



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
CAMPUS II- AREIA

LUIZA THALITA LIMA DE MOURA

**QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTUÁRIO MAMANGUAPE
ATRAVÉS DA BIOINDICAÇÃO DE DIATOMÁCEAS
(Bacillariophyta)**

Areia, Paraíba, Brasil
2016

LUIZA THALITA LIMA DE MOURA

**QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTUÁRIO MAMANGUAPE
ATRAVÉS DA BIOINDICAÇÃO DE DIATOMÁCEAS
(Bacillariophyta)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra.

Orientadora: Luciana Gomes Barbosa
Co-orientador: Eduardo A. Morales

Areia, 2016

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia - PB

M929q Moura, Luiza Thalita Lima de.

Qualidade ambiental do estuário Mamanguape através da bioindicação de diatomáceas (Bacillariophyta) / Luiza Thalita Lima de Moura. – Areia - PB: CCA/UFPB, 2016.

33 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Bibliografia.

Orientadora: Luciana Gomes Barbosa.

Estuário Rio Mamanguape – Qualidade ambiental 2. Estuário Mamanguape – Modificações multitemporais 3. Diatomáceas – Bioindicação I. Barbosa, Luciana Gomes (Orientadora) II. Título.

UFPB/BSAR

CDU: 556.54(043.3)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
CAMPUS II – AREIA-PB**

**TÍTULO: “QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTUÁRIO MAMANGUAPE ATRAVÉS DA
BIOINDICAÇÃO DE DIATOMÁCEAS (Bacillariophyta)”**

AUTOR: LUIZA THALITA LIMA DE MOURA

JULGAMENTO

CONCEITO:

EXAMINADORES:

Dra. Luciana Gomes Barbosa
Presidente da comissão examinadora

Dr. George Emmanuel Cavalcanti de Miranda
Examinador externo

Dr. Leonardo Pessoa Felix
Examinador interno

Areia - PB, 31 de agosto de 2016

Ao relicário chamado: “Te amo desde o primeiro dia que te vi.”

Dedico este trabalho a ausência mais presente da minha vida, à pequena guerreira cheia de medos e coragem e ao menino que vive com a cabeça na lua. Pai [*in memoriam*], mãe e irmão esta obra pertence a vocês.

Agradecimentos

Acima de tudo agradeço a Deus por me conceder tanta força de vontade para chegar aqui, e eu cheguei!

Ao ICMBio e ao NULIBA pelo apoio logístico deste trabalho, a CAPES pelo financiamento da minha bolsa e ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade.

Aos meus familiares pelo imensurável apoio, agradeço principalmente a minha mãe e irmão maiores incentivadores de minha chegada até aqui. Aos que cuidaram dos meus na minha ausência, obrigada tia Neide, tio Carlos, tio Marco, Thayná, Jane, tio Nilson e tio Nivaldo por segurarem legal na minha ausência a barra mais pesada que eu tive.

A minha orientadora Luciana Gomes Barbosa por aceitar as ideias loucas da “serumaninha da ecologia” e ir se aventurar em águas salinas. Obrigada por ter tornado-se parte importante do meu crescimento pessoal e profissional, gratidão!

Ao professor Eduardo Morales pela sempre disponibilidade em auxiliar na minha pesquisa, obrigada pelos conselhos, pelo apoio na identificação que engrandeceram e muito meu trabalho.

Aos professores que contribuíram no meu crescimento profissional, obrigada Helder, Bandeira, Bráulio, Alexandre Vasconcellos, Ruceline Lins, Rodrigo Melo e Célia Machado (o que dizer dessa ein?), Célia, muitíssimo obrigada pela paciência, por acreditar tanto em mim e por ter me ensinado tanto sobre SIG e Sensoriamento Remoto, obrigada pelas “conversas de bota batida” que descontraíam e tornavam mais agradáveis o nosso trabalho, gratidão pela sempre disponibilidade em fazer o melhor por mim e pelo meu trabalho, cresci muito com seu apoio, obrigada.

Aos milhares de laboratórios que visitei obrigada Enoque pela melhor aula de microscopia que já tive na vida! Ao professor Leonaldo, ao professor Adailson, a Elton, a professora Lucina, Teresiana e George Miranda gratidão por cederem os espaços de responsabilidade de vocês para meu trabalho.

Aos colegas feitos nessa jornada chamada pegar dois “busões” para chegar em Areia, Davi, Fran, Renata e Emilly foi bem divertido pegar o rio-tintense e o são José com vocês!

As meninas da casa do mestrado por terem me acolhido, obrigada por nesse período me fazerem me sentir como membro da casa. A Dalila e a Wanessa pela sempre disponibilidade em casa, foi muito incrível os tempos de hospedagem com vocês, às conversas bobas de noite e as comidas loucas que às vezes fazíamos.

A dona Núbis da Silva, muito obrigada amiga por absolutamente tudo, pelo apoio imensurável, por ter se tornado minha maior segurança dentro do CCA e pela amizade que só fez ter início aqui! A Carem Nobre por todo apoio, a Janderson (amigo tu é 10), obrigada por todo apoio no início dessa jornada louca que entrei! A Leine, Ione e Lidi por aturarem minhas cozinhas no quarto de vocês.

Aos colegas feitos no laboratório, Jânio (gratidão por tudo!), Gabriel, Normand (terça-feira), Kika (chego já), João Paulo (tu é 10 amigo), Verônica (minha baiana favorita), Kelly (abençoada), Karine, Fátima (Gul, a força do amor), Dani (caras e bocas), Taty (a menina do PC de ouro) e seu respectivo namorado, Isis (minha filha adotiva), Emanuel e Cristina (Cris).

A melhor turma do PPGBio, Leo (Coisinha, tu não vai se livrar de mim fácil assim não viu), Samara, Wilde, Paulo e Caio foi um prazer estudar com vocês.

As minhas revisoras Malu, Gabi e Rafaela obrigada por me ouvirem sempre e por lerem meu trabalho comigo, amo vocês!

Aos moços da casa amarela, muito obrigada Fellipe, Eduardo (Dudes) e Marllon por gastarem um Frisante raríssimo, só porque a amiga de vocês tinha passado no mestrado (sobretudo, por nunca postarem o vídeo da minha comemoração, OBRIGADA!).

Ao designer que mudou as cores da minha vida, sr. Marllon Satierf, muito obrigada por sempre me fazer ver as coisas sob uma ótica mais bonita, por ter passado dois anos ouvindo minhas alegrias e lamúrias e por ser o primeiro designer especialista em estuários e diatomáceas que já conheci na vida!

A Léia Lobo, acima de tudo pela amizade sincera, pelo “vou fazer de tudo” quando te contei sobre minhas coletas, a Marcelo Melo o melhor motorista de rali dos sertões que eu já tive na vida, vocês são uns amigos e tanto!

Aos amigos que me apoiaram e sonharam esse sonho junto comigo Aldemir, Layana, Marília, Jéssica e Kleber.

A comunidade da Barra de Mamanguape por me fazer uma pessoa mais feliz desde o segundo período de graduação. Obrigada Adriano, dona Lora, dona Aparecida e Nina por tornarem minhas coletas um pouco mais acessíveis.

A todos que contribuíram de forma efetiva para realização deste sonho,
gratidão!

“Porque existe uma grande verdade neste planeta: seja você quem for ou o que faça, quando quer com vontade alguma coisa, é porque esse desejo nasceu na alma do universo. É sua missão na Terra.”

Paulo Coelho- O Alquimista

RESUMO

Com o objetivo de caracterizar a qualidade ambiental e as modificações multitemporais do Estuário do Rio Mamanguape, foram realizadas análises de sensoriamento remoto (IVs), Índices de Vegetação e Classificação, bem como análises da comunidade de diatomáceas em sedimentos. Delimitado por duas Unidades de Conservação (UCs), ambas com gestão de responsabilidade federal, a Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape (APA Mamanguape) e a Área de Relevante Interesse Ecológico da Foz dos Manguezais do Rio Mamanguape (ARIE Mamanguape), o estuário representa uma importante área de conservação e refúgio para *Trichechus manatus*. As hipóteses gerais deste trabalho foram: i) As unidades de conservação, embora bastante pressionadas pelas modificações antrópicas, têm atendido de maneira efetiva a conservação do estuário Mamanguape e, ii) As espécies de diatomáceas encontradas ao longo do estuário e os fatores físico-químicos indicam alta qualidade ambiental do corpo aquático. Para análise de modificações multitemporais do estuário ao longo dos anos usou-se índice de vegetação e classificação. Foram obtidas seis imagens correspondentes a região analisada através do site do GloVis, dos anos de 1985, 1994, 1999, 2001, 2010 e 2016. As imagens foram processadas no programa ERDAS versão 9.3 e analisadas através dos índices NDWI, Albedo e Classificação. Foi feita correlação de Pearson para analisar possíveis associações entre os dados de precipitação pluviométrica acumulada e os índices analisados. O NDWI e o Albedo constatarem correlação com a precipitação acumulada, diferente da classificação que mostrou que a monocultura (implantação anterior à criação da UC) e os tanques de carcinicultura (implantação em 2001) aumentaram acentuadamente até 2016, com um recuo na vegetação a sul associado à monocultura nas duas áreas de conservação, com maior expansão na APA Mamanguape. Em relação a análise diatomológica, os doze pontos de amostragem foram predispostos de acordo com a presença de modificações antrópicas (tanques de carcinicultura, presença de resíduos sólidos e ausência desses fatores), em dois períodos distintos um de maior vazão do estuário e um de menor vazão (estiagem e enchente). A vazante foi obtida no site da ANA através do software HidroWeb que disponibiliza os dados fluviométricos. Foram coletados *in situ* Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura da água e do ar, condutividade elétrica, transparência da água (Seccli) e pH e amostras de água superficial para posterior análise de fósforo total (Pt) e ortofosfato (Orto-P). Amostras de sedimento foram obtidas para análises de Pt, Orto-P, Matéria Orgânica e diatomáceas. Detectou-se 47 táxons de diatomáceas distribuídos nos dois hidroperíodos, sendo a região de maior riqueza a ZM caracterizada por vegetação de mangue e sedimento composto de silte e argila. Não houve grandes alterações de táxons nos dois períodos analisados, com exceção da *Seminavis cf. robusta.*, *Pleurosigma aestuari*, *Cocconeis sp.* e *Grammatophora sp.* encontrada apenas no período de maior vazão. As espécies que estiveram presentes em todas as Zonas foram *Cocconeis sp.*, *Diploneis cf. bombus* e *Diploneis sp.* Para ZM foram registradas altas disponibilidades de Pt, tanto na água, como no sedimento, e alta abundância de espécies de diatomáceas. Em conclusão: i) o índice de classificação foi mais eficaz na compreensão das diferentes paisagens e de alterações nas UCs, indicando mudanças na estrutura vegetação e avanço de atividades com finalidades econômicas; ii) a região de manguezal (ZM) tem atuado como filtro de nutrientes e de diatomáceas advindos tanto do continente, como oceânicas, bem como das áreas de tanques de carcinicultura continentais.

Palavras Chave: Estuários, Classificação Supervisionada, Qualidade Ambiental, Diatomáceas

ABSTRACT

In order to characterize the environmental quality and multitemporal changes in Mamanguape River Estuary, remote sensing analyses were performed (IVs) Vegetation Index and Rating and analysis of diatom community in sediments. Bordered by two protected areas, both federal liability management (CUs), the APA of the Mamanguape River Bar (APA Mamanguape) and ARIE Foz do Mamanguape River (ARIE Mamanguape), the estuary is an important conservation and refuge area for *Trichechus manatus*. The general hypothesis of this study were: i) conservation units, although quite pressured by anthropogenic changes have served effectively the conservation of Mamanguape estuary and, ii) the species of diatoms found along the estuary and the physicochemical factors indicating high quality environmental body aquatic. For analysis of multitemporal estuary, modifications over the years it was used vegetation and classification index. Six images were obtained corresponding to the region analyzed by Glovis website, for the years 1985, 1994, 1999, 2001, 2010 and 2016. The images were processed in the program ERDAS version 9.3 and analyzed by the NDWI indices Albedo and Classification. It was done Pearson correlation to analyze possible associations between data accumulated rainfall and analyzed indices. The NDWI and Albedo found correlation with the accumulated rainfall, different classification which showed that monoculture (previous deployment creating UC) and the tanks of shrimp (implementation in 2001) increased sharply by 2016, with a decrease in vegetation south associated with monoculture in both conservation areas, with further expansion in APA Mamanguape. For diatoms analysis, the twelve sampling points were predisposed according to the presence of human disturbances (aquaculture tanks, the presence of solid waste and the absence of these factors) at two different periods a higher flow estuary and a lower flow (drought and flood). The ebb was obtained in ANA's website through HIDROWEB software that provides the streamflow data. It was collected *in situ* Dissolved Oxygen (DO), temperature of water and air, electrical conductivity, water transparency (Secchi), pH, and samples of surface water for later total phosphorus analysis (Pt) and orthophosphate (Ortho-P). Sediment samples were obtained for Pt analyzes, Ortho-P, organic matter and diatoms. 47 taxa was detected diatomaceous distributed on both hydroperiods, with the region of greater richness ZM characterized in mangrove vegetation is composed of silt and clay sediment. There were no major changes of taxa in both periods analyzed, except *Seminavis cf. robusta*, *Pleurosigma aestuari*, *Cocconeis sp.*, and *Grammatophora sp.* found only in the period of higher flow. The species that were present in all zones were *Diploneis cf. bombus* and *Diploneis sp.* For ZM were recorded high availability of Pt both in water and sediment and high abundance of diatom species. In conclusion: i) the classification index was more effective in understanding the different landscapes and changes in protected areas, indicating structural changes in vegetation and activity progress with economic purposes; ii) the region of mangrove (ZM) has acted as a nutrient filter and diatomaceous arising both from the continent and ocean, as well as the areas of continental shrimp tanks.

Keywords: Estuaries, Unsupervised Classification, Environmental Quality, Diatoms

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 01

Análise Espaço Temporal das Modificações em Unidades de Conservação do Estuário Mamanguape, Paraíba, Brasil.

Tabela 1. Descrição das bandas e faixas espectrais correspondentes ao OLI Landsat 8 utilizadas neste trabalho, fatores multiplicativos (FM) e aditivos (FA) para cálculo da radiância e reflectância espectral da imagem de 04/08/2013, irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($ESUN_{\lambda}$) e peso de cada banda na composição do albedo planetário ($W_{\lambda i}$).....	30
Tabela 2. Dados de precipitação acumulada antes de cada imageamento.....	36
Tabela 3. Valores de significância (P) e de coeficiente de correlação (r) obtidos entre os acúmulos de precipitação mensais até ao terceiro mês anterior aos imageamentos e os parâmetros biofísicos analisados (α - albedo da superfície e NDWI - índice de umidade), utilizando a correlação de <i>Pearson</i>	37

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 01

Análise Espaço Temporal das Modificações em Unidades de Conservação do Estuário Mamanguape, Paraíba, Brasil.

Figura 1. Localização do Estuário Mamanguape delimitado por duas Unidades de Conservação (Paraíba, Brasil).....	27
Figura 2. Estatística descritiva do índice de umidade (NDWI-A) e do albedo da superfície (α -B), referente aos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão, para todas as imagens selecionadas, região APA Mamanguape.....	31
Figura 3. Variabilidade espaço-temporal do Índice de umidade (NDWI) na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.....	33
Figura 4. Variabilidade espaço-temporal do albedo da superfície (α) na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.....	35
Figura 5. Precipitação acumulada 30 dias antes dos imageamentos e média dos pixels das imagens-albedo (esquerda) e das imagens-NDWI (direita).....	37
Figura 6. Variabilidade espaço-temporal da Classificação na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.....	39
Figura 7. Variabilidade espaço-temporal da Classificação dos aspectos paisagísticos da APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.....	40

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 02

Diatomáceas Epilíticas (Bacillariophyceae) em gradiente de salinidade no Estuário Mamanguape.

Tabela 01- Coordenadas dos Pontos de Amostragem.....	54
Tabela 02- Variáveis abióticas do estuário Mamanguape.....	58
Tabela 03- Lista de espécies de diatomáceas do estuário Mamanguape no verão (março/2015) e inverno (agosto/2015).....	61

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 02

Diatomáceas Epilíticas (Bacillariophyceae) em gradiente de salinidade no Estuário Mamanguape.

Figura 01. Localização do estuário Mamanguape. Fonte: AESA.....	53
Figura 02. Zonas estabelecidas para pontos de coletas do Estuário Mamanguape.....	54
Figura 03. Variação de P-total e P-Orto na água no verão (A) e inverno (B).....	59
Figura 04. Valores de P-Total no sedimento do estuário Mamanguape, os valores mais altos foram alcançados na ZM em ZC constatou-se valores inferiores a $26,10 \mu\text{g/g}^{-1}$ no verão e $18,32 \mu\text{g/g}^{-1}$ no inverno.....	60
Figura 05. a) e l) <i>Nitzschia granulata</i> ; b) <i>Cocconeis scutellum</i> ; c) <i>Cocconeis placentula</i> ; d) <i>Tryblionella granulata</i> ; e, m)... sp.; f) <i>Diploneis</i> sp. g) <i>Diploneis bombus</i> ; h) <i>Diploneis parma</i> ; i) <i>Coscinodiscus</i> sp. j) <i>Thalassiosira</i> sp.; k) <i>Cyclotella</i> sp.; n) <i>Cyclotella littoralis</i> ; o) <i>Anorthoneis</i> sp.; p) <i>Actinoptychus</i> sp.; q) <i>Tryblionella</i> sp.....	62
Figura 06. a) <i>Pleurosigma aestuari</i> ; b) sp.; c) <i>Planothidium</i> sp.; d) <i>Planothidium delicatulum</i> ; e, q) <i>Planothidium</i> sp.; f, g, h, i) <i>Plagiogramma</i> sp.; j) <i>Dimeregramma</i> sp. ; k, l) <i>Nitzschia</i> sp.; m, n) <i>Fragilaria</i> sp.; o, p) <i>Gomphonema</i> sp.; r) <i>Cocconeis</i> sp.....	63
Figura 07. a) <i>Cymbella</i> sp.; b, c, d, f, g) <i>Encyonema</i> sp.; e) <i>Eunotia</i> sp.; h) <i>Gramatophora oceânica</i> ; i) <i>Gramatophora</i> sp.; j) <i>Pinullaria</i> sp.....	64
Figura 08. Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando a associação de diatomáceas com a estrutura abiótica do estuário Mamanguape.....	65

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	17
OBJETIVO GERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO I- Análise Multitemporal das Modificações em Unidades de Conservação do Estuário Mamanguape, Paraíba, Brasil.....	23
1. Resumo.....	24
2. Introdução.....	24
3. Materiais e Métodos.....	26
3.1. Área de Estudo.....	26
3.2. Obtenção e tratamento dos dados e das imagens.....	27
3.3. Obtenção dos parâmetros biofísicos.....	28
3.3.1. Calibração Radiométrica.....	28
3.3.2 Reflectância.....	28
3.3.3. Índice de umidade (NDWI-Normalized Difference Water Index).....	28
3.3.4. Albedo Planetário ou Albedo Topo da Atmosfera (α_{toa}).....	29
3.3.5. Albedo de Superfície.....	29
3.3.6. Classificação supervisionada.....	30
3.3.7. Correlação de Pearson e estatística descritiva dos parâmetros biofísicos.....	30
4. Resultados e Discussão.....	31
4.1. Estatística descritiva dos parâmetros biofísicos.....	31
4.1.1. Variabilidade espacial dos parâmetros biofísicos.....	31
4.1.2. Análise da variabilidade temporal dos parâmetros biofísicos e sua correlação com a precipitação acumulada.....	36
4.1.3. Alterações de uso e cobertura pela classificação supervisionada.....	38
4.1.4. Implicações para a conservação.....	41
5. Conclusões.....	41
6. Referências Bibliográficas.....	41
ANEXO I.....	47

CAPÍTULO II- Diatomáceas epilíticas (BACILLARIOPHYCEAE) em gradiente de salinidade no Estuário Mamanguape.....	49
Abstract/Resumo.....	50
Introdução.....	51
Materiais e Métodos.....	52
Área de Estudo.....	52
Delineamento amostral.....	53
Amostragens da água.....	55
Geoquímica dos sedimentos superficiais.....	55
Diatomáceas.....	55
Análise taxonômica.....	56
Análise quantitativa.....	56
Informações ecológicas.....	56
Tratamento estatístico dos dados.....	56
Resultados.....	57
Parâmetros da água.....	57
Geoquímica do sedimento.....	60
Análise da comunidade de diatomáceas.....	60
Variação espacial.....	64
Bioindicação e associação variáveis abióticas e diatomáceas.....	65
Discussão.....	65
Referências Bibliográficas.....	67
ANEXO II.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

Introdução

Estuários são corpos de água costeiros semifechados, com uma livre ligação com o oceano aberto, na parte interior, a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce que é oriunda da drenagem continental (Cameron & Pritchard, 1963; Pritchard, 1967), representa um ecossistema costeiro de ligação com o mar aberto, podendo ser constituída de três zonas: primeiramente é caracterizada pelo aporte fluvial, bem como a zona de mistura, apresenta a parte mais influenciada diretamente por ações de marés na mistura da água salgada com a doce e a zona de turbidez, caracterizada pela água do mar, a qual acarretam a pluma de sedimentos no oceano (Day et al., 1989). São ecossistemas dinâmicos com alta heterogeneidade espacial, sua dinâmica é bastante influenciada pelos ciclos sazonais e de maré (Aquino et al., 2014). Possuem aspectos físico-químicos bastante dinâmicos em função da descarga de água advinda do continente em conjunto com a entrada da água do mar.

Recursos físico-químicos como a salinidade é um fator preponderante ao longo dos estuários (Kazama e Urabe, 2015). Variações climáticas influem na concentração de salinidade desses ambientes, como também as taxas de precipitação e evaporação (Costa et al., 2015). Diferenças de salinidade no estuário influem na distribuição das comunidades bentônicas (Leão et al., 2008).

Os estuários e os manguezais são altamente produtivos, desempenham um importante papel na estabilização da costa, agem como filtros de nutrientes (Burford et al., 2008). Os manguezais são berçários naturais para diversas espécies (Duarte, 2014), no entanto, a dinâmica desses ambientes ainda são bastante incompreendidas (Burford et al., 2008), caso que torna essas áreas sensíveis a ocupação e utilização antrópica.

Nos trópicos, os estuários estão sob crescente pressão dos impactos humanos e são pouco estudados quando comparados aos sistemas de clima temperado (Burford et al., 2008). A longa história de assentamento humano nessas regiões também aumenta a complexidade no estudo destes sistemas (Estrany & Grimalt, 2014). Atualmente esses ambientes estão sob constante estresse por descargas contaminantes que aumentou significativamente devido à urbanização e outras perturbações antrópicas (Nath et al., 2014).

Áreas protegidas foram criadas com o intuito de conservar e preservar regiões ecologicamente importantes (Brasil, 2000). Em regiões estuarinas, o vertiginoso crescimento da indústria tem sido acompanhado por uma profunda transformação dos

recursos naturais, a exemplo o crescimento de indústrias de carcinicultura tem causado a degradação de ecossistemas de manguezal (Queiroz et al., 2013), regiões sensíveis que apresentam seu papel de proteção (Barbiere, 2014).

