourt-Oliveira, M.C. 2003. Biodiversidade e considerações biogeográficas das Cyanobacteria de uma área de manguezal do estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 17(4): 585–596. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062003000400010>.
- Cloern, J. E. 1987. Turbidity as a control on phytoplankton biomass and productivity in estuaries. *Continental Shelf Research*, 7(11–12): 367–1381. [http://dx.doi.org/10.1016/0278-4343\(87\)90042-2](http://dx.doi.org/10.1016/0278-4343(87)90042-2).
- Day, S.A.; Wickham, R.P.; Entwisle, T.J.; Tyler, P.A. 1995. Bibliographic checklist of non-marine algae in Australia. *Flora of Australia Supplementary Series*. Australian Biological Resources Study. 4: 276p.
- Desikachary, T.S. 1959. *Cyanophyta*. New Delhi, Council of Agricultural Research. 686p.
- DHN - Diretoria de hidrografia e navegação. 2015. Previsões de marés. Available from: <<http://www.mar.mil.br/~dhn/tabuas>. Access on: 15 jan. 2015.
- Dominguez, J. M. L. 2009. The coastal zone of Brazil. In: DILLENBURG, S.R.; HESP, P.A. *Geology and Geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil*. Berlin, Springer. p. 17–51. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-44771-9_2.

- Dufrêne, M.; Legendre, P. 1997. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, 67(3): 345-366. [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:saaist\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:saaist]2.0.co;2).
- El-Robrini, M.; Alves, M.A.M.S.; Souza Filho, P.W.M.; El-Robrini, M.H.S.; Silva Júnior, O.G.; França, C.F. 2006. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do estado do Pará – região amazônica: áreas oceânica e estuarina. In: MUEHE, D. Atlas de erosão e progradação da zona costeira brasileira. MMA, Ed. São Paulo. p. 1-34.
- Eskinazi-Leça, E.; Cunha, M.G.G.S.; Santiago, M.F.; Borges, G.C.P.; Lima, J.M.C.; Silva, M.H.; Lima, J.P.; Menezes, M. 2010. Bacillariophyceae. In: FORZZA, R.C. Catálogo de plantas e fungos do Brasil, volume 1. Andrea Jakobsson Estúdio, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p. 262-309. <https://doi.org/10.7476/9788560035083>.
- Guiry, M.D.; Guiry, G.M. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from: <http://www.algaebase.org>. Access on: 6 jun. 2017.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. e Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 1-9. [online] URL: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>.
- Koenig, M.L.; Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S.; Macedo, S.J. 2002. Impactos da construção do porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, 16(4): 407-420. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062002000400004>.
- Leão, B.M.; Passavante, J.C.O.; Silva-Cunha, M.G.G.; Santiago, M.F. 2008. Ecologia do microfítolâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3): 711-722. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000300009>.
- Llebot, C.; Sole, J.; Delgado, M.; Fernandez-Tejedor, M.; Camp, J.; Estrada, M., 2011. Hydrographical forcing and phytoplankton variability in two semi-enclosed estuarine bays. *Journal of Marine Systems*, 86(3-4): 69-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2011.01.004>.
- Mácola, G.; El-Robrini, M. 2004. Ilha dos Guarás (Mariteua). Município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos. Relatório final. DNPM/CPRM, Belém. 35p.
- Margalef, R. 1978. Les types biologiques de phytoplankton consideres comme des alternatives de survie dans um millieu instable. *Oceanologica Acta*, 4(1): 493-509.
- Matos, J.B.; Sodré, D.K.L.; Costa, K.G.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2011. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. *Journal of Coastal Research*, 64: 1525-1529.
- Matos, J.B.; Silva, N.I.S.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2012. Caracterização quali-quantitativa do fitoplâncton da zona de arrebentação de uma praia amazônica. *Acta Botanica Brasilica*, 26(4): 979-990. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062012000400028>.
- Matos, J.B.; Cardoso, E.H.N.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2013. Diatomáceas cêntricas da zona de arrebentação de uma ilha amazônica. *Tropical Oceanography*, 41(1-2): 54-66. <http://dx.doi.org/10.5914/tropocean.v41i1-2.5414>.
- Matos, J.B.; Oliveira, S.M.O.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2016. Structure and temporal variation of the phytoplankton of a macrotidal beach from the Amazon coastal zone.

- Anais da Academia Brasileira de Ciências, 88(3): 1325-1339.
<http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201620150688>.
- McCune, B.; Mefford, M. J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.
- Monteiro, M.D.R.; Melo, N.F.A.C.; Alves, M.A.M.S.; Paiva, R.S. 2009. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, 4(3): 341-351.
- Monteiro, S. M.; El-Robrini, M.; Alves, I. C. C. 2015. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico. *Mercator*, 14(1): 151-162.
<http://dx.doi.org/10.4215/RM2015.1401.0010>.
- Montoya-Moreno, Y.; Sala, S.; Vouilloud, A.; Aguirre, N.; Plata-Diaz, Y. 2013. Lista de las diatomeas de ambientes continentales de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2): 13-78.
<http://dx.doi.org/10.21068/bc.v14i2.282>.
- Moraes, B.C.; Costa, J.M.N.; Costa, A.C.L. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazonica*, 35(2): 207- 214. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200010>.
- Moreira-Filho, H.; Valente-Moreira, I.M.; Souza-Mosimann, R.M.; Cunha J.A. 1990. Avaliação florística e ecológica das diatomáceas (Chrysophyta-Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Estudos de Biologia*, 25: 5-48.
- Moreira-Filho, H.; Eskinazi-Leça, E.; Valenti-Moreira, I.M.; Cunha, J.A. 1999. Avaliação taxonômica e ecológica das diatomáceas (Chrysophyta, Bacillariophyceae) marinhas e estuarinas nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão, Pará e Amapá. *Tropical Oceanography*, 27(1): 55-90.
<https://doi.org/10.5914/tropocean.v27i1.2773>.
- Moro, R. S.; Fürstenberger, C. B. 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ed. UEPG, Ponta Grossa. 282p.
- Nittrouer, C.A.; Brunskill, G.J.; Figueiredo, A.G. 1995. Importance of tropical coastal environments. *Geo-Marine Letters*, 15(3-4): 121-126.
<https://doi.org/10.1007/bf01204452>.
- Odebrecht, C. 2010. Dinophyceae. In: FORZZA, R.C. Catálogo de plantas e fungos do Brasil, volume 1. Andrea Jakobsson Estúdio, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. p.366-383. <https://doi.org/10.7476/9788560035083>.
- Omori, M.; Ikeda, T. 1984. *Methods in marine zooplankton ecology*. New York, Wiley Interscience Publication. 332p.
- Paiva, R.S.; Eskinazi-Leça, E.; Passavante, J.Z.O.; Silva-Cunha, M.G.G.; Melo, N.F.A.C. 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, 1(2): 133-146.
- Paula, J.H.C.; Rosa Filho, J.S.; Souza, A.L.B.; Aviz, D.E. 2006. A meiofauna como indicadora de impactos da carcinicultura no estuário de Curuçá (PA). *Boletim do Labohidro*, 19:61-72.