No Brasil, apesar da existência de várias leis ambientais para proteger os manguezais e estuários, ecossistema tem sido afetado por uma variedade de atividades antrópicas (Santos et al., 2014). Dentre as medidas de mitigação dos impactos antrópicos, o Brasil abarca atualmente um total de 336 zonas protegidas identificadas em áreas costeiras e marinhas, a Plataforma do Norte tem a maior área protegida, com predominância de áreas sustentáveis (Schiavetti et al., 2013).

Diatomáceas formam um grupo de organismos unicelulares e autotróficos, que possuem formas solitárias ou coloniais, distribuídas em amplas áreas geográficas, e encontradas em ambientes aquáticos, terrestres ou subaéreos (Bold & Wynne, 1985), formas de vidas livres ou aderidas em plantas (epifíton), rochas (epilíton), grãos de areia (episamon) ou sedimento (epipelon) (Round et al., 1990). São microalgas que apresentam alta diversidade (Keck et al., 2016), utilizadas na compreensão e reconstrução paleontológica dos ambientes aquáticos como microfósseis, em trabalhos de bioindicação e alterações ambientais (Giorgio et al., 2016).

Em termos de bioindicação, diatomáceas trazem resultados proeminente devido sua peculiar autoecologia (Cucco et al., 2015). Em ecossistemas estuarinos as diatomáceas interagem com as alterações físico-química desse ambiente, trazem respostas sobre aspectos ecológicos passados (Mukherjee et al., 2015), indicando de forma analítica aspectos paleontológicos dos estuários (Guerreiro et al., 2013), além de exercer parte importante na base alimentar para as cadeias tróficas (Bichoff et al., 2016). São excelentes bioindicadoras de qualidade ambiental (Giorgio et al., 2016), atuando tanto na compreensão por meio do sedimento (Mikkola et al., 2015), como na coluna de água.

Dentre as Unidades de uso sustentável as APAs-Áreas de Proteção Ambiental-constituem como objetivo principal a organização territorial, através da criação de zonas que estabeleçam áreas utilizáveis e não utilizáveis (Brasil, 2000). A APA Mamanguape encontra-se atualmente enfrenta diversos conflitos em sua forma de uso (Plano de Manejo, 2013). Dentre esses conflitos, a carcinicultura e a monocultura (Silvestre et al., 2011), podem ocasionar alterações nos processos associados ao estuário Mamanguape. São objetivos deste trabalho a compreensão da qualidade ambiental do estuário Mamanguape por meio analítico dos fatores físico, químicos e biológicos do estuário.

Uma das perguntas levantadas no presente estudo é: O Estuário Mamanguape por sua importância ecológica e proteção por meio de sua delimitação por Unidades de Conservação, pode ser tido como área de estudos de referência? Sendo a principal hipótese: O estuário possui uma delimitação protegida, que confere uma assembleia de diatomáceas características de regiões de boa qualidade ambiental.

Objetivo Geral

Analisar a qualidade ambiental do estuário Mamanguape através do uso de Sensoriamento Remoto e bioindicação de diatomáceas em sedimento.

Objetivo Específico

- Compreender as modificações espaço-temporais ocorridas no estuário Mamanguape a partir da criação da Área de Relevante Interesse Ecológico dos Manguezais da Foz do Rio Mamanguape;
- Analisar a distribuição geográfica das diatomáceas de sedimento ao longo do estuário;
- Correlacionar os fatores físico-químicos com as assembleias de diatomáceas;
- Categorizar as espécies de diatomáceas segundo sua ecologia.

Referências Bibliográficas

- AQUINO, E.P., BORGES, G.C.P., HONORATO-DA-SILVA, M., PASSAVANTE, J.Z.O. & CUNHA, M. G. G. S. Microphytoplankton community and environmental variables in an urban eutrophic estuary (Capibaribe River, Northeast Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* (2014), 9(4): 267-277.
- BARBIERI, E.; MARQUEZ, H. L. A.; CAMPPOLIM, M. B. E SALVARANI, P. I. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Gestão Costeira Integrada*, 14(3):385-398, 2014.
- BICHOFF, A., OSÓRIO, N.C., DUNCK, B., RODRIGUES, L. Periphytic algae in a floodplain lake and river under low water conditions. *Biota Neotropica*. 16(3): e20160159. 2016
- BURFORD, M. A., ALONGI D. M., MCKINNON, A. D., TROTT, L. A.. Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 79, 3, 440-448, 2008 doi.10.1016/j.ecss.2008.04.01
- BRASIL, Sistema Nacional de Unidades de Conservação, 2000.
- CAMERON, W.M. & PRITCHARD D.W. Estuaries. In: Hill, M.N. (ed.) *The Sea*. Vol. 2. John Wiley and Sons, New York. 306-324pp.1963.
- COSTA, M. S., LIMA, K. C., ANDRADE, M. M., GONÇALVES, W. A. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 08, 05, 1321-1334.2015.
- CUCCO, A., UMGIESSER , G. DEIDUN A. *, TARASOVA , R. AZZOPARDI J. AND. GAUCI, A Development of a Novel Tool to Predict Different Water Quality Scenarios within a Marine Protected Area (MPA) in the Maltese Islands: The 2d SHYFEM-BFM Model. 2015.
- DAY JR, J. W; HALL, C. A. S; KEMP, W. M; YANES-ARANCIBA. *Estuarine Ecology*. Wiley, 1989.
- ESTRANY, J., GRIMALT, M. Catchment controls and human disturbances on the geomorphology of small Mediterranean estuarine systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 0272-7714, 2014.

- GIORGIO, A.; BONIS, S. D. E GUIDA, M. Macroinvertebrate and diatoms communities as indicators for the biological assessment of river Picentino (Campinia, Italy). *Ecological Indicators*, 64, 85-99, 2016.
- GUERREIRO, R. L.; STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M. E ASSINE, M. L. Late Pleistocene and Holocene Paleoenvironments in ponds and alluvial sediments of upper Paraná river, Brazil. *Rev. bras. paleontol.* 16(1):39-46, Janeiro/Abril 2013.
- ICMBio. 2013a. Plano de Manejo da APA da Barra do Rio Mamanguape e da AREI Manguezais da Foz do Rio Mamanguape. Brasília. 135.
- KAZAMA, T. E URABE, J. Relative importance of physical and biological factors regulating tintinnid populations: a field study with frequent samplings in Sendai Bay, Japan. *Marine and Freshwater Research* 67(4) 492-504. 2015.
- KECK, F., BOUCHEZ, A., FRANC, A., AND RIMT, E. Linking phylogenetic similarity and pollution sensitivity to develop ecological assessment methods: a test with river diatom. 2016 British Ecological Society.
- LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. D. O.; SILVA-CUNHA, M. D. G. G. DA E SANTIAGO, M. F. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3), 711–722. 2008.
- MIKKOLA, J. J.; HEINO, J. E SOININEN, J. Beta diversity of stream diatoms at two hierarchical spatial scales: Implications for biomonitoring. *Freshwater Biology*, 61(2), 239–250. 2016.
- MUKHERJEE, A.; DAS, S. E CHAKRABORTY, S. Study on mangrove associated estuarine waters of Northeastern Bay of Bengal reveals potential diatom indicators of dissolved inorganic compounds, 155–168. 2015.
- NATH, B., BIRCH, G., CHAUDHURI, P. Assessment of sediment quality in Avicennia marina-dominated embayments of Sydney Estuary: The potential use of pneumatophores (aerial roots) as a bio-indicator of trace metal contamination. *Science of the Total Environment*, 472, 1010–1022. 2014.
- QUEIROZ, L., ROSSI S., MEIRELES J. & COELHO, C. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970 e 2012: Trends after mangrove forest privatization in Brazil. *Ocean & Coastal Management* 73, 54-62. 2013.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.11.009
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. E MANN, D. G. The Diatoms: Biology and morphology of the genera. Cambridge, Cambridge University Press, 1990.

- SANTOS, L. C. M., MATOS, H. R., SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CUNHA-LIGNON, M., BITENCOURT, M. D., KOEDAM, N., DAHDOUH-GUEBAS, F. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. *Ocean & Coastal Management* 89, 39-50. 2014.
- SCHIAVETTI, A., MANZ, J., DOS SANTOS, C. Z. MAGRO, T. C., PAGANI, M. I. Marine Protected Areas in Brazil: An ecological approach regarding the large marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management* 76, 96-104. 2013.
- SILVESTRE L.C.; FARIAS D.L.S.; LOURENÇO J.D.S.; BARROS S.C.A. E BRAGA, N.M.P. Diagnóstico dos impactos ambientais advindo de atividades antrópicas na APA da Barra do Rio Mamanguape. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia* 7(12): 1-11. 2011.

CAPÍTULO I

Análise espaço-temporal de Unidades de Conservação Federais no litoral da Paraíba, Brasil.

Manuscrito a ser submetido ao periódico Ocean and Coastal Management

Análise espaço-temporal de Unidades de Conservação Federais no litoral da Paraíba, Brasil.

Luiza Thalita Lima de Moura¹, Célia Cristina Clemente Machado², Janaína Barbosa da Silva³, Eduardo A. Morales⁴, Luciana Gomes Barbosa⁵

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Rodovia PB 079 - km 12, Bairro Cidade Universitária - CEP: 58397-000 - Areia (PB - Brasil).

Email: luizathalita@hotmail.com¹, celiacmachado@gmail.com², janaina.barbosa@ufcg.edu.br³, edu_mora123@outlook.com⁴; lucianagbarbosa@yahoo.com.br⁵

Resumo: A compreensão da dinâmica dos ecossistemas costeiros em regiões tropicais apresenta muitas lacunas, sendo ainda pouco estudados quando comparados aos de clima temperado. O estuário do Rio Mamanguape, protegido pelas (UCs^{*}) Unidades de Conservação, APA Barra do Rio Mamanguape^{**} e ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape^{***}, enfrenta atualmente diversos conflitos de legislação e ocupação antrópica. Os objetivos do presente trabalho, associados à compreensão da efetividade das UCs foram i) avaliar a influência da precipitação sobre vegetação através dos índices NDWI^{****}, Albedo e Classificação e ii) caracterizar as modificações espaço-temporais do estuário Mamanguape ao longo dos anos através da classificação. Ao todo foram utilizadas seis imagens de órbita e ponto 214/65 obtidas na Viewer (GloVis) Global Visualization da (USGS) U.S. Geological Survey, correspondentes aos anos de 1985, 1994, 1999, 2001, 2010 e 2016. As imagens foram processadas no programa ERDAS versão 9.3 e analisadas através dos índices NDWI^{****} e Albedo e da Classificação Supervisionada. A Correlação de Pearson foi utilizada para analisar possíveis associações entre os dados de precipitação pluviométrica acumulada e os índices analisados. Correlações significativas entre as variáveis NDWI/albedo e a precipitação acumulada de 30 dias ($r = 0,86$; $p=0,03$), indicaram a resposta da vegetação mangue à precipitação e a sensibilidade desses índices às alterações de umidade no ambiente, tornando-os inadequados para avaliações espaço-temporais utilizando imagens com variabilidade interanual de precipitação. Os dados da classificação, não correlacionados com a precipitação, mostraram que a monocultura (implantação anterior à criação da UC) e os tanques de carcinicultura (implantação em 2001) aumentaram acentuadamente até 2016. A classificação supervisionada foi eficaz na compreensão das alterações nas UCs estudadas, indicando mudanças na estrutura da vegetação e o avanço de atividades com finalidades econômicas.

Palavras-chave: NDWI, Albedo, Classificação, Unidade de Conservação.

1.Introdução

Os ecossistemas costeiros, como as restingas, brejos, manguezais, dunas e estuários, assumem um importante papel ecológico (Sheaves et al., 2014). Os estuários são altamente produtivos, atuando na estabilização da costa, como filtros de nutrientes (Burford et al., 2008) e habitats de berçário para várias espécies. No entanto, a dinâmica desses ambientes ainda é consideravelmente incompreendida (Ramirez-Martínez et al., 2013), principalmente em regiões tropicais onde esses ecossistemas são pouco estudados quando comparados aos de clima temperado (Burford et al., 2008).

Os estuários, considerados corpos d'água costeiros, semifechados com uma livre ligação com o oceano aberto, apresentam em sua parte interior diluição significativa da água do mar (Cameron & Prichart, 1963; Prichart, 1967). O bom funcionamento desse

* Unidades de Conservação;

** Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape;

*** Área de Relevante Interesse Ecológico Manguezais da Foz do Rio Mamanguape;

**** Índice de diferença normalizada da água

ambiente depende da manutenção das paisagens naturais e funções hidrológicas (McGregor e Whitfield, 2014). Manguezais são regiões com alta sensibilidade a impactos, mediante papel de filtro ambiental (Barbier, 2016), berçário de espécies marinhas (Ramirez-Martínez et al., 2013) e proteção de zonas litorâneas (Burford et al., 2008).

O vertiginoso crescimento humano tem sido acompanhado por uma profunda transformação dos recursos naturais, a exemplo do avanço da carcinicultura em manguezais (Queiroz et al., 2013), como também em sistemas estuarinos (Estrany e Grimalt, 2014). Atualmente, as regiões costeiras estão sob constante estresse por descargas de contaminantes que aumentam significativamente devido à urbanização e outras perturbações antropogênicas (Nath et al., 2014). No Brasil, apesar da existência de leis ambientais para proteção de zonas de mangue, esse ecossistema tem sido afetado por uma variedade de atividades antrópicas (Santos et al., 2013), como as indústrias de carcinicultura (Silvestre, 2011).

Apesar das várias medidas de proteção da natureza e do aumento do número e área de cobertura das UCs, o componente humano continua a desequilibrar os complexos e frágeis ecossistemas costeiros (Naser, 2015), motivada pela crescente demanda e pressão sobre os recursos naturais. Para manter a integridade do meio ambiente, o ser humano deve investir no monitoramento ambiental de forma a prevenir, reduzir ou impedir maiores danos aos estuários e outros sistemas associados (Redpath et al., 2012).

Com o rápido desenvolvimento das técnicas de sensoriamento remoto, uma grande quantidade de dados e métricas tem facilitado o monitoramento ambiental e oferecido ferramentas para o planejamento de ações que dão suporte à conservação da fauna e flora (Sieber et al., 2013). Dentre essas, destacam-se as de processamento de imagens de satélite que possibilitam análises detalhadas da superfície terrestre, como as avaliações de uso e cobertura do solo. A detecção de alterações espaço-temporais no uso e cobertura do solo têm-se tornado cada vez mais precisas, menos onerosas e morosas, à medida que aumenta a disponibilidade de dados de satélites. O monitoramento dos ecossistemas providencia informações para mitigar ou minimizar os impactos negativos das ameaças sobre seus recursos (Machado, 2014).

A análise das alterações no uso e cobertura do solo é facilitada pelo estudo da variabilidade espaço-temporal de alguns parâmetros biofísicos computados através da radiação refletida pelos objetos em diversas faixas do espectro eletromagnético (Machado, 2014). Alguns dos parâmetros biofísicos mais utilizados na literatura são os índices de vegetação (IV) e o albedo da superfície (α) (Querino et al., 2013; Ferreira, 2014; Oliveira et al., 2014).

Os IVs realçam o componente espectral da vegetação por meio da combinação de bandas espectrais, como por exemplo, do vermelho (V) e do Infravermelho Próximo (IVP), sendo mais sensíveis as variações da estrutura do dossel do que as bandas individuais (Almeida et al., 2015). Dentre os diversos IVs, o índice de umidade (NDWI) que utiliza as bandas do IVP e do Infravermelho Médio (IVM), é frequentemente utilizado em regiões inundáveis (Brenner & Guasselli, 2015). O NDWI é eficaz em estudos de vegetação de mangue, uma vez que essa apresenta uma grande quantidade de água acumulada em suas folhas, levando a uma maior absorção da radiação ao nível do infravermelho médio (Ferreira et al, 2013).

O albedo reflete a radiação solar incidente sobre os componentes da paisagem (Alves et al., 2014), auxiliando na compreensão de eventos naturais ou antrópicos, subsidiando o diagnóstico de alterações na superfície terrestre (Wang e Liang, 2016).

Apesar de amplamente utilizados na literatura para avaliar alterações no uso e cobertura do solo, índices de vegetação e albedo da superfície tem sido apontados como tendencioso, uma vez que, suas respostas estão altamente correlacionadas com a condição hídrica do solo e da vegetação (McNally et al., 2013; Machado, 2014; Ribeiro et al., 2015).

Outra forma de compreensão das mudanças espaço-temporais é através da classificação de imagens de satélite, um método bastante utilizado por pesquisadores (Khatami et al., 2016). A classificação de imagens é obtida de acordo com os padrões de resposta espectral dos elementos de superfície selecionados e, uma vez que as amostras de cada classe são obtidas separadamente para cada imagem as condições hídricas distintas entre imagens de épocas e anos diferentes não interferem na classificação.

O Brasil possui atualmente um total de 336 zonas protegidas, identificadas em áreas costeiras e marinhas, sendo a Plataforma do Norte a maior área protegida, com predomínio de unidades de uso sustentável (Schiavetti, 2013). Dentre essas, as Áreas de Proteção Ambiental (APA) têm como objetivo principal conservar a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (Brasil, 2000).

A foz do rio Mamanguape, como é comum em ambientes estuarinos, apresenta uma contínua pressão humana, um dos motivos pelo qual foram criadas a ARIE Foz do Rio Mamanguape e a APA da Barra do Rio Mamanguape, com intuito de conservação desse ambiente. No entanto, uma avaliação das alterações sofridas no uso e cobertura do solo faz-se necessária para averiguar a efetividade conservacionista dessas unidades de conservação. Dessa forma, são objetivos deste trabalho: (1) avaliar a influência da precipitação sobre NDWI, Albedo e classificação, averiguando a eficiência destes na detecção de mudanças em uma sequência temporal de imagens de satélite; (2) analisar as alterações ocorridas no uso e cobertura do solo na APA e ARIE do Mamanguape, através do estudo da variabilidade espaço-temporal dos parâmetros NDWI e α e da classificação de imagens dos satélites Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) 5 e 8.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O estuário Mamanguape localiza-se no município de Rio Tinto, Paraíba, Brasil tem aproximadamente 30km de extensão cercado por 6.000 hectares de vegetação de manguezal. A desembocadura do rio Mamanguape ocorre na região da Barra de Mamanguape, onde estão os recifes com águas rasas (profundidade de 1 a 5 metros) nas zonas de canais, promovendo a exposição de muitos bancos de areias na maré baixa. O estuário possui um ciclo de maré semi-diurno, com uma amplitude de variação máxima de 2,5 metros nas marés sizígias (Silva et al., 2011).

O estuário Mamanguape encontra-se cercado por dois polígonos de Unidades de Conservação, ambos de responsabilidade Federal brasileira: a ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape, instaurada pelo decreto de lei 91.890, de 05 de novembro de 1985 sem objetivos definidos e a APA Mamanguape, instaurada pelo decreto nº 924, 10 de setembro de 1993, na qual a ARIE se insere.

A APA da Barra do Rio Mamanguape pertence ao litoral norte paraibano, com uma relevante importância ecológica em relação à preservação do peixe-boi das Antilhas no Brasil (*Trichechus manatus manatus*) (Magalhães et al., 2015). Além disso, a APA Mamanguape possui o papel de proteger os remanescentes de Mata Atlântica e as paisagens de belezas cênicas existentes na Unidade, além de gerenciar por meio de zoneamento as áreas de uso da Unidade (Plano de Manejo, 2013).

No interior da APA como também na parte exterior de suas delimitações encontram-se diversas áreas de atividade canavieira, produto do desmatamento da Mata Atlântica registrado na área, motivado pela expansão das fazendas canavieiras, decorrentes estas da implantação do programa Proálcool em 1970 pelo Governo Federal (Silvestre et al., 2011).

Na porção norte da Unidade de Conservação ainda existe a delimitação de Terra Indígenas (TIs) Potiguar e Potiguar de Monte Mor, possuindo cerca de 5% de sobreposição na ARIE Mamanguape e na APA Mamanguape (Costa, 2014) (Figura 1).

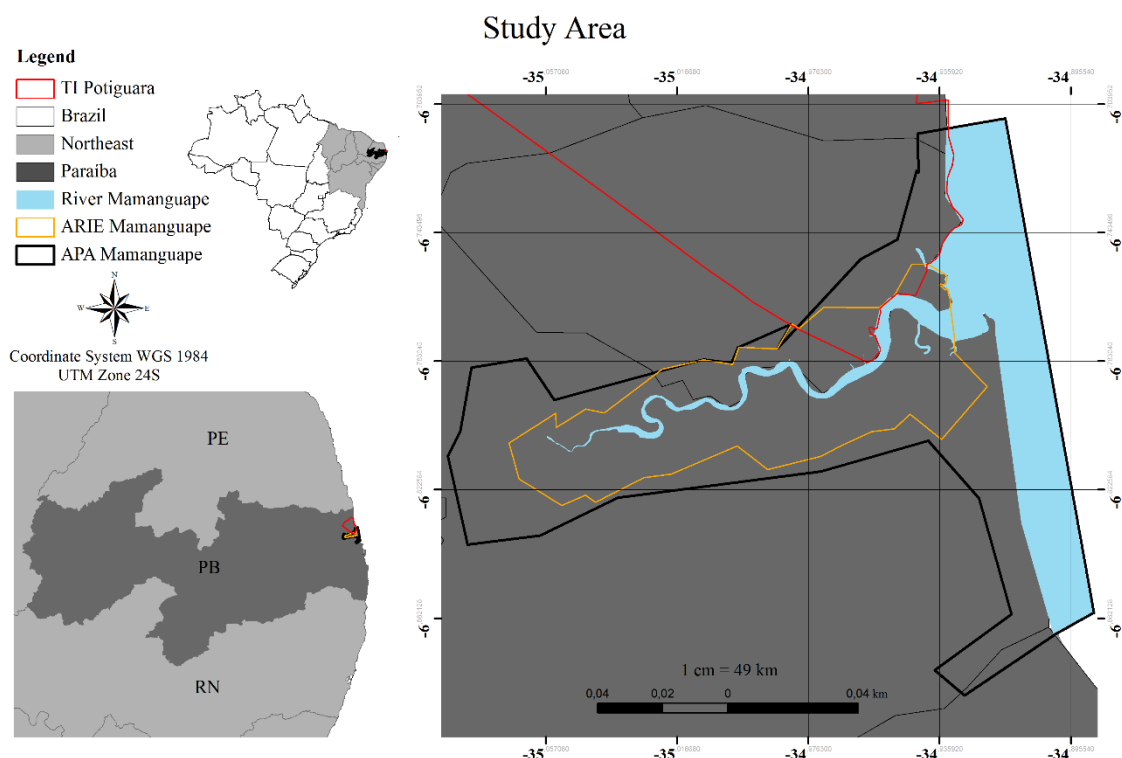


Figura 2. Localização do Estuário Mamanguape delimitado por duas Unidades de Conservação (Paraíba, Brasil).

2.2. Obtenção e tratamento dos dados e das imagens

As imagens com baixa cobertura de nuvens que cobre a APA Mamanguape foram captadas pelo sensor TM (*Thematic Mapper*) e OLI (*Operational Land Imager*) dos satélites Landsat 5 e 8, existentes no banco de dados da U. S. Geological Survey (USGS) *Global Visualization Viewer* (GloVis). Assim, selecionaram-se seis imagens, de órbita e ponto 214/65, com as seguintes datas de passagem: 05 de fevereiro de 1985, 05 de maio de 1994, 05 de julho de 1999, 04 de agosto de 2001, 25 de novembro de 2010 e 11 de fevereiro de 2016. Destas, apenas a imagem de 11/02/2016 pertence ao sensor OLI Landsat 8.

Após empilhamento das bandas, procedeu-se à reprojeção da imagem para o datum WGS 1984 e ao seu recorte, tendo em consideração os limites da APA.

Para análise das condições hídricas prevalentes de solo e vegetação, pesquisou-se a precipitação acumulada 5, 10, 30, 60 e 90 dias antes dos imageamentos. Para os anos de 1985 e 1994, utilizaram-se os dados das séries históricas da Agência Nacional de Águas (ANA), estações Aracagi (Município: Aracagi; Código: 635027; Operadora: SUDENE) e Mamanguape (Município: Mamanguape; Código: 635044; Operadora: DNOCS). Para os restantes anos, utilizaram-se os dados do Programa de

Monitoramento Climático em Tempo Real da Região Nordeste (Proclima), município Rio Tinto.

2.3. Obtenção dos parâmetros biofísicos

2.3.1. Calibração Radiométrica

Este processo converte o Número digital- ND de cada pixel da imagem em Radiância espectral monocromática. A radiância ou calibração radiométrica é observado por meio da equação disposta em Markham e Baker (1987) (equação 01):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (01)$$

onde a e b correspondem ao valores de radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2}sr^{-1}mm^{-1}$), ND corresponde à intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1,2,... e 7) do TM Landsat 5.

2.3.2 Reflectância

O índice de reflectância correspondente ao sensor do landsat 5, corresponde a razão entre o fluxo radiante refletido e o fluxo radiante incidente obtido segundo a equação 2 (Allen et al, 2002):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta \cdot d_r} ND \quad (02)$$

onde L é a radiância espectral de cada banda, K é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}mm^{-1}$, Tabela de Chander e Markham (2007, 2009)), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol em dado dia do ano.

2.3.3. Índice de umidade (NDWI - Normalized Difference Water Index)

O NDWI é importante nos estudos referentes ao vigor da vegetação, mudanças na biomassa e estresse hídrico das plantas, relacionado com o conteúdo de água presente nas folhas (Jensen, 2011). Esse índice utiliza a reflectância das bandas do infravermelho próximo (ρ_{IVP}) e do infravermelho médio (ρ_{IVM}), equivalentes as bandas 4 e 5 do satélite Landsat 5, sensor TM, e é definido como:

$$NDWI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_{IVM})}{(\rho_{IVP} + \rho_{IVM})} \quad (03)$$

Inclui uma banda do infravermelho médio, sendo que nessa faixa do espectro ocorre vários picos de absorção da radiação, pela presença de água nos corpos. Tornando este índice particularmente interessante em vegetação de Mangue, pois as folhas desta apresentam elevado conteúdo hídrico.

O índice de vegetação NDWI é comumente encontrado em trabalhos em regiões inundáveis e de manguezal (Oliveira et al., 2010; Ferreira et al., 2013; Rokni et al., 2014; Feng et al., 2015; Ke et al., 2016).

2.3.4. Albedo Planetário ou Albedo Topo da Atmosfera (α_{toa})

Para a obtenção do α_{toa} albedo foi necessária uma combinação linear das refletâncias espectrais (ρ_{λ}) e dos coeficientes (ω_{λ}) de acordo com a equação:

$$\alpha_{toa} = \rho_1 \cdot \omega_1 + \rho_2 \cdot \omega_2 + \rho_3 \cdot \omega_3 + \rho_4 \cdot \omega_4 + \rho_5 \cdot \omega_5 + \rho_7 \cdot \omega_7 \quad (04)$$

onde os coeficientes dependem dos valores da irradiância solar - $ESUN_{\lambda}$ das bandas do TM – Landsat, segundo relação:

$$\omega = \frac{ESUN_{\lambda}}{\sum ESUN_{\lambda}} \quad (05)$$

2.3.5. Albedo de Superfície

Na obtenção do albedo de superfície ocorre à correção da superfície quanto aos efeitos atmosféricos:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{atm}}{\tau_{sw}^2} \quad (06)$$

onde α_{atm} é a refletividade da atmosfera (utilizou-se o valor de 0,03, conforme Bastiaanssen, 2000), e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica para a radiação solar em condições de céu claro obtida por (Allen et al., 2002):

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2,10 \cdot 10^{-5} z \quad (07)$$

onde, z é a altitude de cada pixel (m). Para isso, foi utilizado um modelo digital de elevação (MDE) obtido para a área de estudo a partir do ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) GDEM (*Global Digital Elevation Model*).

Para o caso específico da imagem de 11/02/2016, pertencente ao sensor OLI Landsat 8, foram utilizados os fatores multiplicativos e aditivos da Tabela 1 no cálculo da refletância espectral, disponibilizados no ficheiro de metadados da imagem.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{FM \cdot ND + FA}{\cos Z} \quad (08)$$

FM é o fator multiplicativo e FA o fator aditivo de conversão específico de cada banda, disponíveis no ficheiro de dados da imagem.

Para cálculo do albedo planetário, os valores de $ESUN_{\lambda}$ foram obtidos seguindo a metodologia de (GIS AG MAPS, 2013) em que os valores são derivados calculando primeiro a refletância espectral planetária utilizando o método direto de conversão da OLI Landsat 8. Depois, os valores obtidos para cada banda foram utilizados para derivar $ESUN_{\lambda}$:

$$ESUN_{\lambda} = \frac{\left(\frac{L_{\lambda, i} \cdot PI \cdot D^2}{\rho_{sup i}} \right)}{\cos Z} \quad (09)$$

onde, D corresponde à distância Terra-Sol, informação disponível no ficheiro de metadados da imagem, $L_{\lambda,i}$ e $\rho_{sup,i}$ são a radiância e a reflectância espectral planetária, de cada banda, calculadas pelo método direto da OLI Landsat 8.

Tabela 1. Descrição das bandas e faixas espectrais correspondentes ao OLI Landsat 8 utilizadas neste trabalho, fatores multiplicativos (FM) e aditivos (FA) para cálculo da radiância e reflectância espectral da imagem de 04/08/2013, irradiância solar espectral no topo da atmosfera ($ESUN_{\lambda}$) e peso de cada banda na composição do albedo planetário ($W_{\lambda i}$).

Bandas	Faixa espectral (μm)	Coeficientes de Calibração Reflectância		$ESUN_{\lambda}$ ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)	$W_{\lambda i}$
		FM	FA		
2 Azul	0,45-0,51	0,00002	-0,1	2067,00	0,30
3 Verde	0,53-0,59	0,00002	-0,1	1893,00	0,28
4 Verm.	0,64-0,67	0,00002	-0,1	1603,00	0,23
5 IV-próx.	0,85-0,88	0,00002	-0,1	972,60	0,14
6 IV-méd.	1,57-1,65	0,00002	-0,1	245,00	0,04
7 IV-méd.	2,11-2,29	0,00002	-0,1	79,72	0,01

2.3.6. Classificação supervisionada

A classificação supervisionada foi realizada a partir das imagens-reflectância de cada ano. Dada a resolução espacial do Landsat, que determinou a escala de trabalho, foi possível distinguir seis classes: (1) nuvens/sombra, (2) corpos hídricos, (3) solo exposto, (4) mangue, (5) floresta densa e (6) vegetação espaçada/exploração agrícola.

Após escolha das amostras representativas de cada classe, avaliação da separabilidade e correção das amostras de treinamento, procedeu-se à classificação usando o método paramétrico da máxima verossimilhança (Quataroli e Batistella, 2006). Esse é baseado na probabilidade de um pixel pertencer a uma classe particular. A equação básica assume que essa probabilidade é igual para todas as classes e que as bandas de entrada possuem uma distribuição normal (ERDAS, 1999).

As áreas ocupadas por cada classe em cada ano foram calculadas considerando a quantidade de pixels presentes e multiplicando pela área de um pixel ($30m \times 30m = 900 m^2$).

2.3.7. Correlações de Pearson e estatística descritiva dos parâmetros biofísicos

Os parâmetros biofísicos foram analisados por uma estatística descritiva dos pixels e construção de gráficos em cada imagem (máximo, mínimo, média e desvio padrão).

Correlações de *Pearson* foram realizadas entre os acúmulos mensais de precipitação que antecedem o imageamento e as médias dos pixels nas imagens-parâmetro analisadas e as áreas ocupadas por cada classe em cada imagem classificada, de forma a averiguar a existência de correlações significativas entre eles.

3.Resultados e Discussão

3.1.Estatística descritiva dos parâmetros biofísicos

O NDWI diferenciou os tipos de ocupação na paisagem, no entanto, este índice não foi eficiente na diferenciação entre os corpos aquáticos e a vegetação. Através dos valores de média dos pixels das imagens-NDWI (Figura 2-A) verifica-se que a imagem-NDWI de 1985 apresentou um valor de 0,35, já a imagem-NDWI de 1994 apresentou valor médio mais elevado do que qualquer outra imagem (NDWI = 0,41). Os valores médios de NDWI reduziram nos anos de 1999 e 2001 (NDWI= 0,38 e 0,39, respectivamente), mas no ano de 2010 registra-se uma queda considerável (NDWI = 0,22), subindo novamente em 2016 (NDWI = 0,32). Portanto, os valores médios de NDWI não indicaram uma tendência no aumento ou diminuição entre os anos. Os valores mínimos e máximos variaram, principalmente, pela presença de nuvens nas imagens. Essas reduzem os índices de vegetação dos alvos da superfície abaixo delas, enquanto que suas sombras os aumenta.

Relativamente ao albedo da superfície (Figura 2-B), visualiza-se que a imagem- α de 1985 apresentou o menor valor (α = 0,12). A partir da imagem- α de 2010 registrou-se um aumento geral da média que atingiu 0,18, com queda em 2016 (α = 0,14). Portanto, semelhante ao observado para NDWI, os valores médios de α não demonstraram uma tendência geral de aumento nem de diminuição. Aqui também se observa que os valores mínimos e máximos são um reflexo da quantidade de nuvens na imagem. As nuvens apresentam elevada reflectância, podendo seu albedo atingir valores superiores a 0,8, por outro lado, suas sombras "escurecem" o pixel, diminuindo o albedo do objeto na superfície.

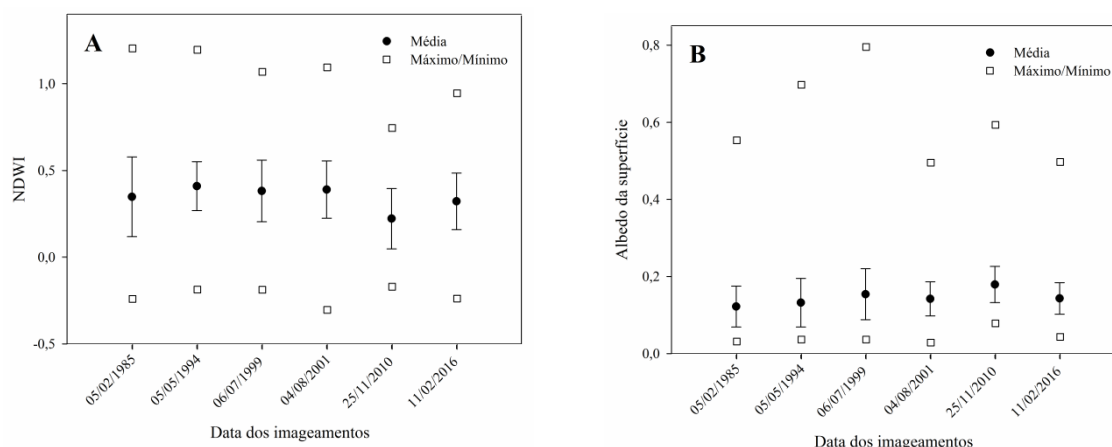


Figura 2. Estatística descritiva do índice de umidade (NDWI - A) e do albedo da superfície (α - B), referente aos valores mínimo, máximo, médio e desvio padrão, para todas as imagens selecionadas, região APA Mamanguape.

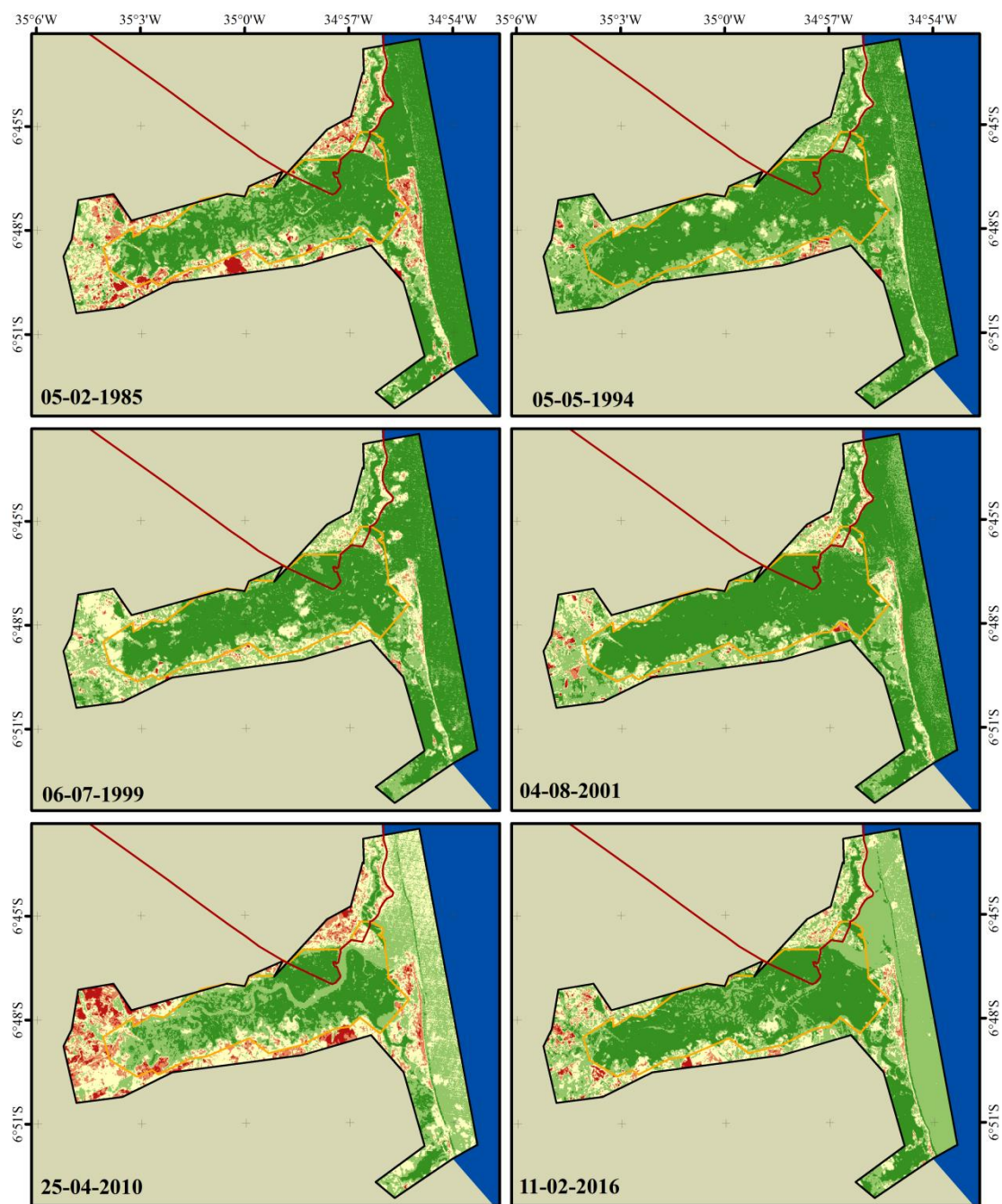
3.1.1.Variabilidade espacial dos parâmetros biofísicos

Analisando a Figura 3, que representa a variabilidade espaço-temporal do NDWI, é possível verificar que as áreas de maior densidade vegetal são representadas pelos maiores valores desse índice (NDWI > 0,40): mangue, cobrindo quase a totalidade da ARIE e no estuário Miriri (litoral sul da APA); floresta densa, concentrada principalmente na Mata do Oiteiro a sul da imagem. Em algumas imagens, essas classes apresentaram valores entre 0,20 e 0,40. Oliveira et al. (2014), obtiveram valores semelhantes para grandes fragmentos florestais (NDWI > 0,30), destacando-se em

alguns estudos um intervalo superior de NDWI entre 5-55, com maiores valores para as áreas de mangue (Ferreira et al., 2014). Esses mesmos valores predominam, principalmente, sobre as áreas de restinga (litoral norte da APA), onde ocorrem as monoculturas, predominantemente de cana-de-açúcar e vegetação arbustiva, no geral.

Valores entre 0,00 e 0,20 representam, essencialmente, vegetação rasteira e/ou espaçada e as classes inferiores a 0,00 representam solo exposto, como nas faixas de praia e área urbana. Resultados semelhantes podem ser reportados a áreas de ecossistemas de semiárido brasileiro, com solo exposto e estresse hídrico (Silva et al., 2011). Em todas as imagens-NDWI, a diferenciação dos corpos hídricos com as áreas de mangue não foi estabelecida. Em solos inundados, em geral, registra-se altas médias de $NDWI > 0,60$ (Jovanovic et al., 2014).

No geral, o NDWI não foi eficaz na identificação dos alvos da área de estudo, uma vez que, não houve distinção da floresta de mangue da floresta densa, sendo ineficiente em isolar os corpos hídricos dos demais alvos da superfície. Além disso, as nuvens também não foram diferenciadas do solo exposto e vegetação rasteira e suas sombras foram confundidas com vegetação densa e corpos hídricos.



Índice de umidade

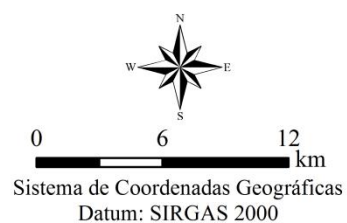
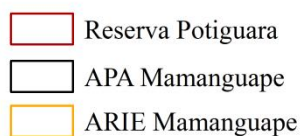
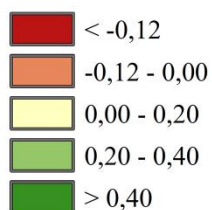
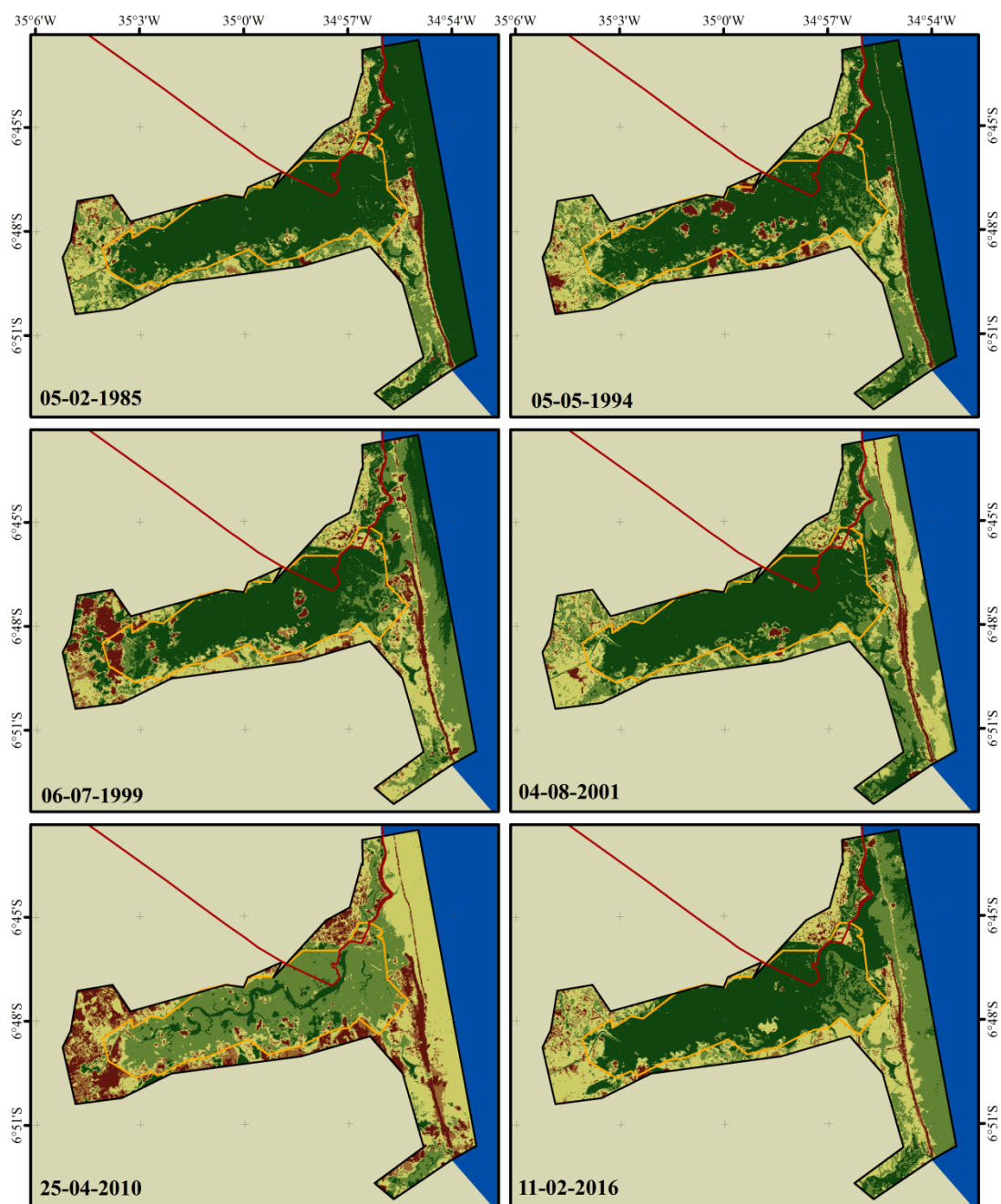


Figura 3. Variabilidade espaço-temporal do Índice de umidade (NDWI) na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.

A variabilidade espaço-temporal do albedo da superfície (Figura 4) indicou que os menores valores representaram a floresta de mangue que absorve mais radiação e, portanto, reflete menos ($\alpha < 0,16$ nas imagens de 2010 e 2016 e $\alpha < 0,13$ nas restantes imagens). O albedo sobre floresta de mangue, em geral, é menor do que em outras florestas tropicais (Querino et al., 2013).

As áreas de floresta densa da Mata do Oiteiro apresentaram valores de α superiores em relação à floresta de Mangue (0,13-0,20), conforme esperado sendo a resposta da última mais dependente da precipitação. O α foi mais eficiente na identificação dos alvos da superfície da área de estudo do que o NDWI, pois distinguiu de forma mais nítida a floresta de mangue da floresta densa, no entanto, foi ineficiente em isolar os corpos hídricos, registrando a mesma tendência observada no NDWI em relação à sobreposição de nuvens e sombras.