- Pielou, E.C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York. 286p.
- Poos, M.S.; Jackson, D.A. 2012. Addressing the removal of rare species in multivariate bioassessments: The impact of methodological choices. *Ecological Indicators*, 18: 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.10.008>.
- Procopiak, L.K.; Fernandes, L.F.; Moreira-Filho, H. 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Biota Neotropica*, 6(3): 1-28. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032006000300013>.
- Riley, G. A. 1967. The plankton of estuaries. In: LAUFF, G. H. (Ed.). *Estuaries*. Washington: Am. Ass. Adv. Asc. p.316-326.
- Round, F.E.; Crawford, R.M.; Mann, D.G. 1990. *The Diatoms, Biology e Morphology of the Genera*. Cambridge University, Cambridge. 747p.
- Santana, D.S.; Paiva, R.S.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2010. Microphytoplankton of the Marapanim estuary (Pará, northern Brazil). *Tropical Oceanography*, 38(2): 153-164.
- Sena, B.A.; Costa, V.B.; Nakayama, L.; Rocha, R.M. 2015. Composition of microphytoplankton of an estuarine Amazon River, Pará, Brazil. *Biota Amazônia*, 5(2): 1-9. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p1-9>.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423. <http://dx.doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>.
- Silva, M.H.; Silva-Cunha, M.G.G.; Passavante, J.Z.O.; Grego, C.K.S.; Muniz, K. 2009. Seasonal and spatial structure of microphytoplankton in the tropical estuary of Formoso River, Pernambuco State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 23(2): 355-368. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000200007>.
- Sodré, D.K.L.; Matos, J.B.; Costa, K.G.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2011. Tide-induced Changes in the Phytoplankton Communities of three Amazon Estuaries (Pará - Northern Brazil). *Journal of coastal research*, SI 64:1574-1578.
- Sousa, E.B.; Costa, V.B.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2008. Microphytoplankton of Amazon coastal waters: Canela Island (Bragança, Pará State, Brazil). *Acta Botanica Brasilica*, 22(3): 626-636. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000300004>.
- Sousa, E.B.; Costa, V.B.; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. 2009. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, 23(4): 1084-1095. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062009000400018>.
- Sousa, J.A.; Cunha, K.N.; Nunes, Z.M.P. 2013. Influence of Seasonal Factors on the Quality of the Water of a Tidal Creek on the Amazon Coast of Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 65: 129-134. <https://doi.org/10.2112/SI65-023.1>.
- Souza, M.F.L.; Eça, G.F.; Silva, M.A.M.; Amorim, F.A.C.; Lôbo, I.P. 2009. Distribuição de nutrientes dissolvidos e clorofila-a no estuário do rio Cachoeira, nordeste do Brasil. *Atlântica*, 31(1): 107-121. <https://doi.org/10.5088/atlantica.v31i1.1537>.
- Souza-Filho, P.W.M. 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23(4): 427-435. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400006>.

- Steidinger, K.A.; Tangen, K. 1997. Chapter 3 - Dinoflagellates. In: TOMAS, C.R. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, Florida. p. 387-584. <https://doi.org/10.1016/B978-012693018-4/50005-7>.
- Strickland, J. D. H.; Parsons, T. R. 1972. A practical handbook of sea water analysis. Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canadá, Ottawa. 328p.
- Ter Braak, C. J. F.; Milauer, P. S. 2002. CANOCO - Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca NY, USA.
- Torgan, L.C. 1989. Floração de algas: Composição, causas e consequências. *Ínsula*, 19: 15-34.
- Tundisi, J.G. 1970. O plâncton estuarino. *Contribuições do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*, 19: 1-22.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fur Teoretische und Angewandle Limnologie*, 9: 1-38.
- Valentin, J.L. 2012. *Ecologia Numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência, Rio de Janeiro. 154p.
- Vos, P.C.; de Wolf, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects. *Hydrobiologia*, 269(1): 285-296. <https://doi.org/10.1007/bf00028027>.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 944p.

CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Pluviosidade, salinidade, condutividade e pH foram parâmetros determinantes na distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Curuparé, formando associações de espécies e grupos de amostras bem delineados neste aspecto, com muitas espécies indicadoras significativas, relacionadas principalmente, às flutuações de salinidade no estuário ao longo do ano.
- A diversidade de espécies do fitoplâncton foi, no geral, mais baixa no mês de agosto, e mais alta nos outros meses.
- A comunidade fitoplanctônica demonstrou ter mais uniformidade nos pontos amostrais mais próximos à nascente, bem como nos meses de maio e novembro.
- *Cymatosira belgica* e *Dimeregramma minor* foram espécies com comportamento mais dominante em relação às demais, principalmente no mês de agosto, devido ao maior grau de mistura promovido pelo maior aporte de água marinha, bem como pela maior entrada de sedimento arenoso litorâneo.
- Foram observadas diferenças significativas em relação às variações espaço-temporais para diversidade, equitabilidade e dominância específica.
- As concentrações de clorofila-a mantiveram-se altas em todos os meses, indicando elevada produtividade neste estuário.
- O fato de a espécie mais indicadora identificada ter sido *Phormidium cf. nigroviride*, mostra o quanto é marcante a característica que este estuário possui, a de baixa profundidade, a qual propicia fortemente a ocorrência de espécies de hábito de vida bentônico no plâncton.
- A espécie *P. nigroviride* também indica um processo de eutrofização do ambiente, causado, possivelmente, por efluentes de empreendimentos de carcinicultura presentes nas adjacências do estuário do rio Curuçá.