Albedo da superfície

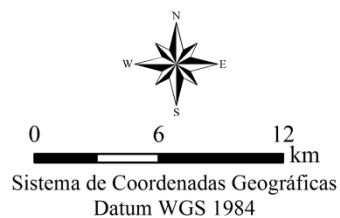
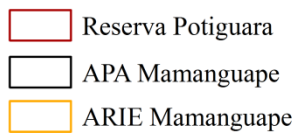
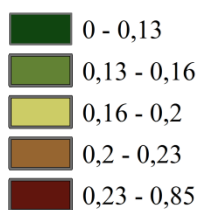


Figura 4. Variabilidade espaço-temporal do albedo da superfície (α) na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil.

3.1.2. Análise da variabilidade temporal dos parâmetros biofísicos e sua correlação com a precipitação acumulada

Uma análise prévia da precipitação antes dos imageamentos é essencial em função da sua influência sobre a resposta espectral dos alvos da superfície e, em consequência, sobre os parâmetros biofísicos, como o NDWI e o albedo da superfície (Al-Baki, et al., 2004; Kabthimer, 2012; McNally et al., 2013; Machado et al., 2014). Além disso, as imagens obtidas são de épocas do ano diferentes, devido à dificuldade em encontrar imagens dessa órbita (214) isenta de nuvens/sombras, tornando claro que as diferenças são devido às condições hídricas de solo e vegetação distintas ou à influência antrópica.

Ao analisar a Tabela 2, é possível destacar a situação de maio de 1994 por apresentar os maiores valores acumulados nos meses anteriores ao imageamento, uma vez que correspondem aos meses da época chuvosa (fevereiro a agosto). Essa mesma situação também se destaca por apresentar um intenso evento chuvoso dois dias antes do imageamento (66,6 mm), afetando as condições hídricas da superfície. A precipitação ocorrida cinco dias antes do imageamento interferiu consideravelmente nos parâmetros biofísicos (Oliveira, 2012; Machado et al., 2014).

Tabela 2. Dados de precipitação acumulada antes de cada imageamento.

Data dos imageamentos	Precipitação acumulada (mm)				
	5 dias	10 dias	30 dias	60 dias	90 dias
05-fev-1985	0	131,00	145,80	165,20	165,20
05-mai-1994	66,60	75,00	159,40	323,80	413,80
05-jul-1999	3,92	28,89	89,88	289,54	377,86
04-ago-2001	11,53	32,68	113,21	241,66	350,94
25-nov-2010	0,34	0,34	5,59	19,48	65,24
11-fev-2016	7,48	9,16	90,94	243,45	245,80

Comparando com as Figura 3, 4, pode-se observar que a imagem-NDWI de maio 1994 apresentou os maiores valores, com uma média dos pixels de 0,41. Uma maior precipitação acumulada corresponde a maior disponibilidade de água para as plantas, favorecendo seu desenvolvimento, maior vigor e densidade da cobertura vegetal, resultando em valores mais elevados de NDWI (Kabthimer, 2012; Oliveira, 2012a; McNally et al., 2013). Essas mesmas condições provocaram uma diminuição do albedo da superfície, pois se a vegetação absorve mais radiação, menor percentagem da radiação incidente será refletida, assim como, solo mais úmido e mais escuro absorve maior quantidade de radiação, justificando os baixos valores da imagem-albedo de maio de 1994 (média de $\alpha = 0,13$).

A precipitação acumulada em novembro de 2010, foi consideravelmente menor do que qualquer outro período, situação esperada uma vez que contemplou a estação seca (setembro a dezembro) associada, potencialmente, a um fraco evento de El Niño entre os anos de 2009 e 2010 (Araujo & Fonseca, 2016), além das características hídricas da região, com baixas precipitações no mês analisado. A baixa disponibilidade hídrica resultante da baixa precipitação acumulada refletiu-se visivelmente tanto na imagem-NDWI (Figuras 03), que apresenta a menor média (0,22), como na imagem-albedo (Figura 04), que apresenta a maior média de todas as imagens (0,18).

Por fim, a situação das imagens de fevereiro de 1985 e fevereiro de 2016 é também reflexo da baixa precipitação esperada para o final da época seca/início da época chuvosa. No entanto, aponta-se para o fato que em janeiro de 2016 registraram-se níveis de precipitação duas vezes superior à normal climatológica para aquele mês, justificando-se a diferença na precipitação acumulada 60 e 90 dias antes dos imageamento de 1985 e 2016. Assim, compreende-se que as condições hídricas foram distintas entre as imagens.

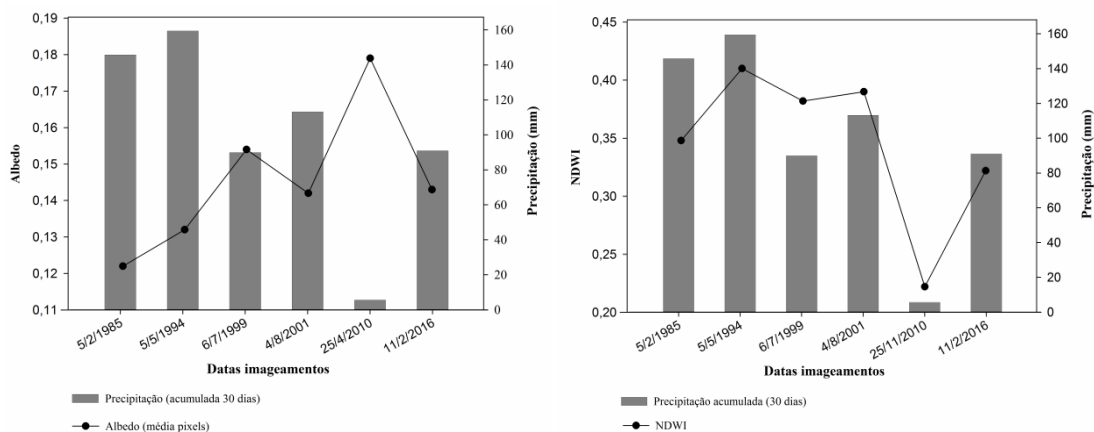


Figura 5. Precipitação acumulada 30 dias antes dos imageamentos e média dos pixels das imagens-albedo (esquerda) e das imagens-NDWI (direita).

De forma a averiguar se existe uma correlação entre os acumulados de precipitação e as médias dos parâmetros biofísicos analisados, realizaram-se correlações de *Pearson* para quantificar o grau de associação entre os pares de variáveis (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de significância (P) e de coeficiente de correlação (r) obtidos entre os acúmulos de precipitação mensais até ao terceiro mês anterior aos imageamentos e os parâmetros biofísicos analisados (α - albedo da superfície e NDWI - índice de umidade), utilizando a correlação de *Pearson*.

Prec. acumulada	A		NDWI	
	P	R	P	R
30 dias	0,002**	-0,956	0,028*	0,861
60 dias	0,216	-0,592	0,009**	0,920
90 dias	0,406	-0,421	0,011*	0,915

*significativa a 5%

** significativo a 1%

A partir dos resultados da Tabela 3, constata-se que todos os acúmulos mensais de precipitação se correlacionaram de forma significativa com o NDWI e o coeficiente de correlação entre esse par de variáveis foi forte e positivo, variando de 0,861 e 0,92, significando que as variáveis tendem a aumentar juntas: maior precipitação acumulada corresponde a maior NDWI, compatível com resultados identificados no semiárido brasileiro (Machado, 2014; Cavalcanti, 2013; Gonzaga et al., 2011).

O albedo da superfície correlacionou-se de forma significativa apenas com o acúmulo de 30 dias de precipitação e o coeficiente de correlação entre essas variáveis foi alto e negativo (-0,956), indicando que quanto maior a precipitação acumulada, menor o α .

Pelo exposto se percebe que o albedo e o NDWI respondem à precipitação acumulada antes dos imageamentos, oscilando de forma semelhante a esta, principalmente o NDWI, cujos coeficientes de correlação foram bastante elevados.

Mudanças aparentes influenciadas pela variação das condições de umidade são recorrentes no semiárido em escala espaço-temporal (Francisco et al., 2012). Dessa forma, conclui-se que tanto o albedo quanto o NDWI não são adequados para inferir sobre alterações espaço-temporais ocorridas por ação antrópica em ambiente estuarino, pois suas respostas dependem fortemente da condição hídrica do solo e da vegetação que, por sua vez, depende do quanto precipitou.

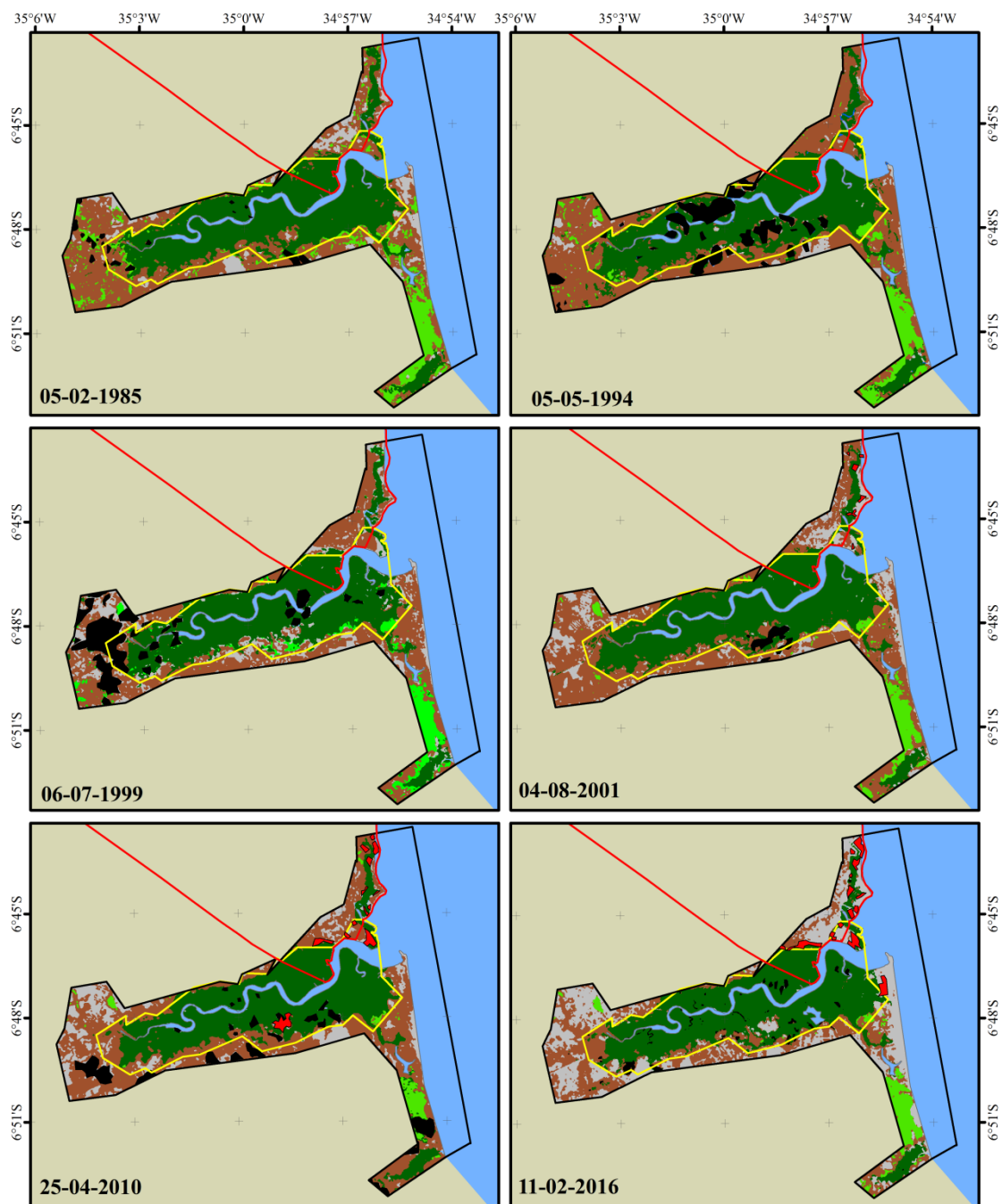
3.1.3. Alterações de uso e cobertura pela classificação supervisionada

Através da classificação supervisionada foi possível separar seis classes de uso e cobertura do solo: floresta de mangue, floresta ombrófila densa, vegetação espaçada/exploração agrícola, solo exposto, corpos hídricos e nuvens/sombra. Por apresentarem reflectância bastante distinta nas várias faixas do espectro eletromagnético cobertas pelas bandas dos satélites Landsat TM e OLI, a matriz de separabilidade indicou resultados superiores a 1900 em todos os casos, indicando que as amostras foram bem separadas, não existindo confusão entre as classes.

O mangue absorve bastante radiação, especialmente nas faixas do infravermelho médio, devido ao elevado conteúdo hídrico de suas folhas e, por isso, se destaca dos outros alvos da superfície por sua baixa reflectância nessas bandas. Pode-se observar na Figura 6, que o mangue se concentra na ARIE e no estuário Miriri (litoral sul da APA). A floresta ombrófila densa apresenta uma maior reflectância nas bandas do verde e infravermelho médio do que o manguezal, sendo encontrada no litoral sul da APA na Mata do Oiteiro e em núcleos isolados próximos à cidade de Rio Tinto.

A classe vegetação espaçada/exploração agrícola representa todos os outros tipos de cobertura vegetal, como a restinga (litoral norte da APA) incluindo as áreas de exploração agrícola, cuja reflectância se assemelha, sendo impossível a sua distinção tendo em consideração a resolução espectral dos sensores TM e OLI. Essa classe encontra-se principalmente ao redor da ARIE, nos limites da APA. O solo exposto e corpos hídricos foram fáceis de classificar por sua reflectância bastante distinta. A classe nuvens/sombra confundiu-se com as classes de água, solo exposto e vegetação densa, pelo que se optou por assinalar a sua presença por vetorização manual.

A classe mangue se manteve aproximadamente constante desde 1985, ou seja, desde a criação da ARIE, com uma área que variou entre 48,38 km² (2001) e 46,10 km² (1994) (Figura 6). Embora poucas modificações foram constatadas na região de manguezal, é nítido o impacto pelo desmatamento dessas áreas com distintas finalidades como criação de novos cultivos de camarão e monocultura (Plano de Manejo, 2013). Através da classe de floresta ombrófila densa observa-se uma diminuição de sua área que apresentava cerca de 11,68 km² em 1985 e diminuiu para 4,93 km² em 2016. Parte da área correspondente a solo exposto corresponde a loteamentos e casas acima de regiões de dunas. As classes vegetação espaçada/área agrícola e solo exposto, oscilaram ao longo do tempo, mas apresentaram uma tendência geral de diminuição para a primeira e aumento para a segunda.



Uso e cobertura do solo

- | | |
|--|--|
|  Corpos hídricos |  Reserva Potiguar |
|  Nuvens/sombras |  APA Mamanguape |
|  Solo exposto |  ARIE Mamanguape |
|  Manguezal |  Tanques (carcinicultura) |
|  Floresta ombrófila densa | |
|  Vegetação espaçada / Exploração agrícola | |

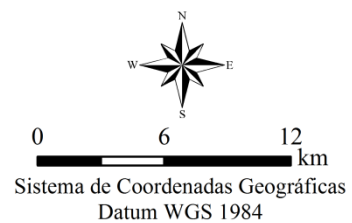


Figura 6. Variabilidade espaço-temporal da Classificação na APA Mamanguape, Paraíba, Brasil

Analisando a Figura 7, pode-se observar que a classe mangue se manteve aproximadamente constante desde 1985, ou seja, desde a criação da ARIE, com uma área que variou entre 48,38 km² (2001) e 46,10 km² (1994). Segundo dados constatados nas imagens observa-se uma redução na classe de floresta ombrófila densa com uma diminuição de sua área que apresentava cerca de 11,68 km² em 1985 e diminuiu para 4,93 km² em 2016. Parte da área correspondente a solo exposto, corresponde ao loteamento Minhoto, região que abriga casas acima de regiões de dunas. As classes vegetação espaçada/área agrícola e solo exposto, oscilaram ao longo do tempo em função das datas do imageamento que oscilam entre os períodos de retirada da cana de açúcar, mas de forma geral apresentaram uma tendência de diminuição para a primeira e aumento para a segunda.

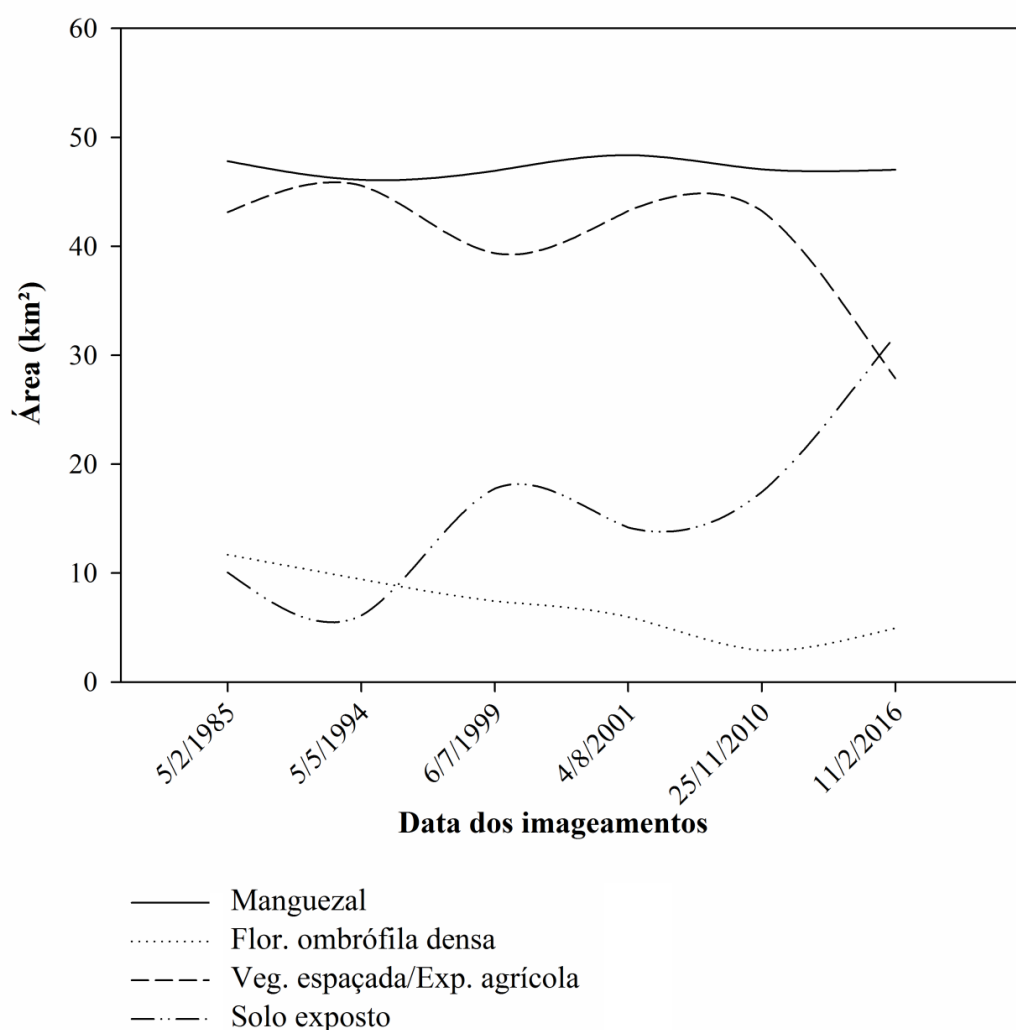


Figura 7. Variabilidade espaço-temporal da Classificação dos aspectos paisagísticos da APA Mamanguape, Paraíba, Brasil

As correlações de Pearson realizadas entre as áreas de cada classe e os acumulados mensais de precipitação não foram significativas exceto a relação veg. espaçada/exp. agrícola e solo exposto, cuja correlação foi negativa ($P = 0,005$; $r = -0,939$). Esta relação possivelmente se deve ao fato de, em situação de baixa disponibilidade hídrica, mais solo exposto será detectado pelo sensor. No entanto, após

as chuvas, o solo exposto rapidamente se cobre de vegetação, sendo detectado pelo sensor como vegetação espaçada pouco densa.

3.1.4. Implicações para a conservação

O cultivo de cana de açúcar no entorno e interior das UCs iniciou-se em meados de 1970, a partir de um programa proposto pelo governo Brasileiro (Pró-Álcool), implicando em desmatamento de áreas para plantio de cana de açúcar (Silvestre et al., 2011). Posteriormente, em 1985, foi criada a Unidade de Conservação da ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape e posteriormente em 1993 APA do Mamanguape, onde ficou inserido dentro de seu polígono de delimitação grandes cultivos de monocultura (Plano de Manejo, 2013).

Em relação ao cultivo de camarão, em 2008 foi criada a Instrução Normativa 3º de 16 de Abril de 2008 que suspendia as concessões para instalação de novos empreendimentos ou atividades de carcinicultura em Unidades de Conservação Federais como também em suas zonas de amortecimento instaurando um prazo para a retirada dos empreendimentos já dispostos nessas regiões (IBAMA, 2008). Entretanto, observa-se com as imagens que de 2001 até 2016 ocorreu um acentuado aumento justificado pelo lado norte da Unidade estar em sobreposição com a TI Potiguara que têm direitos sobre as terras e a escolha dos seus meios de vida e subsistência (Moreira e Andrade 2008).

Outro fator relevante é a existência do loteamento Minhoto a sul da imagem, construído antes da implementação da APA é considerado, segundo a legislação vigente, como ilegal já que duna é zona de APP (Área de Preservação Permanente). Para o loteamento, o Plano de Manejo da Unidade instaurou sua permanência, já que o mesmo já existia antes da criação da Unidade, entretanto, foi determinado que fosse feito o licenciamento ambiental do mesmo para permanência legal na UC (Plano de Manejo, 2013).

4. Conclusões

O índice de vegetação NDWI apresenta alta correlação com os dados pluviométricos, caso que justifica a grande utilidade deste índice em trabalhos de áreas inundáveis. Entretanto, este índice mostrou-se ineficaz por não conseguir diferenciar os corpos aquáticos de florestas inundáveis. Da mesma forma ocorreu com o Albedo, que registrou correlação negativa com a precipitação. A classificação supervisionada não apresentou correlação com os dados de precipitação e demonstrou o quanto a paisagem no perímetro das Unidades modificou ao longo dos anos. Na ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape manteve-se basicamente constante desde sua criação, com algumas poucas alterações. Diferente da APA Mamanguape vem sofrendo alterações antrópicas desde sua criação, indicando a necessidade de conciliar o uso sustentável de seus recursos naturais com os objetivos de conservação da unidade.

5. Referências Bibliográficas

- Al-BakrI, J.T., Suleiman, A.S. 2004. NDVI response to rainfall in different ecological zones in Jordan. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, p.3897-3912.
- Allen, R.G., Trezza, R.; Tasumi, M. 2002. Surface energy balance algorithms for land. *Advance training and users manual*, version 1.0, 98p.