ANEXOS

ANEXO A

Lista de táxons encontrados no estuário do rio Curuperé nos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro de 2015, indicando suas respectivas categorias de frequência de ocorrência. FO= Frequência de Ocorrência; MF= Muito frequente; F= Frequente; PF= Pouco frequente; E= esporádico. Sistema de classificação taxonômica padronizado segundo Guiry e Guiry (2017).

	F.O			
	FEV	MAI	AGO	NOV
Divisão Bacillariophyta				
Classe Bacillariophyceae				
Ordem Bacillariales				
Família Bacillariaceae				
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F.Müller) T.Marsson	MF		MF	MF
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin	MF	MF	MF	MF
<i>Fragilariopsis oceanica</i> (Cleve) Hasle	E			
<i>Nitzschia bilobata</i> W.Smith	E	E		
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	F	E	F	PF
<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow	MF		MF	F
<i>Nitzschia macilenta</i> W.Gregory	E			
<i>Nitzschia obtusa</i> W.Smith	PF	F	F	F
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith	F	PF	PF	E
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	F	PF	F	F
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W.Smith	MF	MF	MF	MF
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith	F	MF	PF	F
<i>Nitzschia subtilis</i> (Kützing) Grunow	MF	MF	F	PF
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden	MF		MF	MF
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) H.Peragallo	MF	E	F	PF
<i>Tryblionella apiculata</i> W.Gregory			E	
<i>Tryblionella coarctata</i> (Grunow) D.G.Mann		PF	F	PF
<i>Tryblionella compressa</i> (J.W.Bailey) Poulin	E			
<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara		MF	E	PF
<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) D.G.Mann		PF	PF	F
Ordem Cocconeidales				
Família Cocconeidaceae				
<i>Campyloneis grevillei</i> (W.Smith) Grunow & Eulenstein	MF	MF	MF	MF
<i>Cocconeis</i> sp.	F	PF	F	
Ordem Fragilariales				
Família Fragilariaceae				
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	MF	E	F	E
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	MF	MF	MF	F
<i>Fragilaria striatula</i> Lyngbye		E		
Ordem Lyrellales				
Família Lyrellaceae				
<i>Lyrella abrupta</i> (Gregory) D.G.Mann		E		
<i>Lyrella lyra</i> var. <i>subcarinata</i> (Grunow) Moren		E		E
<i>Petronis humerosa</i> (Brébisson ex W.Smith) Stickle & D.G.Mann		E		
Ordem Mastogloiales				
Família Achnantheaceae				
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kützing) Cleve		PF	E	
Ordem Naviculales				
Família Amphipleuraceae				
<i>Vanheurckia lewisiana</i> (Greville) Brébisson	F	PF	F	F
Família Diadesmidaceae				
<i>Luticola inserata</i> (Hustedt) D.G.Mann	E	E		E
Família Diploneidaceae				
<i>Diploneis aestiva</i> (Donkin) Cleve	E		E	
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	MF	MF	MF	MF
<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	F	MF	F
<i>Diploneis didyma</i> (Ehrenberg) Ehrenberg			E	
<i>Diploneis littoralis</i> (Donkin) Cleve	E	MF	F	MF
Família Pinnulariaceae				
<i>Pinnularia</i> sp.		PF		

Continuação da Tabela 2

Família Plagiotropidaceae				
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C.Silva	MF		MF	MF
<i>Plagiotropis vitrea</i> (W.Smith) Grunow		E	E	
Família Pleurosigmataceae				
<i>Pleurosigma angulatum</i> (J.T.Quckett) W.Smith	MF	F	F	F
<i>Pleurosigma cuspidatum</i> (Cleve) H.Peragallo			E	
<i>Pleurosigma elongatum</i> W.Smith	MF	MF	MF	MF
<i>Pleurosigma formosum</i> W.Smith		E		
<i>Pleurosigma lanceolatum</i> Donkin			E	
<i>Pleurosigma marinum</i> Donkin		PF		F
<i>Pleurosigma salinarum</i> (Grunow) Grunow		E		
Família Naviculaceae				
<i>Caloneis brevis</i> (Gregory) Cleve			E	
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst			E	
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	PF	PF	F	MF
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	MF	MF	F	MF
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenberg) J.W.Griffith & Henfrey	E	E	PF	PF
<i>Gyrosigma wansbeckii</i> (Donkin) Cleve	E			
<i>Haslea</i> sp.			E	
<i>Navicula arenaria</i> Donkin	MF	MF	MF	MF
<i>Navicula carinifera</i> Grunow	E		E	
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	F		F	E
<i>Navicula lyra</i> var. <i>recta</i> Greville	PF	E		E
<i>Navicula maxima</i> var. <i>bicuneata</i> (Grunow) Amosse	E			
<i>Navicula</i> sp.	F	E	F	E
Ordem Raphoneidales				
Família Raphoneidaceae				
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round	MF		MF	MF
Família Psammodiscaceae				
<i>Psammodiscus nitidus</i> (W.Gregory) Round & D.G.Mann	PF	E	F	
Ordem Rhopalodiales				
Família Rhopalodiaceae				
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) Otto Müller	F	F	F	F
Ordem Surirellales				
Família Entomoneidaceae				
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	F	F	MF	MF
Família Surirellaceae				
<i>Coronia impressa</i> (Grunow) Ruck & Guiry		E	E	E
<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg			E	
<i>Surirella fastuosa</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	PF	PF	E
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing	PF		E	E
<i>Surirella</i> sp.	E			
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	E	PF		E
Ordem Thalassionematales				
Família Thalassionemataceae				
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo	MF	MF	MF	MF
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	MF	MF	MF	MF
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	MF		MF	MF
Ordem Thalassiophysales				
Família Catenulaceae				
<i>Amphora</i> sp.	F	F	PF	F
Classe Coscinodiscophyceae				
Ordem Aulacoseirales				
Família Aulacoseiraceae				
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	PF	E	PF	
Ordem Corethrales				
Família Corethraceae				
<i>Corethron pennatum</i> (Grunow) Ostenfeld	F		MF	MF

Continuação da Tabela 2

Ordem Coscinodiscales**Família Coscinodisceae**

<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg	MF	MF	MF	F
<i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg	F	F	E	PF
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W.Smith	MF	MF	MF	MF
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F.Gough				E
<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg	E		E	
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	MF	F	F	PF
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	PF	MF	PF	PF
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	MF	MF	MF	MF
<i>Coscinodiscus rothii</i> (Ehrenberg) Grunow	PF	MF	F	PF

Família Heliopeltaceae

<i>Actinoptychus annulatus</i> (Wallich) Grunow	F	MF	PF	MF
<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	PF	F	PF	PF
<i>Polymyxus coronalis</i> L.W.Bailey	PF	F	MF	PF

Ordem Melosirales**Família Melosiraceae**

<i>Melosira nummuloides</i> C.Agardh	F	MF	MF	PF
--------------------------------------	---	----	----	----

Família Paraliaceae

<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	MF	MF	MF	F
--	----	----	----	---

Ordem Rhizosoleniales**Família Rhizosoleniaceae**

<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo	MF	E	MF	MF
<i>Guinardia striata</i> (Stolterfoth) Hasle	MF	E	F	MF
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström	E		E	F
<i>Rhizosolenia bergonii</i> H.Peragallo			F	MF
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell			E	MF
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightwell	MF	F	MF	MF

Ordem Stephanopyxales**Família Stephanopyxidaceae**

<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow				E
---	--	--	--	---

Ordem Triceratiales**Família Triceratiaceae**

<i>Triceratium broeckii</i> Leuduger-Fortmorel				E
<i>Triceratium favus</i> Ehrenberg	PF	PF	E	PF

Classe Mediophyceae**Ordem Anaulales****Família Anaulaceae**

<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	E	F	PF	E
-----------------------------------	---	---	----	---

Ordem Biddulphiales**Família Bellercheaceae**

<i>Bellerchea horologicalis</i> Stosch				E
<i>Bellerchea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck			MF	F

Ordem Briggerales**Família Streptothecaceae**

<i>Helicotheca tamesis</i> (Shrubsole) M.Ricard	F		F	F
---	---	--	---	---

Ordem Chaetocerotales**Família Chaetocerotaceae**

<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	F	E	MF	MF
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder	MF		F	F
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	E			
<i>Chaetoceros brevis</i> F.Schütt			PF	
<i>Chaetoceros coarctatus</i> Lauder	E		E	
<i>Chaetoceros compressus</i> Lauder	MF	PF	MF	MF
<i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane				E
<i>Chaetoceros costatus</i> Pavillard			PF	PF
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve	PF			PF

Continuação da Tabela 2

<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	MF		MF	F
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg	PF		F	E
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve			E	
<i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs ex Lauder	F		PF	F
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow	MF		MF	MF
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell	MF		MF	MF
<i>Chaetoceros subtilis</i> Cleve	F	F	MF	MF
Família Leptocylindraceae				
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	F		PF	F
<i>Leptocylindrus minimus</i> Gran	MF		F	MF
Ordem Cymatosirales				
Família Cymatosiraceae				
<i>Campylosira cymbelliformis</i> (A.Schmidt) Grunow ex Van Heurck	MF	MF	MF	MF
<i>Cymatosira belgica</i> Grunow	MF	MF	MF	MF
Ordem Eupodiscales				
<i>Amphitetras antediluviana</i> Ehrenberg			E	
<i>Cerataulus smithii</i> Ralfs			E	
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh	MF	PF	MF	MF
<i>Odontella longicurvis</i> (Greville) M.A.Hoban	MF	MF	MF	MF
<i>Trieres mobiliensis</i> (J.W.Bailey) Ashworth & Theriot	MF	MF	MF	MF
<i>Trieres regia</i> (M.Schultze) M.P.Ashworth & E.C.Theriot	MF	F	F	MF
<i>Trieres sinensis</i> (Greville) M.P.Ashworth & E.C.Theriot	MF	PF	MF	MF
<i>Zygoceros ehrenbergii</i> E.A.Sar in Lavigne et al.	MF	MF	MF	MF
Ordem Hemiaulales				
Família Hemiaulaceae				
<i>Cerataulina dentata</i> Hasle				E
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	F		PF	F
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve			E	PF
<i>Hemiaulus sinensis</i> Greville	MF		MF	MF
Ordem Lithodesmiales				
Família Lithodesmiaceae				
<i>Ditylum brightwellii</i> (T.West) Grunow	MF	E	MF	MF
<i>Lithodesmium</i> sp.	F	E	PF	MF
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg	F	E	PF	E
Ordem Plagiogrammales				
Família Plagiogrammaeae				
<i>Dimeregramma minor</i> (Gregory) Ralfs ex Pritchard	MF	MF	MF	MF
Ordem Stephanodiscales				
Família Stephanodiscaceae				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	MF	F	MF	F
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow	MF	MF	MF	MF
<i>Cyclotella stylonum</i> Brightwell	MF	F	PF	F
Ordem Thalassiosirales				
Família Lauderiaceae				
<i>Lauderia annulata</i> Cleve	PF	MF	MF	MF
Família Skeletonemataceae				
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	MF	PF	MF	MF
<i>Skeletonema</i> sp.	MF	MF	MF	MF
Família Thalassiosiraceae				
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve	MF	MF	MF	MF
<i>Thalassiosira</i> cf. <i>gravida</i> Cleve	MF	MF	MF	F
<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow) Hasle & G.Fryxell	MF	MF	MF	MF
<i>Thalassiosira subtilis</i> (Ostenfeld) Gran	E	PF		MF
Ordem Toxariales				
Família Ardissonaceae				
<i>Ardissona robusta</i> (Ralfs ex Pritchard) De Notaris			E	