- Almeida, A.Q., Ribeiro, A., Delgado, R.C., Rody, Y.P., De Oliveira, A.S., Leite, F.P., 2015. índice de área foliar de eucalyptus estimado por índices de vegetação utilizando imagens TM - landsat 5. *Floresta e Ambient.* 22, 368–376. doi:10.1590/2179-8087.103414
- Alves, T. L. B., Azevedo, P. V. de, Santos, Dos C. A. C., Santos, F. A. C., 2014. Comportamento Sazonal do Albedo e dos Índices de Vegetação na Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física Número Especial- VIWMCRHPE*, 07, 1015-1027.
- Barbier, E. B. 2016. The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods: *Marine Pollution Bulletin* special issue: “Turning the tide on mangrove loss”. [Marine Pollution Bulletin](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.033) Available doi:10.1016/j.marpolbul.2016.01.033
- Barrie, G.M., Worden, R.H., Barrie, C.D., Boyce, A.J., 2015. Extensive evaporation in a modern temperate estuary: Stable isotopic and compositional evidence. *Limnol. Oceanogr.* 60, 1241–1250. doi:10.1002/lno.10091
- Bastiaanssen, W.G.M. Sebal – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin. Turkey. *Journal of Hydrology*, v.229, p.87-100, 2000.
- Brazil, Decreto 924 de 10 de setembro de 1993, acessado em 14 de maio de 2015.
- Brenne, V. C., Guasselli, L. A. 2015. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brazil. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brazil, INPE.
- Burford, M. A., Alongi D. M., Mckinnon, A. D., Trott, L. A. 2008. Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. [Estuarine Coastal and Shelf Science](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.04.01) 79, 3, 440-448 doi:10.1016/j.ecss.2008.04.01
- Cameron, W. M. & Pritchard, D. W. 1962. Estuaries. In: Hill, M. N. (ed). *The sea. Ideas and Observation on Progress in the Study of the Seas*. New York, Interscience, 306-324.
- Cavalcanti, L.C.de S. Da descrição de áreas à teoria dos Geossistemas - uma abordagem epistemológica sobre Sínteses Naturalistas. 2013. (Doctoral Thesis - Geography). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 205p.
- Chander, G., Markham, B., Barsi, J.A. 2007. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4, 3, 490-494.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2004. Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. *Diário Of. da União* 605–612.
- Costa, I. M. da 2014. Terras Indígenas x Terras de Usina: Legislação Socioambiental e fundiária e os conflitos na TI Potiguara Monte Mor-PB. *PRODEMA*, Dissertação, 154.
- Costa, M. S., Lima, K. C., Andrade, M. M., Gonçalves, W. A. 2015. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 08, 05, 1321-1334

- Cucco, A., Umgiesser, G., Deidun, A., Tarasova, R., Azzopardi, J., Gauci, A., Mardini, S., 2013. Development of a Novel tool to Predict Different Water Quality Scenarios within a Marine Protected Area (MPA) in the Maltese Islands: The 2D Shyfem-BFM Model Effective operational marine conservation and management is thwarted by a lack of financial an. *Rapp. Comm. int Mer. Médit* 64, 9170.
- De, T.K., 2015. Interrelationship Between Planktonic Diatoms and Selected Governing Physicochemical Parameters of the Hooghly Estuary, Bay of Bengal. *Int. J. Mar. Sci.* 5, 1–9. doi:10.5376/ijms.2015.05.0047
- ERDAS., 1999. Field Guide. Atlanta: ERDAS. 672 p.
- Estrany, J. and Grimalt, M. 2014. Catchment controls and human disturbances on the geomorphology of small Mediterranean estuarine systems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 0272-7714, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2014.03.021.
- Feng, Q., Gong, J., Liu, J., Li, Y. 2015. Flood Mapping Based on Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis and Random Forest Classifier—The Case of Yuyao, China. *Remote Sens*, 7, 12539-12562, doi:10.3390/rs70912539
- Ferreira, J. M. S., Ferreira, P. S., Morais, Y. C. B., Gomes, V. P., França, L. M. A., Galvêncio, J. D. 2013. Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Detecção de Mudanças Espaço-Temporais das Áreas de Vegetação de Mangue em Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 06, 03, 356-372.
- Francisco, P.R.M., Chaves, I.B.; Lima, E.R.V., Bandeira, M.M., Silva, B.B. 2012. Mapeamento da Caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 5, 3, 676-693.
- Gao, B.C. 1996. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment* 58:257-266.
- Gis Ag Maps. Landsat 8 ESUN (for Atmospheric Correction), Radiance, and TOA Reflectance. 2013. Disponível em: <http://www.gisagmaps.com/landsat-8-atco-guide/>. Acesso em: 28 dez. 2013.
- ICMBio. 2013a. Plano de Manejo da EPA da Barra do Rio Mamanguape e da AREI Manguezais da Foz do Rio Mamanguape. Brasília. 135.
- Jensen, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese editora, 2011, 672p.
- Kabthimer, G.T. 2012. Assessment of spatio-temporal patterns of NDVI in response to precipitation using NOAA-AVHRR rainfall estimate and NDVI data from 1996-2008 Ethiopia. Master's thesis, Department of Physical Geography and Quaternary Geology, Stockholm University, Stockholm, 34p.
- Ke, Y., Im, J., Park, S., Gong, H. 2016. Downscaling of MODIS One Kilometer Evapotranspiration Using Landsat-8 Data and Machine Learning Approaches. *Remote Sens*, 8, 215; doi:10.3390/rs8030215

- Khatami, R. Mountraskis, G., Stehman, S. V. 2016. A meta-analysis of remote sensing research on supervised pixel-based land-cover image classification processes: General guidelines for practitioners and future research. *Remote Sensing of Environment*, 177, 89-100
- Liu, S., Roujean, J. L., Tchuente, A. T. K., [Ceamanos](#), X. and Calvet, J. C. 2014. A parameterization of SEVIRI and MODIS daily surface albedo with soil moisture: Calibration and validation over southwestern France. [Remote Sensing of Environment](#) 144, 137–151.
- Machado, C. C. C. 2014. Alterações na superfície do Parque Nacional do Catimbau (PE-Brasil): consolidação dos aspectos biofísicos na definição dos indicadores ambientais do bioma Caatinga.
- Magalhães, K. M., Borjes, J. C. G., Pitanga, M. E. 2015. *Halophila baillonis* Ascherson: first population dynamics data for the Southern Hemisphere. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 2, 861-865. doi.org/10.1590/0001-3765201520140184
- Markham, B.L., Barker, J.L. 1987. Thematic Mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing* 8, 3, 517-523.
- McNally, A.; Funk, C.; Husak, G.J.; Michaelsen, J.; Cappelaere, B.; Demarty, J.; Pellarin, T.; Young, T.P.; Caylor, K.K.; Riginos, C.; Veblen, K.E. 2013. Estimating Sahelian and East African soil moisture using the Normalized Difference Vegetation Index. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10, 7963-7997.
- Moreira, J. F. e Andrade, M. O. Conflitos Sócio-ambientais na EPA da Barra do Rio Mamanguape: O Caso da Atividade de Carcinocultura. Disponível em <http://www.anpas.org.com.br/encontro4/cd/arquivos/GT1-1049-950-20080510214634.pdf>. Acesso em: 14 set. 2016.
- Naser, H.A., 2015. The role of environmental impact assessment in protecting coastal and marine environments in rapidly developing islands: The case of Bahrain, Arabian Gulf. *Ocean Coast. Manag.* 104, 159–169. [doi:10.1016/j.ocecoaman.2014.12.009](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.12.009)
- Nath, B., Birch, G., Chaudhuri, P. 2014. Assessment of sediment quality in Avicennia marina-dominated embayments of Sydney Estuary: The potential use of pneumatophores (aerial roots) as a bio-indicator of trace metal contamination. *Science of the Total Environment*, 472, 1010–1022. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.096
- Oliveira, L.M.M. 2012a. Estimativa da evapotranspiração real por sensoriamento remoto na bacia do rio Tapacurá - PE. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Pernambuco, Recife - Brazil, 136p.
- Oliveira, T. H., Dantas, J. D., Galvêncio, J. D., Pimentel, R. M. M., Botler, M. 2014, Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física* 07, 06, 1196-1214.

- Oliveira, T. H., Machado, C. C. C., Silva, J. S., Galvêncio, J. D., Pimentel, R. M. M., Da Silva, B. B. 2010. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física* 03, 55-69.
- Oliveira, T.H., Dantas, J.G., Galvêncio, J.D., Pimentel, R.M.M., Botler, M. 2014. Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 07, 06, 1196-1214.
- Pritchard, D. W. 1967. Estuarine Circulation Patterns. *Proc. Am. Soc. Siv. Ang.*, 81:717:1-11.
- Quartaroli, CF., Batistella, M., 2006. Classificação Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto: Tutorial Básico. Embrapa Monitoramento de Satélites.
- Queiroz, L., Rossi S., Meireles J. & Coelho, C. 2013. Shrimp aquaculture in the federal state of Ceará, 1970 e 2012: Trends after mangrove forest privatization in Brazil. *Ocean & Coastal Management* 73, 54-62. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.11.009
- Querino, C. A. S., Moura, M. A. L., Querino, J. K. A. S. 2013. Impacto do Desmatamento de uma Área de Mangue no Albedo Superficial. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28, 4, 401- 408
- Ramirez-Martínez, G.A., Castellanos-Galindo, G.A., Krumme, U. 2016. Tidal and Diel Patterns in Abundance and Feeding of a Marine-Estuarine-Dependent Fish from Macrotidal Mangrove Creeks in the Tropical Eastern Pacific (Colombia) *Estuaries and Coasts*, 39, 4, 1249-1261. doi:10.1007/s12237-016-0070-8
- Redpath, S.M., Young, J., Evelyn, A., Adams, W.M., Sutherland, W.J., Whitehouse, A., Amar, A., Lambert, R.A., Linnell, J.D.C., Watt, A., Gutiérrez, R.J., 2013. Understanding and managing conservation conflicts. *Trends Ecol. Evol.* 28, 100–109. doi:10.1016/j.tree.2012.08.021
- Ribeiro, E. P., Nobrega, R. S., Mota- Filho, F. O., Moreira, E. B. M. 2015. Parâmetros Biofísicos na Detecção de Mudanças Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú. *Revista de Geografia* 32, 1.
- Rokni, K., Ahmad, A., Selamat, A., Hazini, S. 2014. Water Feature Extraction and Change Detection Using Multitemporal Landsat Imagery. *Remote Sens.*, 6, 4173-4189; doi:10.3390/rs6054173
- Santos, L. C. M., Matos, H. R., Schaeffer-Novelli, Y., Cunha-Lignon, M., Bitencourt, M. D., Koedam, N., Dahdouh-Guebas, F. 2014. Anthropogenic activities on mangrove areas (São Francisco River Estuary, Brazil Northeast): A GIS-based analysis of CBERS and SPOT images to aid in local management. *Ocean & Coastal Management* 89, 39-50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.12.010>
- Schiavetti, A., Manz, J., Dos Santos, C. Z. Magro, T. C., Pagani, M. I. 2013. Marine Protected Areas in Brazil: An ecological approach regarding the large marine ecosystems. *Ocean & Coastal Management* 76, 96-104.

- Sheaves, M., Baker, R., Nagelkerken, I., Connolly, R.M., 2014. True Value of Estuarine and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. *Estuaries and Coasts* 38, 401–414. doi:10.1007/s12237-014-9846-x
- Sieber, A., T. Kuemmerle, A. V. Prishchepov, K. J. Wendland, M. Baumann, V. C. Radeloff, L. M. Baskin, P. Hostert. 2013. Landsat-based mapping of post-Soviet land-use change to assess the effectiveness of the Oksky and Mordovsky protected areas in European Russia. *Remote Sensing of Environment* 133:38–51.
- Silva, E. R. A. C., Melo, J. G. S., Galvêncio, J. D. 2011. Identificação das Áreas Suscetíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca - PE Através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. *Revista Brasileira de Geografia Física* 03, 629-649.
- Silva, L. C., Cunha, J. M., Machado, N. G., Campos, M. C. C., Biudes, M. C. 2015. Estimativa do balanço de radiação por sensoriamento remoto de diferentes usos de solo no sudoeste da Amazônia Brasileira. *Soc. & Nat., Uberlândia*, 27, 2, 341-356 doi.org/10.1590/1982-451320150211
- Silva, O.R. da, Gomes, M. de B.M., 2012. Impactos das atividades portuárias no sistema estuarino de Santos. *Rev. Metrop. Sustentabilidade* 2, 18.
- Silvestre, L. C.; Farias, D. L. S.; Lourenço, J. D. S.; Barros, De S. C. A., Braga, S. N. M. P. 2011. Diagnóstico dos Impactos Ambientais Advindo de Atividades Antrópicas na EPA da Barra do Rio Mamanguape. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 7, 12.
- Wang, D., Liang, S. 2016. Estimating high-resolution top of atmosphere albedo from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data Original Research Article *Remote Sensing of Environment*, 178, 93-103.

ANEXO I

Normas da Revista

Descrição



Ocean & Coastal Management é uma revista internacional publicada 12 vezes por ano dedicado ao estudo de todos os aspectos do mar e gestão costeira a nível internacional, nacional, regional e níveis locais.

Artigos de todas as disciplinas relevantes são convidados, mas todas as contribuições devem tornar clara a ligação explícita entre os conceitos fundamentais e a melhoria central da prática de gestão. Estudos comparativos (por exemplo, sub-nacional, transnacional, a outros domínios políticos) são incentivados, como os de avaliação e abordagens de gestão corrente. Artigos envolvendo abordagens analíticas, desenvolvimento da teoria e melhoria da prática de gestão são especialmente bem-vindo. Exemplos de tópicos abrangidos pelo jornal incluem, mas não estão limitados a, o seguinte:

Interações entre os vários mar e litoral utiliza resolução de conflitos de uso múltiplo;

Alternativa regimes de gestão e arranjos institucionais para a gestão integrada dos oceanos e áreas costeiras; governança dos recursos e usos em zonas económicas exclusivas desenvolvimentos relacionados a Lei da Convenção do Mar e à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), ea consideração dos regimes legais para a conservação e desenvolvimento dos recursos oceânicos além dos limites da jurisdição nacional impactos ambientais decorrentes da desenvolvimento de mar e zonas costeiras;

Questões específicas de gestão costeira, como costa políticas de proteção, acelerada subida do nível do mar, de acesso público, redensificação beira-mar, públicas educação e participação, gestão portuária, e áreas marinhas protegidas;

Avaliação de recursos é tais atividades da aquicultura, pesca comercial, mineração no mar, transporte e de navegação; energia instalações;

Indústrias dependentes de costa; parques marinhos; desenvolvimento recreativo e conservação restrições físicas e perigos naturais que afetam o uso de recursos e desenvolvimento;

Econômica, política, e constrangimentos sociais; soluções tecnológicas para os problemas de demanda de recursos e fornecimento. Ético aspectos relacionados com opções de gestão onde os benefícios humanos estão dirigindo claramente a programação e a consequências ambientais não recebem a devida atenção. Nós só aceitamos Assim, uma discussão ética. Quando se está estritamente relacionada com as disciplinas acima indicado e estudar exemplos e, portanto, não na sua próprio.

Estrutura do Artigo

Divida o seu artigo em seções bem definidas e numeradas. Subseções devem ser numeradas 1.1 (em seguida, 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não está incluído na secção de numeração). Use isto numeração também para referência cruzada interna: não apenas se referem ao "texto". Tanto pode ser subsecção dado um breve título. Cada título deve aparecer em sua própria linha separada.

Para facilitar os revisores e o processo de produção manuscrito posterior, recomenda-se usar números de página e números de linha.

Introdução

Indicar os objectivos do trabalho e fornecer uma base adequada, evitando uma literatura detalhada pesquisa ou um resumo dos resultados.

Material e Métodos

Fornecer detalhes suficientes para permitir o trabalho a ser reproduzida. Métodos já publicados devem ser indicada por uma referência: apenas modificações relevantes devem ser descritas.

Resultados

Os resultados devem ser claros e concisos.

Discussão

Isto deve explorar a significância dos resultados do trabalho, não repeti-los. A Resultados combinados ea seção de discussão é muitas vezes o caso. Evite citações extensas e discussão de publicada literatura.

Conclusões

As principais conclusões do estudo pode ser apresentada numa secção Conclusões curto, o que pode ficar sozinho ou formar uma subsecção de um Discussão ou Resultados e Discussão seção.

Apêndices

Se houver mais de um apêndice, que deve ser identificado como A, B, etc. Fórmulas e equações em apêndices deve ser dada numeração separada: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc .; num apêndice posterior, Eq. (B.1) e assim por diante. Da mesma forma para tabelas e figuras: Tabela A.1; FIG. A.1, etc.

CAPÍTULO II

Diatomáceas Epilíticas (Bacillariophyceae) em Gradiente de Salinidade no Estuário Mamanguape

Manuscrito a ser submetido ao periódico Brazilian Journal of Oceanography

Diatomáceas Epilíticas (Bacillariophyceae) em Gradiente de Salinidade no Estuário Mamanguape

Luiza Thalita Lima de Moura^{1*}, Eduardo A. Morales² e Luciana Gomes Barbosa³

¹Universidade Federal da Paraíba, Laboratório de Limnologia (Centro de Ciências Agrárias-CCA, Campus II Areia, Paraíba, Brasil, CEP 58397-000) luizathalita@hotmail.com;

²Universidade Católica da Bolívia, (Universidad Católica Boliviana, Engineering and Natural Sciences, Faculty Member, M. M. Marques, Cochabamba, Bolívia), edu_mora@outlook.com;

³Universidade Federal da Paraíba, (Centro de Ciências Agrárias-CCA, Campus II Areia, Paraíba, Brasil, CEP 58397-000) lgomesbarbosa@gmail.com.

*Corresponding author: luizathalita@hotmail.com

Abstract

This study aimed to understand the distribution of diatoms associated with environmental factors over Mamanguape estuary. Twelve points were established in two areas characterized by salinity and landscape (Zone Medium ZM and Costa ZC Zone) in seasonal scale. Conductivity abiotic variables, pH, temperature, dissolved oxygen and Secchi Total phosphorus, orthophosphate and salinity were analyzed in the water. Pellet was collected for analysis of total P, organic matter and diatoms. Analysis of Redundancy and Variation Analysis have been made to understand the most significant abiotic data on the distribution of species. The water is up warm, saline, alkaline, low photic zone and little oxygen, while in the sediment were recorded high concentrations of total P and organic matter in ZM and ZC, regardless of seasonality. Altogether they were identified 47 taxa of diatoms were more abundant in ZM. Regardless of areas, species *Cocconeis* sp., *Eunotia* sp., *Encyonema* sp., *Diploneis* sp. e *Nitzschia* sp. They were abundant all along the estuary. By RDA observed separation estuary between the two zones ANOVA showed that responded significantly diatomaceous conductivity and salinity. In conclusion, the mangrove estuary acted as a stabilizer of nutrients and diatoms, registering greater richness and abundance of marine species.

Key words: diatoms , sediment, estuary Mamanguape

Resumo

Este trabalho objetivou compreender a distribuição de diatomáceas associadas aos fatores ambientais ao longo do estuário Mamanguape. Doze pontos foram estabelecidos em duas zonas caracterizadas pela salinidade e paisagem (Zona Média-ZM e Zona de Costa-ZC), em escala sazonal. Variáveis abióticas condutividade, pH, temperatura, Secchi e oxigênio dissolvido Fósforo total, Ortofosfato e salinidade foram analisadas na água. Sedimento foi coletado para análise de P-total, matéria orgânica e diatomáceas. Análise de Redundância e Análise de Variação foram feitas para compreensão dos dados abióticos mais significativos na distribuição das espécies. As águas apresentaram-se quentes, salinas, alcalinas, com baixa zona eufótica e pouco oxigenadas, enquanto no sedimento foram registradas altas concentrações de P-total e matéria orgânica em ZM e ZC, independente da sazonalidade. Ao todo foram identificados 47 táxons de diatomáceas com maior abundância em ZM. Independente das zonas, as espécies *Cocconeis* sp., *Eunotia* sp., *Encyonema* sp., *Diploneis* sp. e *Nitzschia* sp. foram abundantes em toda extensão do estuário. Através da RDA observou-se a separação do estuário entre as duas zonas a ANOVA demonstrou que as diatomáceas responderam significativamente a condutividade e salinidade. Em conclusão, o manguezal do estuário atuou como estabilizador de nutrientes e diatomáceas, registrando maiores riqueza e abundância de espécies marinhas.

Palavras Chave: Diatomáceas, sedimento, estuário Mamanguape

Introdução

Os estuários são corpos d'águas costeiros semifechados, com uma livre ligação com o oceano aberto, na parte interior, a água do mar é diluída pela água doce é oriunda da drenagem continental (Cameron e Pritchard, 1963), representa um ecossistema costeiro de ligação com o mar aberto, podendo ser constituída de três zonas: primeiramente é caracterizada pelo aporte fluvial, bem como a zona de mistura, apresenta a parte mais influenciada diretamente por ações de marés na mistura da água salgada com a doce e a zona de turbidez, caracterizada pela água do mar, a qual acarretam a pluma de sedimentos no oceano (Day et al., 1989), abrigando um importante papel ecossistêmico (Sheaves et al., 2014) característicos por seus processos de mistura ao longo do corpo estuarino devido a inconstância da maré (Barrie et al., 2015).

Ecossistemas como os estuários, são produtivos e ecologicamente significantes (Sheaves et al., 2014), dinâmicos possuem alta heterogeneidade espacial, bastante influenciadas pelos ciclos sazonais e de maré (Aquino et al., 2014). Registrando alta capacidade de retenção de nutrientes (Jickells et al., 2015) modificações constantes são observadas devido sua intensa dinâmica (Reeves et al., 2014) e presença substrato não consolidado.

Os processos de sedimentação em estuários dependem de fatores como a vazante do rio para foz e processos hidrodinâmicos (Ralston et al., 2012). A sedimentação desses ambientes é fundamental para constituição do hábitat e consequentemente para as comunidades dependentes deste processo (Gomes et al., 2013). Um problema associado a sedimentação é a descarga de contaminantes e outras atividades antrópicas advindas das áreas fluviais que acumulam no estuário (Wetzel et al., 2013), promovendo a diminuição na profundidade dos estuários.

O crescimento populacional antrópico tem afetado os estuários com drásticas modificações (Ellis et al., 2015) principalmente as atividades que alteram a heterogeneidade ambiental, fato que, afeta diretamente as comunidades biológicas do sistema (Mikkola et al., 2013), e consequentemente a distribuição dos indivíduos (Levin et al., 2013).

Além desses fatores, atividades com fins econômicos como a carcinicultura ameaçam a qualidade desses ambientes pelas altas descargas de material orgânico provenientes da prática (Molnar et al., 2013), como também as áreas de monocultura (Shi et al., 2013), além das ameaças advindas da eutrofização e da contaminação por assoreamento (Desrosiers et al., 2013). Atividades portuárias e alta urbanização ao redor de estuários tem trazido preocupação quanto sua qualidade ambiental (Silva e Gomes, 2012), tornando o estudo de comunidades indicadoras relevante.

Diatomáceas formam um grupo de organismos unicelulares e autotróficos, que possuem formas solitárias ou coloniais, distribuídas em amplas áreas geográficas, encontradas em ambientes aquáticos, terrestres ou subaéreos (Bold e Wynne, 1985), possuem formas livres ou vivem aderidas em plantas (epifíton), rochas (epilíton), grãos de areia (episamon) ou sedimento (epipelon) (Rodrigues et al., 2015).