Continuação da Tabela 2

Divisão Charophyta				
Classe Conjugatophyceae				
Ordem Desmidiaceae				
Família Closteriaceae				
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs				E
<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs	E	E		E
Família Desmidiaceae				
<i>Cosmarium subcucumis</i> Schmidle				E
Ordem Zignematales				
Família Zygnemathaceae				
<i>Zygnema cylindricum</i> Transeau			E	
Divisão Chlorophyta				
Classe Chlorophyceae				
Ordem Sphaeropleales				
Família Scenedesmaceae				
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P.G.Richter) E.Hegewald	E			
Família Hydrodictyaceae				
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda				E
Classe Pyramimonadophyceae				
Ordem Pyramimonadales				
Família Pterospmataceae				
<i>Pterosperma undulatum</i> Ostefeld			E	E
Classe Trebouxiophyceae				
Ordem Chlorellales				
Família Chlorellaceae				
<i>Mucidosphaerium</i> sp.				E
Filo Cyanobacteria				
Classe Cyanophyceae				
Ordem Chroococcales				
Família Aphanothecaceae				
<i>Aphanothece</i> sp.	E			
Ordem Nostocales				
Família Scytonemataceae				
<i>Scytonema</i> sp.	E	MF	F	E
Ordem Oscillatoriales				
Família Oscillatoriaceae				
<i>Lyngbya</i> sp1.	PF	PF		
<i>Lyngbya</i> sp2.	E	E		
<i>Oscillatoria</i> sp.	F	E	F	PF
<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont		PF		E
<i>Phormidium</i> cf. <i>corium</i> Gomont ex Gomont	MF	MF	PF	F
<i>Phormidium</i> cf. <i>nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	F	PF	F	MF
<i>Phormidium</i> sp1.	PF			
<i>Phormidium</i> sp2.	E	PF		
Família Microcoleaceae				
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda	PF	PF		
<i>Kamptonema</i> sp.	E			
<i>Microcoleus</i> sp.	E			
<i>Oxynema acuminatum</i> (Gomont) Chatchawan, Komárek, Strunecky, Smarda & Peerapornpisal	E	E		F
Ordem Spirulinales				
Família Spirulinaceae				
<i>Glaucoospira laxissima</i> (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic	PF	E		
<i>Spirulina meneghiniana</i> Zanardini ex Gomont	PF	PF		
<i>Spirulina</i> sp.			E	E
Ordem Synechococcales				
Família Merismopediaceae				
<i>Aphanocapsa</i> sp.		E		
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	E	E		

Continuação Tabela 2

Família Pseudoanabaenaceae				
<i>Jaaginema</i> cf. <i>quadripunctulatum</i> (Brühl & Biswas) Anagnostidis & Komárek			E	PF
<i>Yonedaella</i> sp.	MF	F	PF	PF
Divisão Euglenophyta				
Classe Euglenophyceae				
Ordem Euglenales				
Família Phacaceae				
<i>Lepocinclis acus</i> (O.F.Müller) B.Marin & Melkonian			E	
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) B.Marin & Melkonian			E	
<i>Lepocinclis spirogyroides</i> B.Marin & Melkonian			E	E
<i>Phacus orbicularis</i> K.Hübner			E	
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F.Müller) Nitzsch ex Dujardin			E	
Filo Miozoa				
Classe Dinophyceae				
Ordem Gonyaulacales				
Família Gonionomataceae				
<i>Alexandrium</i> sp.		PF		F
Família Ceratiaceae				
<i>Ceratium breve</i> (Ostenfeld & Schmidt) Schröder			E	
<i>Ceratium trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid				E
<i>Ceratium tripos</i> var. <i>atlanticum</i> Ostenfeld				E
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez	MF	E		MF
<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez	MF	F		PF
<i>Tripos lineatus</i> (Ehrenberg) F.Gómez	PF	PF		E
Família Pyrophacales				
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schiller) Wall & Dale	E	PF	E	MF
Ordem Gymnodiniales				
Família Gymnodiniaceae				
<i>Akashiwo sanguinea</i> (K.Hirasaka) G.Hansen & Ø.Moestrup	E	E		
<i>Gymnodinium</i> sp.			E	
<i>Gyrodinium fulvum</i> Kofoid & Swezy	E			
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid & Swezy	E			
<i>Gyrodinium</i> sp.	E			
Ordem Peridinales				
Família Peridiniaceae				
<i>Peridinium</i> sp.	F	PF	MF	PF
<i>Peridinium volzii</i> Lemmermann	PF	E	E	E
Família Proto-peridiniaceae				
<i>Proto-peridinium cerasus</i> (Paulsen) Balech	MF	E	E	E
<i>Proto-peridinium conicum</i> (Gran) Balech	F	E	E	F
<i>Proto-peridinium denticulatum</i> (Gran & Braarud) Balech	MF	F	PF	F
<i>Proto-peridinium depressum</i> (Bailey) Balech	E	E		
<i>Proto-peridinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech			E	E
<i>Proto-peridinium leonis</i> (Pavillard) Balech	F	PF	E	E
<i>Proto-peridinium ovatum</i> Pouchet	PF		E	
<i>Proto-peridinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich III		E		
Família Thoracosphaeraceae				
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soechner, Kirsch, Kusber & Gottschling	E			
Ordem Prorocentrales				
Família Prorocentraceae				
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt	F	E	PF	E
<i>Prorocentrum lima</i> (Ehrenberg) F.Stein	PF	E	E	
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg	F	E	F	E
<i>Prorocentrum rhathymum</i> A.R.Loeblich III, Sherley & Schmidt		E		
<i>Prorocentrum</i> sp.			E	

ANEXO B

Authors Guidelines for Publication

(Updated February 2019)

*The rules of Boletim do Instituto de Pesca may change. So be sure to check them before making the submission of a new article or note.

The BOLETIM DO INSTITUTO DE PESCA (BIP), ISSN 0046-9939 (print) and ISSN 1678-2305 (online), site: <http://www.pesca.sp.gov.br/publicacoes/boletim-do-instituto-de-pesca>. Its impact factor in JCR (2016/2017) 0,349.

The electronic files containing the original and other required documents should be sent to the Editorial Board of Instituto de Pesca, by e-mail: ceipboletim@gmail.com.

The BIP is intended to publish original documents (scientific articles and scientific notes) that contribute to the expansion of knowledge in fisheries (fishing technology, fisheries biology, sociology and economy fishing), aquaculture, aquatic ecology, technology and fish inspection and pathology of aquatic organisms.

Published papers present results from both fundamental as well as applied, or directed research. Emphasis is given to results on interdisciplinary contributions, on innovative methodological or technical developments, on items with wide general applicability, and on local or regional experiments that can be a source of inspirations to other regions.

In terms of editorial management, the Open Journal Systems (OJS) platform of the Public Knowledge Project (PKP) is used, an editorial system that is used in Brazil under the name of Electronic Journaling System (Sistema Eletrônico de Editoração de Revistas - SEER) customized by the Brazilian Institute of Information in Science and Technology (Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT).

A volume is published annually with the relevant with 4 issues.

The Boletim do Instituto de Pesca will still accept publications in English only. Translation costs will be borne by the authors. In case of non-native authors from countries that speak these languages, the article must be reviewed by a specialist who himself Editorial Board of Instituto de Pesca may indicate.

Why to publish in Boletim do Instituto de Pesca?

Open access journals are freely available via the Internet for immediate worldwide open access to the full text of articles serving the best interests of the international research community. Open access journals are no different from traditional subscription-based journals; they undergo the same peer-review and quality control as any other scholarly journal.

Publishing in Boletim do Instituto de Pesca

Your article will be peer-reviewed and made available on-line very fast. All interested readers can read, download, and/or print open access articles (or the whole journal) at no cost. Your article can be read by potentially millions of readers (which is incomparable to publishing in a traditional journal) what increases the potential to obtain more citations and consequently an increase on the impact index.

EDITORIAL POLICY

All paper submitted to the BIP will be evaluated preliminarily by the Editorial Board, if overcome this initial screening will be sent to two expert reviewers in the covered area. The publication will be made only with the approval of the document by the reviewers, being the Editorial Board of Boletim do Instituto de Pesca final decision accepted.

The selection of items will be based on originality, quality and scientific merit.

The evaluation process used by the Editorial Board of Instituto de Pesca is the system by peers "blind review", ie confidentiality of the identity of both authors and reviewers, which will be maintained throughout the process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editorial Board will take care that the reviewers of each article are compulsorily of different institutions of origin of those authors. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final.

Plagiarism Policy

The Boletim do Instituto de Pesca has a tracking policy for plagiarism. Items that are detected will be automatically denied and returned. This journal aims to publish original high quality research work. Submission of manuscript to this journal indicates that the study has not been

published anywhere or not been submitted elsewhere for publication. If author(s) are using any part of published paper (in English or any other language), they should give proper reference or in any case, if required they should get permission from the previous publisher or copyright holder (whichever is suitable). Plagiarized manuscripts would not be considered for publication. If plagiarism is found in any published paper after internal investigation, a letter would be immediately sent to all the authors, their affiliated institutes and funding agency, if applied and subsequently the paper will be retracted.

The views expressed in the papers are the sole responsibility of their authors. The original Boletim do Instituto de Pesca reserves the right to make minor adjustments in order to maintain the uniformity of publication.

Author rights

The Boletim do Instituto de Pesca (BIP) uses the CC BY License for all articles published after March 2018. The CC BY License allows others to distribute, remix, adapt and create from their work, even for purposes duly quoted. It is the most flexible license of all available licenses. It is recommended to maximize the dissemination and use of licensed materials.

Thus, by submitting your article to the BIP, the author agrees to its publication under the CC BY License, mentioned above. Consistent with this license, the BIP also follows the recommendations of the DOAJ - Directory of Open Access Journals - which encourages the publication of open access journals. In this way, once you have your article approved and published, the author retains all copyright and copyrights of the published version, transferring to the magazine the right to publish and keep updated this version of official registration, under the terms indicated above. The authors are encouraged to archive this version of official registration, published by BIP, both in social media dedicated to scientific communication and in personal or institutional repositories.

As the author, you (or your employer or institution) have some rights to reuse your work, always bearing in mind the terms of the above CC BY license. In this case, the authors have the right to:

Share your article in the same manner as allowed to third parties, under the terms of the Creative Commons CC BY license, provided that the work used is referenced and quoted:

Preserve patent, trademark and other intellectual property rights (including research data).

Appropriate allocation and credit for the published work.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: Declarations of interest: none This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches.

Animal and Human rights

In works that involve the manipulation of vertebrates, a certificate must be sent that the research was approved by the Ethics and Biosafety Committee of the institution of origin of the research. Human Research Also, a certificate that the project was approved by the Ethics Committee in Research with Human Beings should be sent in case of socioeconomic or ethno-ecological studies. Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed

Ethical Standards

The act of publishing involves the author, the journal editor, the peer-reviewer, the publisher and there are clear responsibilities that all involved to meet expected ethical standards at all stages in their involvement from submission to publication of an article.

The Boletim do Instituto de Pesca is committed to meeting and upholding standards of ethical behaviour at all stages of the publication process. We follow the Council of Science Editors (CSE) that has set standards and provide guidelines for best practices in order to meet these requirements, with respect to: Monitoring/safeguarding publishing ethics by editorial board; Rules for retracting articles; Maintaining the integrity of the academic record; Precluding business needs from compromising intellectual and ethical standards; Always be willing to

publish corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. Banning any form of plagiarism and/or fraudulent data.

The Chief Editor, Associate Editors and Editorial Board guarantee the needs of readers and authors, ensure the quality of the material they publish, maintain the integrity of the academic record, guarantee intellectual standards and are always willing to publish corrections, clarifications, retractions and apologies in the implementation of Best Practice Guidelines on Publication Ethics, intellectual and ethical standards.

Types of Papers

Scientific paper

Paper resulting from scientific research, presenting original data obtained in a planned manner, based on scientifically accepted methods, strictly controlled and appropriate statistical planning that can be replicated and generalized. The discussion should be careful with sound scientific basis; should not be limited to comparisons of the results with the literature, but present inferences, assumptions and arguments about what was studied.

Short communications

Short communication unprecedented result of scientific research, whose immediate disclosure is justified, but with insufficient information to form a scientific article. Included in this category describing a technique, the record of the discovery of a new species, observations and results of surveys of experiments that can not be repeated, and other unique situations. It must have the same rigor of a scientific article and contain the elements necessary to assess the arguments presented.

EDITORIAL PROCEDURES

Served Cost

The cost is US\$ 30.00 (thirty dollars) per final page typeset for publication. For Brazilians this cost per page will be R\$ 90.00 (ninety Reais).

To transfer

Beneficiary: Fundação de apoio a pesquisa agrícola – FUNDAG

Bank: Banco do Brasil S/A

Branch: 3360-X – Empresarial Campinas

Account: 4200-5

Beneficiary Route Number: BRASBRRJCAS

Beneficiary Account Number: 0013360X0000042005

Beneficiary Payment Method: R-SWIFT

Beneficiary address: Av. Jesuíno Marcondes Salgado, nº 160 – Nova Campinas, ZIP CODE 13090-732 – Campinas/SP - Brasil

The proof of deposit or transfer must be sent to the e-mail of the Editorial Committee (ceipboletim@gmail.com).