Organismos bioindicadores, tais como as diatomáceas inferem respostas na compreensão dos impactos urbanos e da agricultura nos ecossistemas aquáticos (Moresco & Rodrigues, 2016). Sensíveis a reagentes químicos, como os herbicidas lançados em rios pela atividade agrícola (Wood et al., 2016), algumas espécies são susceptíveis a modificações na composição química da água, como também no estado trófico (Fetscher et al., 2014), utilizadas em regiões com alterações antrópicas ao redor de corpos aquáticos (Moresco & Rodrigues, 2016). Nas regiões de manguezais, as diatomáceas atuam como bioindicadoras quando associadas à presença de nutrientes e metais pesados (Jickells et al., 2015), e ocupação do entorno (Ellegaard et al., 2014).

A alta produção biológica de zonas intertidais estuarinas é apoiada principalmente por diatomáceas bentônicas (Juneau et al., 2015). Amplamente distribuídos e dominantes em grande parte dos estuários (Gorcharoenwat, 2007; Tantanararit et al., 2013) reguladoras de nutrientes e importantes na posição na cadeia alimentar aquática (Semcheski et al., 2016), o fitoplâncton e as diatomáceas são constantemente correlatos aos fatores abióticos (De et al., 2015), respondendo às alterações de presença e ausência de nutrientes dissolvidos ao longo do estuário, como também nas áreas de manguezais (Mukherjee et al., 2015). Embora importantes, estudos taxonomicos de diatomáceas em áreas de manguezais e estuários ainda são poucos estudados.

Neste sentido, abordagens sólidas para avaliar a qualidade ecológica em ecossistemas aquáticos tornou-se uma importante ferramenta devido à degradação resultante das pressões induzidas pelo homem (Verissimo et al., 2011). Este trabalho objetiva analisar a composição e distribuição espacial das diatomáceas no estuário do Rio Mamanguape por meio da bioindicação de diatomáceas, associando-as aos fatores físico-químicos do estuário.

2. Materiais e Métodos

Área de Estudo

O estuário do Rio Mamanguape tem uma área de 16.400 hectares, com aproximadamente 30km de extensão, cercado por 6.000 hectares de vegetação de manguezal, tendo a desembocadura para o Oceano Atlântico na região da Barra de Mamanguape (Queiroga et al., 2013). Na região a estação seca tem início em meados de setembro e se estende até fevereiro sendo outubro e novembro os meses mais secos, ocorrendo nesta época um pequeno aumento da temperatura com a média em torno de 26° C. Todavia, no período de dezembro a fevereiro é quando se verificam as temperaturas mais altas que atingem cerca de 28° C. A estação chuvosa normalmente se inicia em março e vai até agosto, retornando às condições de seca a partir de setembro. A média das temperaturas mínimas fica em torno de 23° C e distribuem-se entre os meses de julho e agosto (Plano de Manejo, 2013).

O estuário do Rio Mamanguape encontra-se cercado por dois polígonos de Unidades de Conservação, ambos de responsabilidade Federal, a ARIE Foz do Rio Mamanguape e a APA Mamanguape. A APA da Barra do Rio Mamanguape pertencente

ao litoral norte paraibano, possui uma relevante importância ecológica na preservação do peixe-boi das Antilhas (*Trichechus manatus manatus*) (Magalhães et al., 2015). Além disso, a APA Mamanguape possui o papel de proteger os remanescentes de Mata Atlântica e as belezas cênicas existentes na Unidade, além de gerenciar por meio de zoneamento as áreas de uso da Unidade (Plano de Manejo, 2013).

Um dos principais impactos na região está associado à presença de tanques de carcinicultura ao norte do estuário. Além da presença de monoculturas e canaviais, sem conexão direta com estuário, além do aumento dos registros de desmatamento da Mata Atlântica motivados pela expansão das fazendas canavieiras (Silvestre et al, 2011) (Figura 01).

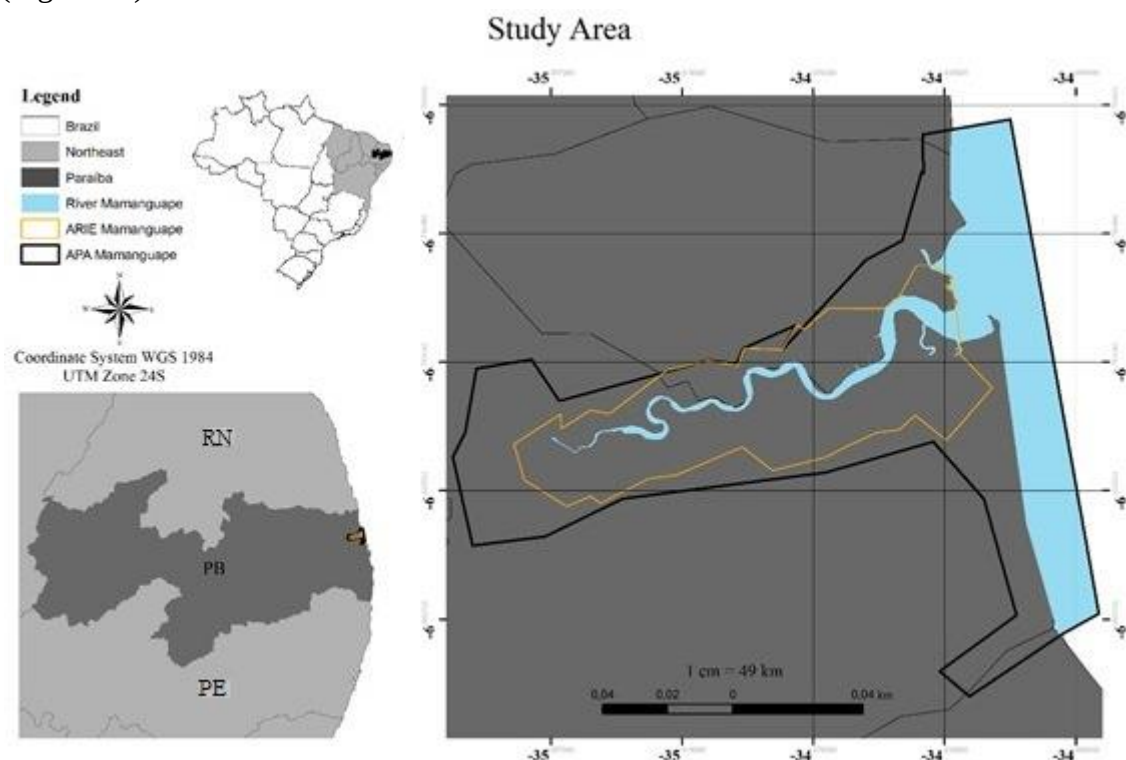


Figura 01. Localização da área de estudo. Fonte: AESA.

Delineamento Amostral

Ao todo foram analisados doze pontos em gradientes de salinidade e paisagem no estuário Mamanguape. A determinação dos pontos foi determinada pelas extensões geográficas ocupadas pelos estuários dentro da unidade, escolhidos de acordo com a configuração paisagística, incluindo as áreas de uso antrópico (plantações de cana de açúcar próximas aos estuários e de tanques de carcinicultura), além da escolha de ambientes mais prístinos com coordenadas estabelecidas (tabela 01).

Tabela 01. Coordenadas dos pontos de amostragens

Ponto	Latitude	Longitude
01	6°46'22.16"S	34°55'14.88"O
02	6°46'29.59"S	34°55'22.21"O
03	6°46'35.42"S	34°55'41.52"O
04	6°46'37.15"S	34°55'57.27"O
05	6°46'21.74"S	34°56'32.82"O
06	6°46'2.26"S	34°56'59.45"O
07	6°46'34.68"S	34°57'3.58"O
08	6°46'58.73"S	34°57'23.12"O
09	6°46'7.87"S	34°57'19.35"O
10	6°45'48.70"S	34°56'46.86"O
11	6°46'4.86"S	34°56'10.33"O
12	6°45'38.40"S	34°55'54.20"O

A partir da análise o estuário foi dividido em duas zonas ZM (Zona de Média) e ZC (Zona Inferior, com esta sigla neste trabalho pela correspondência à parte Costeira) conforme sugerido por Lira et al. (1979) que zoneia os estuários em superior, médio (ZM) e inferior (ZC), cujas áreas médias e inferiores (ZM e ZC) constitui de uma região configurada pela presença de manguezais, presença de gamboas e alguns coqueirais no perímetro, e a inferior com ausência de mangue. Pelo não estabelecimento dos dados de estratificação, neste trabalho, considerou-se apenas as variáveis geológicas atribuídas a essas Zonas no conceito estabelecido por Miranda et al. (2002) que se refere a ZM como áreas de aspectos hidrológicos de transição, como também a observa a localização na entrada do estuário com proximidades da plataforma continental que inicia-se a zona costeira (Figura 02).

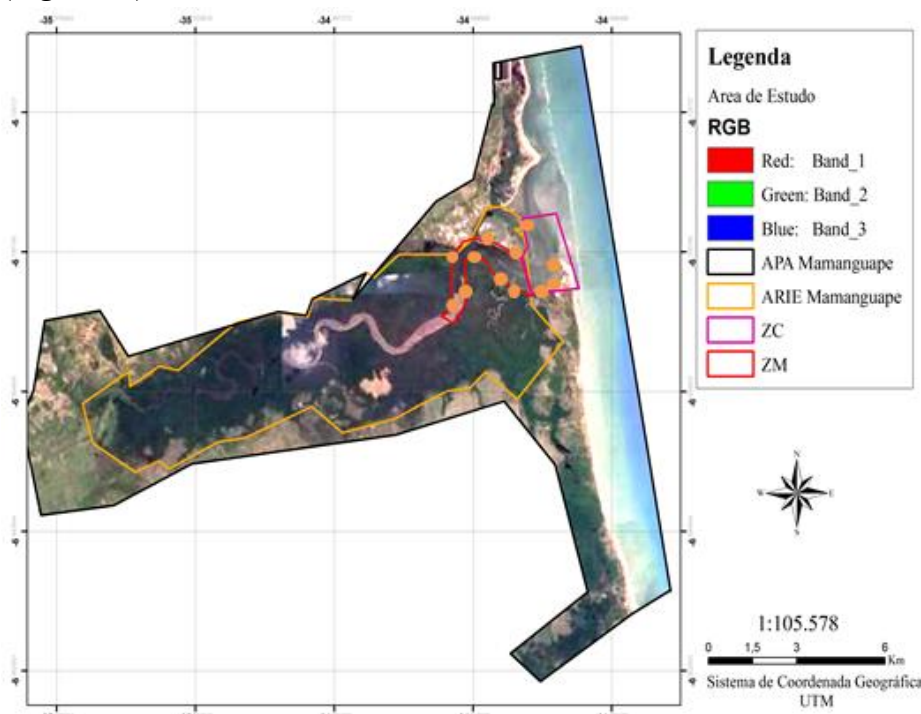


Figura 02. Zonas estabelecidas para pontos de coletas do Estuário Mamanguape

Amostragens da água

Informações hidrometeorológicas foram obtidas junto aos técnicos da Gerência Executiva de Monitoramento e Hidrometria da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba SECTMA (Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade). Para compreensão da descarga de água do continente para o estuário no período sazonal os valores fluviométricos foram obtidos por meio do site da ANA (Agência Nacional das Águas) (HIDROWEB), sendo realizada uma média através dos dados disponíveis de um mês anterior a coleta.

A medição de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$) e velocidade do vento por meio do uso da sonda multiparamétrica *in situ*. A salinidade foi medida por meio de refratômetro, em laboratório. As seguintes análises foram providenciadas: fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) na água foram determinados segundo o método proposto por APHA (1998).

Geoquímica dos sedimentos superficiais

As amostragens do sedimento superficial foram realizadas em pontos distribuídos em gradiente na área, sendo o gradiente dependente da heterogeneidade ambiental, salinidade e temperatura. A coleta das amostras de sedimentos superficiais foi feita com auxílio de testemunhador adaptado, composto de um tubo de aproximadamente 08 cm de diâmetro e comprimento de 1 m. O pH no sedimento foi medido através do método descrito EMBRAPA (2011).

Para a determinação do fósforo total no sedimento foi utilizado 0,5 g da amostra que foi queimada em mufla a 500°C por 1 hora. Após a queima o resíduo é digerido em solução de HCl 1 N e aquecido durante 10 minutos em chapa térmica. Em seguida a amostra é filtrada e mantida refrigerada até o momento da determinação. A elevada temperatura de combustão a que é submetida à amostra de sedimento promove a oxidação da matéria orgânica e dos carbonatos, liberando o fósforo associado a estes carreadores geoquímicos (Andersen, 1976). Para a determinação do fósforo inorgânico foi utilizada a mesma quantidade de amostra, porém esta não é levada a combustão, sendo lixiviada com o mesmo extrator durante 16 horas em temperatura ambiente e sob agitação constante. Após a extração, as frações são determinadas através do método do ácido ascórbico. A concentração de fósforo orgânico é determinada através da diferença entre o fósforo total e o fósforo inorgânico (APHA, 1998).

A oxidação da matéria orgânica via úmida, foi realizada com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou, aquecimento (EMBRAPA, 1997 modificado por Raposo, 2014)

Diatomáceas

Análise taxonômica

As amostras de água e sedimentos foram previamente oxidadas e montadas em lâminas permanentes de acordo com a técnica de oxidação com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) (Battarbee1986; Battarbee *et al.* 2001; ECS, 2003; Blanco *et al.*2008) para confecção das lâminas foi utilizando Naphrax[®] (I.R.=1,7) como meio de inclusão.

Os táxons foram sempre que possível identificados em níveis específicos e infra-específicos com auxílio de obras clássicas (Patrick e Reinald, 1966; Camburn e Charles, 1966; Garcias e Odebrech, 2009; Bes e Torgan, 2010; Bes *et al.*, 2012), além de trabalhos mais recentes para atualização da nomenclatura. A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular microscópio óptico Olympus[®] BX40.

Análise quantitativa

A valva é a unidade básica de contagem a ser considerada, ou seja, frústulas completas serão consideradas como duas. Os fragmentos foram incluídos na contagem desde que fosse possível a identificação da espécie por meio da área central ou das extremidades e que se pudesse visualizar, pelo menos, 50% da valva (Battarbee *et al.* 2001).

Foram adotados como critérios a contagem mínima de 300-500 valvas, sempre que possível. O cálculo da abundância absoluta foi feito de acordo com Battarbee (1986).

Informações Ecológicas

Foi realizada uma revisão de literatura sobre a ecologia dos táxons encontrados (por exemplo, van Dam *et al.* 1994; Bes e Torgan, 2010; Bes *et al.*, 2012), entre outros, bem como busca pelo “site” específico de diatomáceas (EDDI - <http://craticula.ncl.ac.uk>) e o programa OMNIDIA, versão 4.2 (Lecointe *et al.*, 1993).

Tratamento estatístico dos dados

A Análise de Redundância (RDA) estima a modelagem de comunidades por meio de indicadores ambientais, fornecendo subsídios para a realização de análise explicativa direta, através da associação entre as espécies com as variáveis ambientais e outros conjuntos de preditores de interesse (Peres-Neto *et al.*, 2006). É utilizado para testar e determinar a probabilidade de conjuntos preditores, explicando os padrões na estrutura da comunidade (Peres-Neto *et al.*, 2006).

Resultados

Parâmetros da água

Os dados fluviométricos indicaram variação entre os dois períodos sazonais, com média de descarga de água do continente ao estuário de 0,23 a 0,89 m³h⁻¹, no verão e inverno, respectivamente.

Na Zona Média, correspondente a área de manguezal, as águas apresentaram-se quentes em ambos os períodos, levemente alcalinas e pouco oxigenadas (máximo de 7,2mg l⁻¹ no inverno). A zona eufótica variou pouco nos dois hidroperíodos, com valores maiores no inverno (0,58 m). A variação da salinidade entre períodos foi baixa, entre 11 e 20‰ no verão e 13‰ a 20‰ no inverno (Tabela 01).

Em relação ao P-Total na água, os valores foram maiores no inverno (182,8 µg.l⁻¹), tendência semelhante identificada para o P-Orto (19,45µg.l⁻¹).

Tabela 02- Variáveis Abióticas do estuário Mamanguape

Verão (Março)	Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-2}$)	Salinidade (%)	pH Sedimento	pH superfície	Temperatura (°c)	Zona Eufótica (m)	Oxigênio Dissolvido (mg.l^{-1})	P-Total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	P-Orto ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	P-Total ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Matéria Orgânica
1	19490	21	6.32	8.08	29.5	0	6.78	2,9596	1,8595	26,1072	0,10
2	19730	30	6.29	7.98	29.9	0.5	6.86	6,4192	1,8595	19,5024	0,0
3	19890	20	6.27	7.98	30.1	0.23	6.48	11,6086	5,3785	27,7584	0,10
4	19450	30	6.27	7.67	28.9	0.3	4.57	0	0	407,5344	52,35
5	19920	20	6.4	7.73	29.1	0.38	4.53	18,5278	1,8595	156,552	60,91
6	19460	20	6.23	7.43	28.6	0.13	2.8	182,8588	7,138	262,2288	128,86
7	19910	19	6.38	7.61	29.6	0.2	4.52	11,6086	7,138	278,7408	10,67
8	19710	15	6.58	7.75	30.3	0.4	5.45	13,3384	12,4165	618,888	5,34
9	19450	11	6.49	7.27	30.3	0.33	4.2	68,692	8,8975	110,3184	3,12
10	19300	25	6.69	7.57	30.3	0.42	5.58	30,6364	8,8975	62,4336	1,11
11	19730	19	6.48	7.85	29.2	0.25	6.02	15,0682	17,695	681,6336	0,60
12	19960	20	6.61	6.6	30.3	0	4.57	9,8788	5,3785	37,6656	0,70
Inverno (Agosto)											
1	19640	28	6.6	7.7	27.1	0.3	6.01	18,688	5,3785	310,9436	4,53
2	19890	31	6.71	7.98	27.3	0.3	6.61	16,977	3,619	29,9642	1,81
3	19430	26	6.7	7.99	27.5	0.15	7.4	13,555	7,138	18,326	2,21
4	19910	38	6.58	8.08	27.1	0.2	5.88	8,422	1,8595	645,1262	6,44
5	19830	15	6.59	7.36	28.3	0.58	4.22	10,133	10,657	43,265	1,31
6	19150	36	6.55	7.32	28.7	0.3	4.19	23,821	8,8975	1059,113	8,46
7	19720	27	6.73	7.36	27	0.3	3.43	34,087	12,4165	922,7804	10,17
8	19450	13	6.92	7.43	27.6	0.3	4.75	97,394	19,4545	31,6268	55,87
9	19220	29	6.91	7.32	28.7	0.03	4.19	23,821	26,4925	911,1422	73,49
10	19150	30	6.87	7.84	27.2	0.13	7.2	25,532	12,4165	23,3138	35,24
11	19610	18	6.86	7.78	28.7	0.3	7.1	10,133	8,8975	887,8658	55,87
12	19910	28	6.84	7.68	22.8	0.5	3.09	32,376	15,9355	26,639	6,85

Na Zona de Costa, correspondente a área mais próxima ao oceano, as águas apresentaram-se quentes (máximo de 30°C verão), um pouco mais alcalinas em relação a ZM (máximo de 8.08 no verão e 7.98 no inverno) e mais oxigenadas (6,8mg.l⁻¹ no verão e 6.01 mg.l⁻¹ no inverno). A zona eufótica variou pouco nos dois hidroperíodos (0.25 e 0.3 no verão e inverno, respectivamente).

Valores de salinidade um pouco mais elevados foram identificados, variando de 21 a 30 ‰ no verão e 29‰ a 31‰ no inverno. Em contrapartida, as concentrações de P-Total e P-Orto foram mais baixas em comparação a ZM (Figura 03a e 03b).

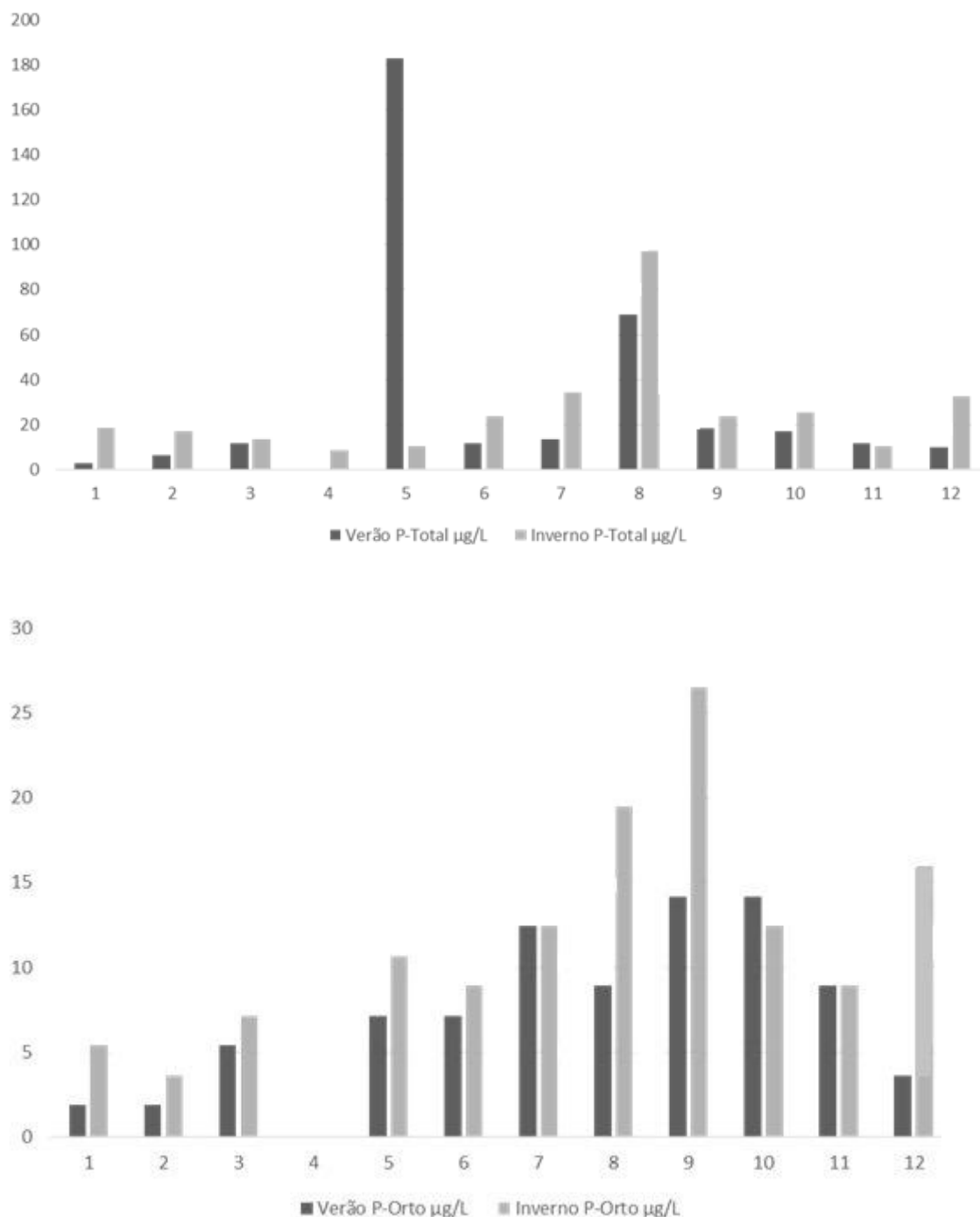


Figura03- Variação de P-total (A) e P-Orto (B) na água no verão e inverno.