In order not to be paralyzed the paper evaluation process and FUNDAG payment receipt, authors must send the following information: Name, CPF only (Brazilians), telephone and full address (include the neighborhood and zip code). Without the filer's ID, the job evaluation process will not start.

For the issuance of FUNDAG payment receipt, the authors must send the following data: Name, CPF, telephone and full address (include the zip code).

PAPER SUBMISSION

The paper must be sent by e-mail, duly identified in Microsoft Word file.

In paper involving the handling of vertebrates should be sent a certificate that the research was approved by the Ethics Committee and Biosafety research institution of origin.

After the approval of the paper, shall be submitted to the Editorial Board the Copyright Assignment and Authorization document for publication in Electronic Media, containing only the signature of the author responsible for the submission of paper, and whose model is:

Paper analysis

The submitted paper will be primarily evaluated by the Editorial Board.

After preliminary approval by the Editorial Board, and the chronological order of receipt, the paper is sent to at least two reviewers of recognized expertise. Then, if necessary, return to the (s) author (s) for changes / corrections. The return of the text may occur more than once, if the (s) author (s) request (in).

The paper will be accepted for publication if you have two favorable opinions, or rejected when at least two opinions are unfavorable. In case of conflicting opinions among reviewers, the paper is sent to a third reviewer.

The accepted paper will return to the (s) author (s) to finalize any proposed changes and perform rigorous review before the document is submitted to the process of editing and formatting the Boletim do Instituto de Pesca style. The deadline for return of this final revised version will be seven days.

Important: if the paper is rejected in the preliminary assessment of the editorial board (for the inadequacy of the BIP standards for not fit the theme of the journal scope for redaction problems [linguistic, morphological and syntax inadequacies] or lack of technical quality) or the final evaluation of the reviewers "ad hoc", the deposit will not be refunded or can be reused for other submissions of the authors.

Final dispositions

Omissions will be evaluated by the Editorial Board of Instituto de Pesca.

STRUCTURE OF THE PAPER - Formatting

General instructions

The paper must be typed in Microsoft Word text editor, according to the following format: Book Antiqua font, size 11; line spacing: 1.5; page size: A4; left and right margins: 2.5 cm; top and bottom margins: 3.0 cm; maximum number of pages, including Figure (s) and / or table (s) and References: Scientific Paper: up to 25 pages; Short communications: up to 15 pages. Lines should be numbered sequentially, from first to last page. Pages should also be numbered.

Scientific paper structure

The Scientific paper format should follow the order: Title (written in English and Portuguese; the same for Spanish), Author(s), institutional addresses (complete) and electronic, Abstract and Keywords (written in English and Portuguese too; also in Spanish), Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements (optional) References.

The Title, Abstract and Keywords must be translated to English, in the case of papers written in Portuguese or Spanish, and Portuguese, in the case of papers written in English or Spanish.

The terms: Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements and References should be aligned to the left and spelled in capital letters and bold.

TITLE

Must be clear and concise (not to extend for more than two lines or ten words) written in Portuguese and English and, if applicable, in Spanish, English and Portuguese. It should be written in capital letters and centered on the page. In the case of paper with financial support, inform on the first page where the financing agent, indicated with an asterisk, also affixed to the end of the title. It is recommended that is not inserted the scientific name of the species and the reference to its descriptor, unless it is essential (for poorly known species).

NAME (S) AUTHOR (S)

(Are) to be presented (s) complete (s) and direct order (first and surname), with only the surname by which the (s) author (s) must (m) be identified (s) in capital letters. The affiliation (s) of author (s) as well as a complete mailing address and an e-mail should be placed on the first page, following the authors' names, being identified (s) by Arabic numbers, separated by commas when necessary.

Note: It not be accepted more than six authors

ABSTRACT and Keywords

The abstract must contain concisely the objectives, methodology, results and conclusions, using a maximum of 200 (two hundred) words. It must be written so that the reader is interested in reading the entire paper.

Keywords: at least three (3) and at most six (6) written in small letters and separated by semicolons. It should not repeat words already in the title.

INTRODUCTION

Should occupy preferably no more than two pages, with the scientific problem to be solved and its importance (rationale for conducting the paper), and the development / current status of the researched subject. The last paragraph must express the objective, being consistent with that contained in the abstract.

MATERIAL AND METHODS

Must briefly describe the applied methodology, organized preferably in the order of application and so the experiment can be reproduced. This item may vary depending on the thematic nature of the document, but in general should contain a description of the site sampling procedure, frequency, period, instrument and methods, other relevant variables or the design of the experiment, the description of the treatments and variables, the number of repetitions and characteristics of the experimental unit. It should contain information about the statistical methods and data transformations. One should avoid unnecessary detail, the description of extensive use of current techniques and the use of unusual abbreviations.

RESULTS

The results should be presented separately from the discussion. And this can be done literally or under the form of tables and / or figures. Data presented in tables or figures should not be systematically repeated in the text.

Tables:

Should be numbered with Arabic numerals and legend placed on the top of the table. It is recommended that the data presented in tables are not repeated in graphics, unless absolutely necessary. Tables should have a maximum of 16 cm wide. Should be avoided whenever possible, tables in a "landscape". Abbreviations should also be avoided unless for measuring units. If necessary, however, should have their meaning indicated in caption under the table.

Figures (graphs, drawings, maps or photos):

Should be no more than 16 cm wide and 21 cm high, numbered in Arabic numerals, with self-explanatory title below. Words in graphs and maps should be readable font. It is recommended not insert graphics, maps or photos in tables or frames. Graphics should not have grid lines or edges.

Original drawings, maps and photos should be sent in separate files, preferably in digital format "tif" or "jpeg", and allow reduction to 16 cm or 7.5 cm wide without loss of resolution.

DISCUSSION

Should be prepared and not just a comparison of data obtained with the available literature. Should focus on and demonstrate the main ideas and contributions made by paper, as well as comment on whether there is need for further research or on any limitations found. Avoid repeating already figures in the results.

CONCLUSIONS

Should be clear, concise and respond to the objective of the study.

ACKNOWLEDGEMENTS (optional)

Should be succinct, directed the institution or person who has effectively contributed to the realization of the paper. Preferably should not exceed five lines.

STRUCTURE OF SHORT COMMUNICATION

Should follow the similar order of the scientific paper containing Title, Author, institutional addresses and electronic, Summary, Keywords, Title in English, Abstract, Key words, Introduction, Material and Methods, Results (s) and, eventually, Discussion, Acknowledgement (s) (optional) and References. Results and Discussion in this case may be presented as a single item.