Geoquímica do Sedimento

O sedimento superficial em ZM caracterizou-se como levemente ácido (6.23 6.55, no verão e inverno, respectivamente), com elevadas concentrações de P-Total (Figura 04) e elevados valores de matéria orgânica. Em relação à ZC, o pH manteve-se mais próximo a neutralidade, com concentrações de P-Total expressivamente mais baixas quando comparados a ZM (Figura 04), tendência também observada para matéria orgânica.

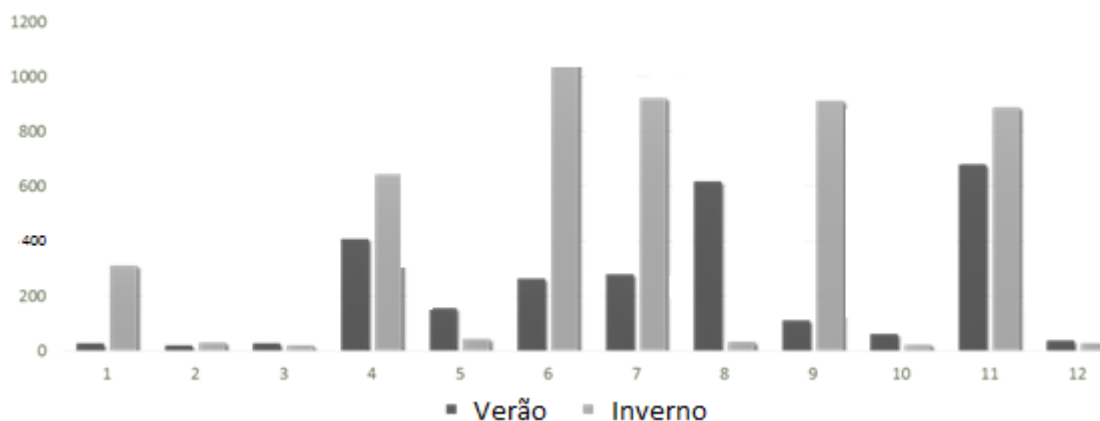


Figura 04- Valores de P-Total no sedimento do estuário do Rio Mamanguape (Paraíba, Brasil).

Análise da comunidade de Diatomáceas

A análise da composição taxonômica das diatomáceas epilíticas constatou a presença de 47 táxons de diatomáceas, distribuídos em 27 gêneros e 20 espécies, sendo a maior riqueza identificada na região ZM (Tabela 03).

Tabela 03. Lista de espécies de diatomáceas do estuário Mamanguape no verão (março/2015) e inverno (agosto/2015).

ZC	Espécie			ZM	Espécie			Espécie	Verão	Inverno
	Espécie	Verão	Inverno		Espécie	Verão	Inverno			
	<i>Pinnularia</i> sp.	X			<i>Psammococconeis</i> sp.	X	X	<i>Cocconeis</i> cf. <i>fluminensis</i>	X	X
	<i>Psammococconeis</i> sp.	X	X		<i>Pleurosigma</i> <i>marinum</i>	X	X	<i>Cocconeis</i> sp.	X	X
	<i>Gramatophora</i> <i>hamulifera</i>	X	X		<i>Plagiogramma</i> cf. <i>rhombicum</i>	X	X	<i>Tryblionella</i> <i>granulata</i>	X	X
	<i>Gramatophora</i> sp.	X	X		<i>Plagiogramma</i> sp1	X	X	<i>Tryblionella</i> sp.	X	X
	<i>Seminavis</i> cf. <i>robusta</i>	X	X		<i>Plagiogramma</i> sp2	X	X	<i>Opephora</i> cf. <i>pacifica</i>	X	X
	<i>Actinoptychus</i> sp.	X	X		<i>Trachysphenia</i> <i>acuminata</i>	X	X	<i>Halamphora</i> <i>aponina</i>	X	X
	<i>Campyloneis</i> sp.	X	X		<i>Nitzschia</i> sp	X	X	<i>Trachysphenia</i> <i>acuminata</i>	X	X
	<i>Diploneis</i> sp.	X	X		<i>Fragilaria</i> sp	X	X	<i>Nitzschia</i> sp	X	X
	<i>Diploneis</i> cf. <i>bombus</i>	X	X		<i>Thalassionema</i> <i>nitzschoides</i>	X	X	<i>Amphora</i> <i>spriggerica</i>	X	X
	<i>Rhabdonema</i> cf. <i>minutum</i>	X	X		<i>Thalassiosira</i> sp.	X	X	<i>Amphora</i> cf. <i>ovalis</i>	X	X
	<i>Rhabdonema</i> sp.	X	X		<i>Coscinodiscus</i> sp.	X	X	<i>Halamphora</i> <i>acutiúscula</i> .	X	X
	<i>Thalassiosira</i> sp	X	X		<i>Paralia</i> <i>sulcata</i>	X	X	<i>Amphora</i> sp	X	X
	<i>Planithidium</i> sp.		X		<i>Diploneis</i> cf. <i>bombus</i>	X	X	<i>Gramatophora</i> <i>oceânica</i>	X	X
	<i>Planothidium</i> <i>delicatum</i>		X		<i>Diploneis</i> sp.	X	X	<i>Gramatophora</i> sp.	X	X

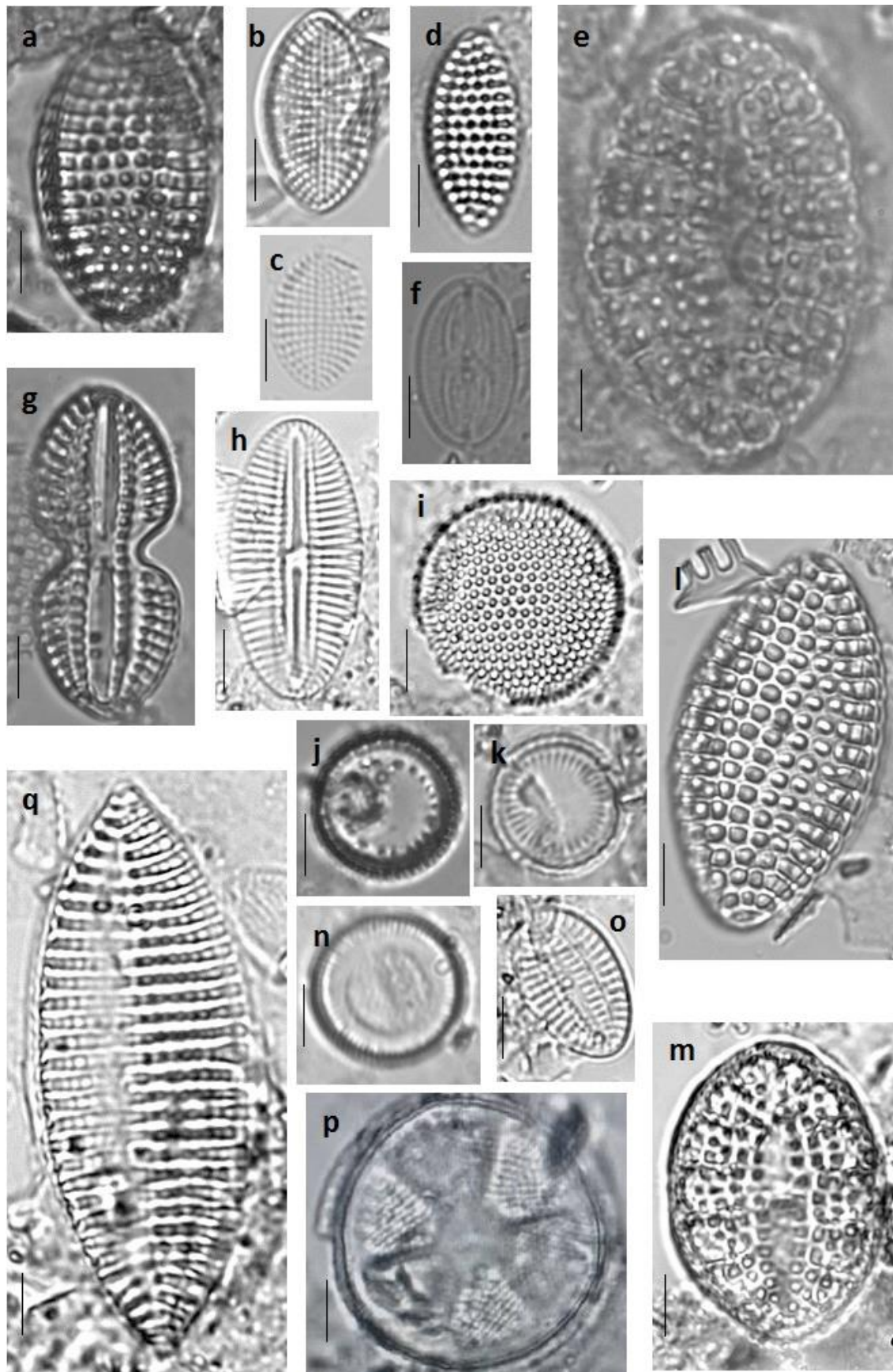


Figura 05.a) e l) *Tryblionella granulata*; b) *Psammococconeis* sp.; c) *Cocconeis scutellum* var. *parva*; d) *Tryblionella granulata*; e, m) *Campyloneis* sp.; f) *Fallacia* sp. g) *Diploneis* cf. *bombus*; h) *Diploneis* sp.; i) *Coscinodiscus* sp. j), k) *Paralia sulcata*; n) *Cyclotella*

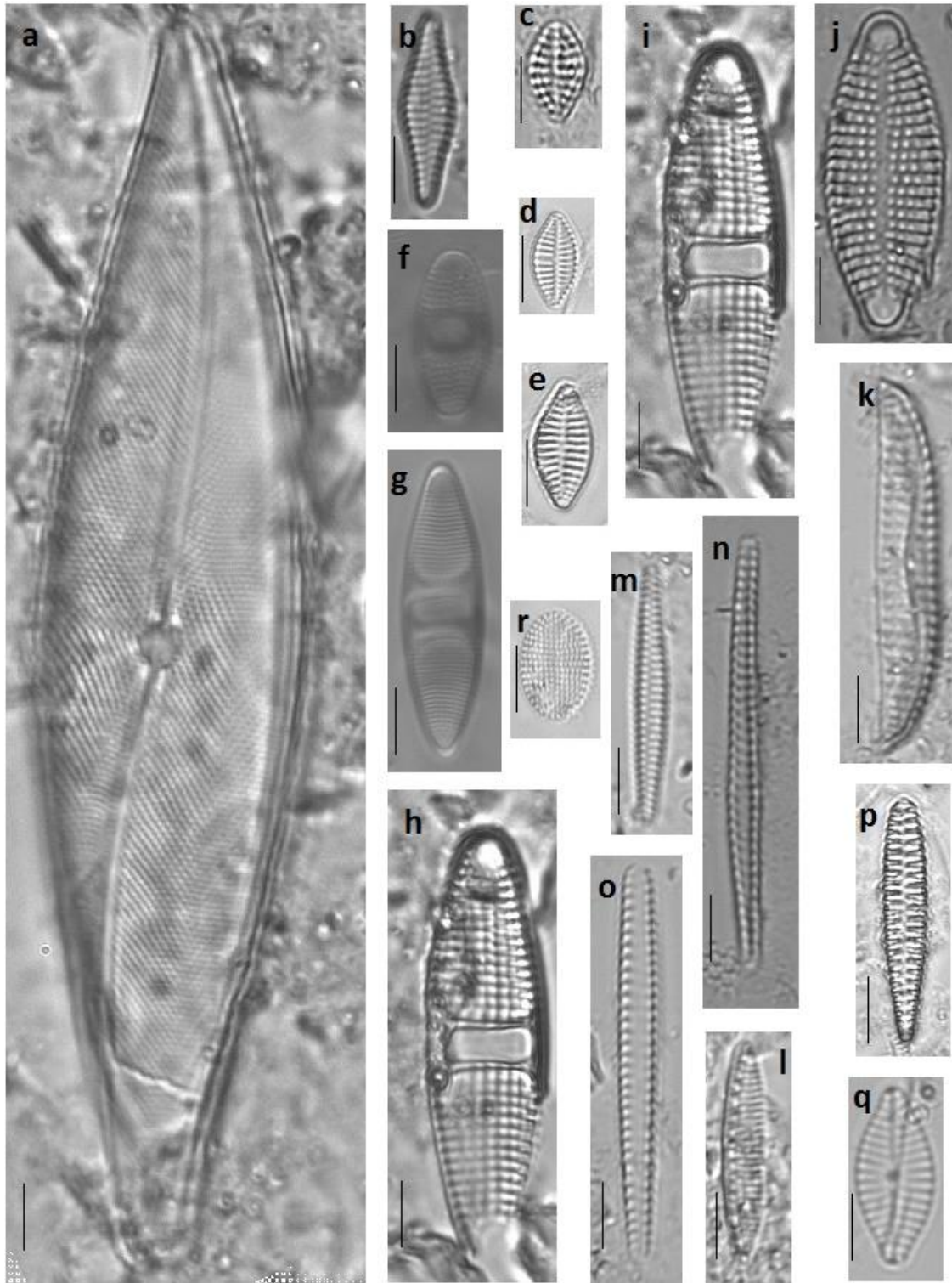


Figura 06- a) *Pleurosigma marinum*; b) *Trachysphenia acuminata*; c) *Rhabdonema* cf. *minutum*.; *tellum* var. *parva*; d) *Tryblionella granulata*; e, m) *Campyloneis* sp.; f) *Fallacia* sp. g) *Diploneis* cf. *bombus*; h) *Diploneis* sp.; i) *Coscinodiscus* sp. j), k) *Paralia sulca*

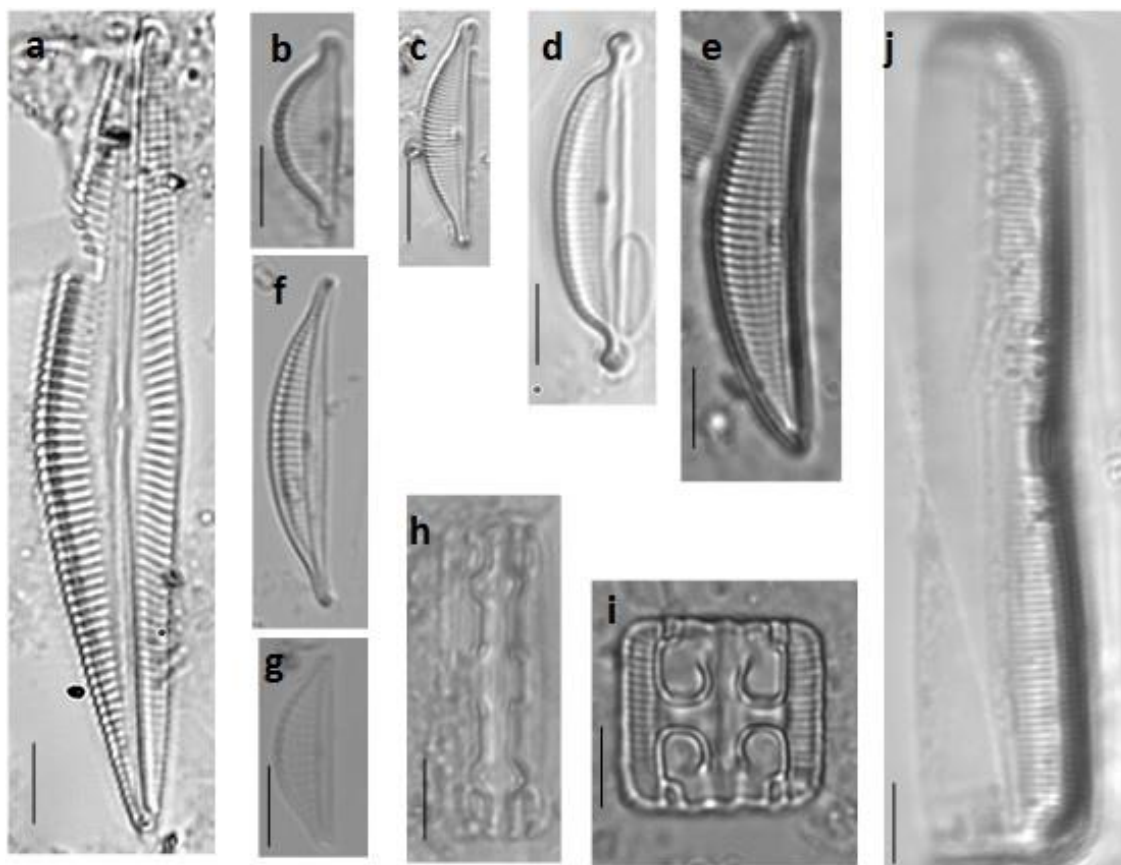


Figura 07- a) *Seminavis cf. robusta*; b) *Amphora cf. gramenorum* c) *Halamphora aponina* d) *Amphora spriggerica* f) *Halamphora acutiuscula* g) *Amphora sp5*; e) *Amphora cf. ovalis*; h) *Gramatophora oceanica*; i) *Gramatophora hamulifera*; j) *Pinnularia sp.*

Variação Espacial

Os táxons do estuário corresponderam a 47,2% de origem marinha e estuarina, 21,2% encontrados no continente, 14,8% exclusivamente marinha, estuários e em regiões litorâneas e 14,8% equivale aos táxons exclusivamente continentais. A abundância total, correspondente aos dois períodos, foi de 10,87 valvas/grama para verão e 11,57 valvas/gramas no inverno, respectivamente, não sendo registradas grandes modificações na abundância de espécies entre períodos. Entre Zonas, ZM foi a que registrou maior abundância (16,35 valvas/gramas) em comparação a ZC (9,97 valvas/gramas).

Em ZM ocorreu a maior abundância de *Thalassiosira sp.* (25%), *Coscinodiscus sp.* (10%), *Cocconeis sp.* (3,08%), *Diploneis sp.* (2,40%). Baixas abundâncias de *Cyclotella sp.* (0,8%), *Grammatophora oceânica* (0,26%), *Anorthoneis sp.* (0,91%), *Actinoptychus sp.* (0,24%) e *Campyloneis sp.* (0,33%) foram diagnosticadas próximas as regiões de maior salinidade.

Em ZC, altas abundâncias de *Planothidium delicatulum* (7%) foram encontradas no inverno em um ponto de transição entre ZM e ZC. As espécies *Seminavis cf. robusta*

sp. (1,18%) (0,8%), *Cocconeis* sp. (3,08%), *Amphora* sp. (7,64%), *Eunotia* sp. (8,9%), *Gramatophora* sp. (0,73%), *Pinullaria* sp. (2,5%) e *Actinoptychus* sp. (0,24%) estiveram presentes em ambos os períodos em ZC, porém com baixa representação.

Independente das taxas de salinidade as espécies *Diploneis* sp., *Eunotia* sp. e *Amphora* sp. foram constatadas em ambos os períodos ao longo de todo estuário.

Bioindicação e Associação das Variáveis Abióticas e Diatomáceas

No diagrama de ordenação gerado pela (RDA) verificou-se uma separação espacial entre as zonas de amostragem, onde ZM esteve ligado ao estado nutricional do estuário (Fósforo total do sedimento: 0.122, Fósforo Total na água: 0.024* e Matéria Orgânica:0.029*), como também em função da estrutura do sedimento (PHs0.195)). Esses fatores associaram-se as espécies *Diploneis bombus*, *Diploneis* sp., *Tryblionella granulata*, *Coscinodiscus* sp., *Cocconeis* sp., *Anortheis* sp., *Eunotia* sp., *Thalassiosira* sp. e *Pleurosigma* sp. com abundâncias semelhantes para o verão e o inverno. ZC esteve correlacionado condutividade (0.001***), oxigênio dissolvido (0.004**), salinidade (0.070.), Fósforo Total (0.024*), Ortofosfato na água (0.013*) e pH na água (0.043*) associou-se à composição de diatomáceas as seguintes espécies: *Rhabdonema* sp., *Planothidium delicatulum*, *Pinularia* sp., *Tryblionella granulata*, *Grammatophora oceanica*, *Eunotia* sp. e *Anortheis* sp. com maior abundância no inverno (Figura 06).

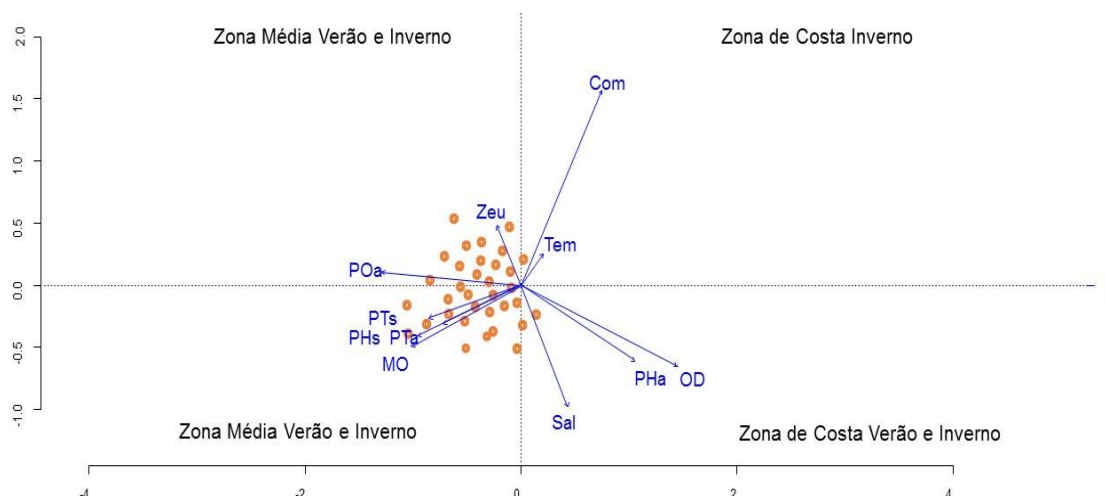


Figura 08. Análise de Redundância (RDA) no estuário Mamanguape

Discussão

As águas do estuário Mamanguape foram consideradas salinas, com valores de salinidade sempre abaixo de 40‰ (Miranda, 2002). A temperatura, a salinidade e a transparência foram mais baixas na estação chuvosa e mais altas na estação seca do estuário Mamanguape seguindo um padrão típico para regiões tropicais (Campos et al, 2015), sendo a salinidade é considerada uma das principais características determinísticas na distribuição de espécies bentônicas (Elliott e Whitfield, 2011), influenciada pelas descargas do continente e chuvas, apresentando redução das concentrações no inverno (Canini et al., 2013).

Estudos de diatomáceas bentônicas em sedimentos superficiais em estuários, em geral, apresentam correlação estatística com a salinidade, temperatura e nutrientes (Ingleton & MecMinn, 2012). De uma forma geral as espécies de diatomáceas descritas no estuário Mamanguape são consideradas cosmopolitas, constatadas em diversas zonas costeiras em distintas regiões do mundo (Liu et al, 2013; Gopalakrishnan et al, 2014; Villafañe et al, 2014; Cefarelli et al., 2016; Millie et al., 2004).