The format follows the same pattern, but with a maximum 15 pages (including tables and figures).

Note: It not be accepted more than six authors

REFERENCES (for ALL types of paper)

Should be presented in alphabetical order of surname of the authors, unnumbered.

Should contain the names of all authors, publication year, article title (in full) and periodical (also full), volume number and / or editing and number and / or page range.

The accuracy and appropriateness of the references that have been cited in the text are those of the author.

Dissertations and theses should be avoided as references. However, it is accepted when absolutely necessary, but should be available online.

Papers completed undergraduate and abstracts presented at conferences are not valid references.

Note: inadequacies in the references also result in the refusal of paper

Text citations

Use the system author/date, ie the author's last name the year in which the paper was published.

Examples:

* For an author: "Mighell (1975) observed ..."; "According to Azevedo (1965), the spawning ..."; "These statements were confirmed in later papers (Wakamatsu, 1973)."

* For two authors: "Richter and Efanov (1976) researching ..."

* For three or more authors: the first author should be followed by "et al." (Example: "Soares et al. (1978) found ... "or" This fact was found in Africa (Soares et al., 1978)."

* To the same author in different years of documents, respecting chronological order, separated by commas year. Example: "According to Silva (1980, 1985) ..."

* When citing several authors sequentially, the chronological order of publication year should be respected and separated by semicolons. Example: "... in commercial nurseries (Silva, 1980; Ferreira, 1999; Giamas and Barbieri, 2002)"

Citations in the REFERENCES list

THE PRINTED DOCUMENTS

Papers are listed as follows:

Barbieri, E.; Bondioli, A.C.V.; DE Melo, C.B.; Henriques, M.B. 2014. Nitrite toxicity to *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936, Crustacea) at different salinity levels. *Aquaculture Research*, 47(4): 1260-1268.

DOCUMENTS WITH DOI

Barbieri, E.; Coa, F.; Rezende, K.F.O. 2016. The exotic species *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) occurrence in Cananeia, Iguape and Ilha Comprida lagoon estuary complex. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(3): 479-485. <http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n1p479>.

References should be ordered alphabetically by last name of the first author. If there is more than one paper with the same last name, it is considered the chronological order and, continuing the coincidence, the alphabetical order of the third reference element.

Recalling after the authors' names, enter the year of publication, article title, journal title (to repeat, MUST NOT BE SHORT), volume, the issue and the number / page range.

The citation dissertation and thesis, types of documents that can be used only when necessary ABSOLUTELY and is available online, it must be made as follows:

Bernadochi, L.C. 2012. *Captação de sementes em coletores artificiais e cultivo da ostra perliífera *Pinctada imbricata* (Mollusca: Pteriidae)*, São Paulo, Brasil. São Paulo. 75f. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes.pg.php>> Acesso em: 22 ago. 2014.

To book, also used only when necessary ABSOLUTELY, the citation should be:

Gomes, F.P. 1978. Curso de estatística experimental. 8ª ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 430p.

Engle, R.F.; Granger, C.W.J. 1991. Long-run economic relationship: readings in cointegration. New York: Oxford University Press. 301p.

New, M.B.; Valenti, W.C.; Tidwell, J.H.; D’Abramo, L.R.; Kutty, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. Wiley-Blackwell, Oxford. 544 p.

Book chapter or publication on collective paper, is cited:

Moraes-Valenti, P.; Valenti, W.C. 2010. Culture of the Amazon river prawn *Macrobrachium amazonicum*. In: NEW, M.B.; VALENTI, W.C.; TIDWELL, J.H.; D’Abramo, L.R.; Kutty, M.N. Freshwater prawns: biology and farming. Wiley-Blackwell, Oxford. p. 485-501.

Laws, Decrees, Normative Ordinances and instructions are included in the list as follows:

Brasil, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, 05 de outubro de 1988, nº. 191-A, Seção 1, p. 1.

Brasil, 2000. LEI nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o Art. 225, § 1º., incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 19 de julho de 2000, nº. 138, Seção 1: p. 45.

Brasil, 1990 Decreto nº. 98.897, de 30 de janeiro de 1990. Dispõe sobre as reservas extrativistas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 31 de janeiro de 1990, nº. 22, Seção 1, p. 2.

Brasil, 2007. Instrução Normativa nº. 02, de 18 de setembro de 2007. Disciplina as diretrizes, normas e procedimentos para formação e funcionamento do Conselho Deliberativo de Reserva Extrativista e de Reserva de Desenvolvimento Sustentável. Diário Oficial da União, 20 de setembro de 2007, nº. 182, Seção 1, p. 102.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2010b Portaria nº. 77, de 27 de agosto de 2010. Cria o Conselho Deliberativo da Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo/RJ. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de setembro de 2010, nº. 168, Seção 1: p. 69.

ELECTRONIC REFERENCES (journals published exclusively online, documents online consulted)

Examples:

Lam, M.E.; Pauly. D. 2010. Who is right to fish? Evolving a social contract for ethical fisheries. *Ecology and Society*, 15(3): 16. [online] URL: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art16/>>

Castro, P.M.G. (sem data, on line) A pesca de recursos demersais e suas transformações temporais. Disponível em: <<http://www.pesca.sp.gov.br/textos.php>> Acesso em: 3 set. 2014.

Toledo Piza, A.R.; Lobão, V.L.; Fahl, W.O. 2003. Crescimento de *Achatina fulica* (gigante africano) (Mollusca: Gastropoda) em função da densidade de estocagem. In: Reunião Anual da Sociedade brasileira para o Progresso da Ciência, 55, Recife, 14-18 jul./2003. Anais... Recife: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. 1 CD-ROM.

ADDITIONAL INSTRUCTIONS

Formula, expression and mathematical equation

If without special characters can be inserted in the text. Example: Weight Gain = end Weight - initial weight. If you have special characters, must appear in isolated line.

Measurement units

It should be presented in the International System of Units. Example: 10 m²; 100 fish m⁻¹; 20 t ha⁻¹.

Number of decimal places

Should be standardized for all text. For example, spelled the length of the specimens sampled to one decimal place, throughout the text the figures for this parameter should be spelled with one decimal place.

Appendices and attachments

Not accepted