As periódicas vazantes em áreas de manguezais trazem altas cargas de nutrientes (Signorin et al., 2010), condições compatíveis com estuário do Mamanguape onde os maiores valores de nutrientes e abundâncias de diatomáceas foram registrados no período de maior descarga de água advinda do continente (inverno), no manguezal. Tais condições são indicadoras de que o manguezal atuou como estabilizador e acumulador de nutrientes entre regiões continentais e litorâneas (Burford et al., 2008). Os valores de P-total no sedimento possuem teores mais baixos quando estão associados a sedimentos arenosos, localizados na proximidade com o mar (Barcellos et al., 2005), compatíveis com o estuário do Mamanguape que registrou os maiores teores de P-total no sedimento em áreas de manguezal com granulometria fina. Dessa forma, altos índices de P-total estabeleceram-se no sedimento em ZM nas proximidades das aberturas de canais de rios que deságuam no estuário, com concentrações mais elevadas de P-total na água e P-orto na água.

Das espécies de diatomáceas bentônicas, *Thalassiosira* sp. foi a mais abundante em ZM conforme esperado, correlacionada a altas temperaturas (Leão et al, 2008) e altas concentrações de nutrientes (Villafañe et al. 2014). A ocorrência de *Cyclotella* sp. em ZM, embora em mínimas abundâncias, esteve associada aos valores mais altos de MO (Millie et al., 2004).

Diploneis sp. e *Diploneis bombus* são comumente encontradas na zona nerítica da área litorânea (Jales et al., 2013), região que registrou maiores índices de abundância da espécie no presente estudo. O gênero *Eunotia* sp., correlato aos índices de pH no sedimento (Hargan et al., 2015), registrou altos índices de abundância em áreas de sedimento pouco ácido, aproximando-se da neutralidade.

Alta abundância de *Planothidium delicatulum* (Kützinger) Round et Bukhtiyarova foi registrado em lagunas costeiras com altas concentrações de matéria orgânica (Bak e Szlauer-Lukaszewska, 2013),

A análise de Redundância (RDA) ordenou as unidades amostrais separando os dois eixos de acordo com as distintas zonas de coleta, ZM, constandoa significância para matéria orgânica e nutrientes, enquanto ZC esteve associado à salinidade e condutividade. Os teores de P-Orto tem sido um fator determinístico em estuários (Ingleton & MecMinn, 2012).

De maneira geral, constatou-se uma grande relação entre a salinidade e os nutrientes na composição de diatomáceas (Ingleton & MecMinn, 2012), sendo a salinidade um fator relevante na distribuição e seleção de diatomáceas em estuários (Sabanci, 2012).

Neste estudo constatou-se compatibilidade na concentração de nutrientes encontrados nos estuário do Mamanguape com estuários bem preservados do mundo inteiro (Ingleton & MecMinn, 2012; Sabanci, 2012; Canini et al., 2013), como também

a composição diatomológica (Liu et al, 2013; Gopalakrishnan et al, 2014; Villafañe et al, 2014; Cefarelli et al., 2016; Millie et al., 2004), indicando boa qualidade ambiental da região em relação aos fatores analisados.

Entretanto a presença de canais de rios que possuem indústrias de aquicultura tende a uma redução da qualidade da água, além da modificação no habitat (Barbieri et al., 2014), como o constatado no estuário Mamanguape, cujos maiores valores de nutrientes foram detectados em canais de aberturas de rios ligados a tanques de carcinicultura.

Os resultados demonstraram que, no estuário Mamanguape a região de ZM caracterizada por acentuada área de manguezal tem sido estabilizador de descarga de nutrientes (Burford et al., 2008), embora as taxas de nutrientes estejam adequadas para regiões de estuário os índices de P-total no sedimento indicam que com a atual descarga de água advinda do continente e das regiões com tanques de carcinicultura, em breve o estuário registrará aumento das cargas. A baixa abundância de espécies com alta associação com altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, como *Cyclotella* sp. já se faz presente, principalmente nas áreas de descarga dos canais associados a carcinicultura. Além disso, a maior representação do gênero *Thalassiosira* sp. é considerada natural para ambientes estuarinos. As demais espécies registradas com maior abundância marinha e estuarina estiveram associadas à condutividade e salinidade.

Os dados físico-químicos do estuário Mamanguape encontra-se em conformidade com os valores encontrados nos estuários de clima tropical. Ocorreram poucas mudanças na análise de sazonalidade. A comunidade de diatomáceas encontradas no estuário é típica de regiões estuarinas de boa qualidade ambiental. Embora haja essa conclusão, este trabalho apresenta uma abertura a novos trabalhos com maiores esforços amostrais.

Referências Bibliográficas

- ANDERSEN, J. M. An method for determination of total phosphorus in lake sediments. Water research 10, 329-331, 1976.
- APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA, 1998.
- AQUINO, E. V. P. A.; ORGES, G. I. C. P. B.; ONORATO, M. A. H.; ILVA, D. A., ROSÉ, J.; ASSAVANTE, Z. O. P.; E UNHA, M. A. G. G. S. C. Microphytoplankton community and environmental variables in an urban eutrophic estuary (Capibaribe River, Northeast Brazil), 9, 267–277. 2014.
- BATTARBEE, R. W. Diatom Analysis. In: MORO, R. S.; SANTI, V. E SEGECIN, S. Avaliação das Técnicas de Oxidação Comumente empregadas em Limpeza de Valvas Silicosas.

- BARBIERI, E.; MARQUEZ, H. L. A.; CAMPPOLIM, M. B. E SALVARANI, P. I. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. *Gestão Costeira Integrada*, 14(3):385-398, 2014.
- BARCELLO, R. L. Distribuição e Características do Fósforo sedimentar no Sistema Estuarino Lagunar de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, Brasil. *Geochim. Brasil.*, 19(1)022-036, 2005.
- BATTARBEE, R.W., CAMERON, N.G., GOLDING, P.G., BROOKS, S.J., SWITSUR, R., HARKNESS, D., APPLEBY, P.G., OLDFIELD, F., THOMPSON, R., MONTEITH, D.T., MCGOVERN, A. Evidence for Holocene climate variability from the sediments of a Scottish remote mountain lake. *Journal of Quaternary Science* 16, 339–346, 2001.
- BATTARBEE. Oxidação de Amostras de Diatomáceas presentes em Sedimentos, 1986, adaptado por Battarbee *et al.* 2001; ECS 2003; Blanco, Álvarez & Cejudo 2008
- BAK, M., E SZLAUER-ŁUKASZEWSKA, A. Bioindicative potential of diatoms and ostracods in the Odra mouth environment quality assessment, 463–484. 2012.
- BARRIE, G. M.; WORDEN, R. H.; BARRIE, C. D., E BOYCE, A. J. Extensive evaporation in a modern temperate estuary: Stable isotopic and compositional evidence. *Limnology and Oceanography*, 60(4), 1241–1250. 2015.
- BES, D. E TORGAN, L. C. O gênero *Nitzschia* (Bacillareaceae) em ambiente lacustres na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rodri.* 61, 63, 359-382, 2010.
- BES, D.; ECTOR, L.; TORGAN, L. C. E LOBO, E. A. Composition of the epilithic diatom flora from a subtropical river, Southern Brazil. *Ser. Bot.*, 67, 1, 93-125, 2012
- BOLD, H. C.; WYNNE, M. J. Introduction to the algal. Structure and reproduction. Prentice-Hall. New Jersey. 720 p. 1985.
- BURFORD, M. A.; ALONGI, D. M.; MCKINNON, A. D. E TROTT, L. A. Primary production and nutrients in a tropical macrotidal estuary, Darwin Harbour, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(3), 440–448. 2008.
- CAMERON, W. N. & PRITCHARD, D. W. Estuaries. In: Goldberg, E. D.; McCave, I. N.; O'Brien, 1 1 & Steele, I.H. eds. *The Sea*. New York, John Wiley & Sons. 306-324, 1963.
- CAMPOS, D. M.; DE A. R.; SILVA, A. F. DA; SALES, N. DOS S.; OLIVEIRA, R. E. M. C. C. E PESSANHA, A. L. M. Trophic relationships among fish assemblages on a mudflat within a Brazilian Marine protected area. *Brazilian Journal of Oceanography*, 63(4), 429–442. 2015.

- CANINI, N. D.; METILLO, E. B., E AZANZA, R. V. Monsoon-influenced phytoplankton community structure in a Philippine mangrove estuary. *Tropical*
- DESROSIERS, C.; LEFLAIVE, J.; EULIN, A. E TEN-HAGE, L. Bioindicators in marine waters: Benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems. *Ecological Indicators*, 32, 25–34. 2013.
- EMBRAPA. Manual Embrapa Solos 1997. 1997.
- ELLEGAARD, M.; NGUYEN, N. T. G.; ANDERSEN, T. J.; MICHELSEN, A.; NGUYEN, N. L.; DOAN, N. H.; ... LUND-HANSEN, L. C. Temporal changes in physical, chemical and biological sediment parameters in a tropical estuary after mangrove deforestation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 142, 32–40. 2014.
- ELLIOTT, M., & WHITFIELD, A. K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94(4), 306–314. 2011.
- ELLIS, J. I.; HEWITT, J. E.; CLARK, D.; TAIAPA, C.; PATTERSON, M.; SINER, J., ... THRUSH, S. F. Assessing ecological community health in coastal estuarine systems impacted by multiple stressors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 473, 176–187. 2015.
- FETSCHER, A. E.; STANCHEVA, R.; KOCIOLEK, J. P.; SHEATH, R. G.; STEIN, E. D.; MAZOR, R. D.; ... BUSSE, L. B. Development and comparison of stream indices of biotic integrity using diatoms vs. non-diatom algae vs. a combination. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 433–450. 2014.
- GARCIA, M. E ODEBRECHT, C. Chave dicotômica ilustrada para a identificação de espécies de *Thalassiosira* Cleve (diatomáceas) no estuário da Lagoa dos Patos e área costeira adjacente (Rio Grande do Sul, Brasil). *Bio. Neotrop.*, 9, 2, 238–253, 2009.
- GOMES, J. D.; ABRUNHOSA, F. A.; SIMITH, D. D. J. D. B. E ASP, N. E. Mangrove sedimentary characteristics and implications for crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Decapoda, Ucididae) distribution in an estuarine area of the Amazonian region. *Acta Amaz.*, 43(4), 481–489. 2013.
- GOPALAKRISHNAN, T.; JEYACHANDRAN, S. E RAMAKRISHNAN, N. Original Research Article Seasonal variations and diversity of marine diatoms of Pudukkottai and Thanjavur districts south east coast of India, 3(7), 31–39. 2014.
- GORCHAROENWAT, P., Primary Production in Relation to Growth of Green Mussel at Si Racha District, Chonburi Province. Master thesis of Chulalongkorn University, Thailand. 2007.
- HARGAN, KATHRYN E.; RUEHLAND, KATHLEEN M.; PATERSON, ANDREW M.; FINKELSTEIN, S. A.; HOLMQUIST, J. R.; MACDONALD, G.M.; KELLER, W. E SMOL, J. P. The influence of water-table depth and pH on the spatial distribution of diatom species in peatlands of the Boreal Shield and Hudson Plains, Canada. 93: 57–74, 2015.

- INGLETON, T. E MCMINN, A. Thermal plume effects: A multi-disciplinary approach for assessing effects of thermal pollution on estuaries using benthic diatoms and satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 99, 132–144. 2012.
- JALES, M. C.; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L.; BASTOS, R. B. E LONGO, A. F. P. O ecossistema recifal de Serrambi (Pernambuco - Brasil): composição fitoplanctônica. *Labomar*, 46(2), 27–39. 2013.
- JICKELLS, T. D.; ANDREWS, J. E. E PARKES, D. J. Direct and Indirect Effects of Estuarine Reclamation on Nutrient and Metal Fluxes in the Global Coastal Zone. *Aquatic Geochemistry* pp 1-12, 2015.
- JUNEAU, P.; BARNETT, A.; MÉLÉDER, V.; DUPUY, Use the "Insert Citation" button to add citations to this document.
- C. E LAVAUD, J. Combined effect of high light and high salinity on the regulation of photosynthesis in three diatom species belonging to the main growth forms of intertidal flat inhabiting microphytobenthos. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 463, 95–104. 2015.
- LEÃO, B. M.; PASSAVANTE, J. Z. D. O.; SILVA-CUNHA, M. D. G. G. DA E SANTIAGO, M. F. Ecologia do microfitoplâncton do estuário do rio Igarassu, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(3), 711–722. 2008.
- LECOINTE, C.; COSTE, M. E PRYGIEL, J. "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. *Hydrobiologia* 269, 270 : 509-513, 1993.
- LEVIN, L. A.; LIU, K. K.; EMEIS, K. C.; BREITBURG, D. L.; CLOERN, J.; DEUTSCH, C.;... WISHNER, K. F. Comparative biogeochemistry-ecosystem-human interactions on dynamic continental margins. *Journal of Marine Systems*, 141, 3–17. 2015.
- LI, C. L.; ASHWORTH, M. P.; WITKOWSKI, A.; DABEK, P.; MEDLIN, L. K.; KOOISTRA, W. H. C. F.; ... JANSEN, R. K.. New Insights into Plagiogrammaceae (Bacillariophyta) based on multigene phylogenies and morphological characteristics with the description of a new genus and three new species. *PLoS ONE*, 10(10), 1–26. 2015.
- LIU, H.; HUANG, Y.; ZHAI, W.; GUO, S.; JIN, H. E SUN, J. Phytoplankton communities and its controlling factors in summer and autumn in the southern Yellow Sea, China. *Acta Ocea. Sin.*, 34(2), 114–123. 2015.
- MAGALHÃES, K. M.; BORGES, J. C. G. E PITANGA, M. E. *Halophila baillonis* Ascherson: first population dynamics data for the Southern Hemisphere. *Anais da Academia Bras. de Ciên.*, 87(2): 861-865, 2015.
- MIKKOLA, J. J.; HEINO, J. E SOININEN, J. Beta diversity of stream diatoms at two hierarchical spatial scales: Implications for biomonitoring. *Freshwater Biology*, 61(2), 239–250. 2016.

- RAPOSO, R. W. C.; ALVES, J. P.; SILVA, G. B.; FERREIRA, V. C. S.; AGUIAR, R.T. E FERREIRA, R. C. S. Metodologias para análise química da fertilidade e salinidade do solo e água. 2014.
- MILLIE, D. F.; CARRICK, H. J.; DOERING, P. H. E STEIDINGER, K. A. Intra-annual variability of water quality and phytoplankton in the North Fork of the St. Lucie River Estuary, Florida (USA): A quantitative assessment. *Estu. Cos. and Shelf Science*, 61(1), 137–149. 2004.
- MIRANDA, L. B. DE; CASTRO, B. M.DE E KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuário. Editora da Universidade de São Paulo, 441p, 2002.
- MOLNAR, N.; WELSH, D. T.; MARCHAND, C.; DEBORDE, J. E MEZIANE, T. Impacts of shrimp farm effluent on water quality, benthic metabolism and N-dynamics in a mangrove forest (New Caledonia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 12–21, 2013.
- MORESCO, C. E RODRIGUES, L. Checklist of periphytic diatoms in strams of the Pirapó River basin, Paraná state, Brazil. *Check List*. 2016.
- MORO, R. S.; FÜRSTENBERGER, C. B. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Editora UEPG, Ponta Grossa. 282 p. 1997.
- MUKHERJEE, A.; DAS, S. E CHAKRABORTY, S. Study on mangrove associated estuarine waters of Northeastern Bay of Bengal reveals potential diatom indicators of dissolved inorganic compounds, 155–168. 2015.
- PATRICK, R. E REIMER, C. W. The diatoms of the United States: exclusive of Alaska and Hawaii. IN: CAMBURNE, K. E. E CHARLES, D. F. *Diatoms of Low-Alkalinity lake in the Northeastern the United State. The Academic of Natural Sciences od Philadelphia Species*. 13, 1, 1-149, 1966.
- PERES-NETO, P. R.; LEGENDRE, P.; DRAY, S. E BORCARD, D. Variation Partitioning of species data matrices: Estimation and Comparison of Fractions. *Ecology*, 87(10), pp. 2614–2625, 2006.
- QUEIROGA, F. R.; MARQUES-SANTOS, L. F.; HAGARET, H.; SOUDANT, P.; FARIAS, N. D.; SCHLINDWEIN, A. D. E MIRELLA DA SILVA, P. Immunological responses of the mangrove oysters *Crassostrea gasar* naturally infected by *Perkinsus* sp. in the Mamanguape Estuary, Paraíba state (Northeastern, Brazil). *Fish and Shellfish Immunology*, 35(2), 319–327. 2013.
- RALSTON, D. K.; WARNER, J. C.; GEYER, W. R. E WALL, G. R. Sediment transport due to extreme events: The Hudson River estuary after tropical storms Irene and Lee. *Geo. Res. Let.*, 40, 5451–5455, 2013.
- REEVES, J. M.; HAYNES, D.; GARCÍA, A. E GELL, P. A. Hydrological Change in the Coorong Estuary, Australia, Past and Present: Evidence from Fossil

- Invertebrate and Algal Assemblages. *Estuaries and Coasts*, 38(6), 2101–2116. 2014.
- RESENDE, P.; AZEITEIRO, U. E PEREIRA, M. J. Diatom ecological preferences in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Western Portugal), (544), 77–88, 2005.
- RODRIGUES, S. S.; HEINRICH, C. G. E ALCAYAGA, E. A. L. Estudo Taxonômico da Comunidade de Algas Diatomáceas Epilíticas de Nascentes na Bacia do Arroio Andréas, RS, Brasil. *Anais do Seminário de Iniciação Científica, Unisc*, ISSN 2176-4670, 2015.
- SABANCI, F. An illustrated survey on the morphological characters in three species of the diatom genus *Mastogloia* (Bacillariophyceae). *Turkish Journal of Botany*, 36(6), 727–737. 2012.
- SHEAVES, M.; BAKER, R.; NAGELKERKEN, I. E CONNOLLY, R. M. True Value of Estuarine and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. *Estuaries and Coasts*, 38(2), 401–414. 2014.
- SHI, H.; ZHENG, W.; ZHANG, X.; ZHU, M. E DING, D. Ecological-economic assessment of monoculture and integrated multi-trophic aquaculture in Sanggou Bay of China. *Aquaculture*, 410-411, 172–178. 2013.
- SILVA, O. R. DA E GOMES, M. DE B. M. Impactos das atividades portuárias no sistema estuarino de Santos. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade*, 2 (2), 18. 2012.
- SILVESTRE L.C.; FARIAS D.L.S.; LOURENÇO J.D.S.; BARROS S.C.A. E BRAGA, N.M.P. Diagnóstico dos impactos ambientais advindo de atividades antrópicas na APA da Barra do Rio Mamanguape. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia* 7(12): 1-11. 2011.
- SIGNORIN, M.; PEREIRA FILHO, J.; DELFIM, R. E SCHETTINI, C. A. F. Hidrodinâmica e Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos no Estuário do rio Perequê, SC. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol*, 14(2):13-21, 2010.
- TANTANASARIT, C.; ENGLANDE, A. J. E BABEL, S. Nitrogen, phosphorus and silicon uptake kinetics by marine diatom *Chaetoceros calcitrans* under high nutrient concentrations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 44667–75, 2013.
- VAN DAM, H.; MERTENS, A. E SINKELDAM, A. coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. 28, 1, pp 117–133, 1994.
- VILLAFANE, V. E.; ERZINGER, G. S.; STRAUCH, S. M. E HELBLING, E. W. Photochemical activity of PSII of tropical phytoplankton communities of Southern Brazil exposed to solar radiation and nutrient addition. *J. of Exp. Mari. Biol. Eco.* Vol 459, 199-207, 2014.

WETZEL, M. A.; WAHRENDORF, D. S. E VON DER OHE, P. C. Sediment pollution in the Elbe estuary and its potential toxicity at different trophic levels. *Science of the Total Environment*, 449, 199–207. 2013.

WOOD, R. J.; MITROVIC, S. M.; LIM, R. P. E KEFFORD, B. J. How benthic diatoms within natural communities respond to eight common herbicides with different modes of action. *Science of the Total Environment*, 557-558, 636–643. 2016

ANEXO II

Normas para Revista



ISSN 1679-8759 *versão impressa*

ISSN 1982-436X *versão online*

Escopo e política

O Brazilian Journal of Oceanography cobre todo o espectro de disciplinas dentro da ciência da oceanografia, publicando artigos em oceanografia biológica, oceanografia física, química marinha, sedimentologia e geologia, desde ambientes costeiros e estuarinos até águas oceânicas da margem continental. Ênfase é dada a trabalhos interdisciplinares e voltados para estudo de processos.

O Brazilian Journal of Oceanography também publica volumes dedicados a resultados de reuniões científicas, amplos estudos interdisciplinares ou tópicos específicos.

O público alvo é formado por oceanógrafos físicos, químicos, biólogos e geólogos, geoquímicos, biólogos e ecólogos marinhos. Os trabalhos encaminhados para publicação devem ser inéditos, destinarem-se exclusivamente ao Brazilian Journal of Oceanography e estarem obrigatoriamente redigidos em língua inglesa. O manuscrito deverá ser encaminhado ao editor, que verificará a pertinência do trabalho ao escopo da revista.

A avaliação é feita criticamente por dois revisores especialistas no assunto. O Editor decide sobre a aceitação ou rejeição do trabalho enviado. Os manuscritos aceitos são devolvidos ao autor para sua consideração em relação aos comentários e sugestões dos revisores. O Brazilian Journal of Oceanography publica trabalhos em três formatos, conforme se segue, sendo ocasionais os artigos de revisão. a) Trabalho original: até 30 páginas, incluindo tabelas e ilustrações; b) Nota: até 07 páginas, incluindo tabelas e ilustrações; c) Revisão de conjunto ou atualização de conhecimento: até 50 páginas, incluindo tabelas e ilustrações. Não há taxa para submissão de artigos.

Forma e preparação de manuscritos

Estrutura do trabalho original

No preparo do trabalho original deverá ser observada, sempre que possível, a estrutura convencional dos artigos científicos na seguinte ordem: título, autor(es), "abstract", resumo em português, descritores, introdução, material e métodos, resultados, discussão, agradecimentos e referências bibliográficas.

Título - Deve ser breve e indicativo da exata finalidade do trabalho; no caso de ser necessário título longo, recorrer a subtítulo; versão do título para o inglês. Deve ser indicado o título corrente (running head).

Autores - Nome(s) do(s) autor(es), com a respectiva filiação científica (entidade à qual estão vinculados e endereço para correspondência).

Abstract - Em inglês, localizado entre o título e o texto, com no máximo 200 palavras, sem o emprego de parágrafos. Consiste em resumo breve do conteúdo do artigo; deve ser conciso e claro ressaltando os resultados mais importantes.

Resumo - Em português, localizado após o Abstract, com no máximo 200 palavras, sem o emprego de parágrafos. Deve ser breve, conciso e claro, ressaltando os resultados mais importantes.

Descritores - O número de Descritores deve ser no máximo 8, em português e inglês.

Introdução - Deve estabelecer com clareza o objetivo do trabalho, relacionando-o com outros do mesmo campo e apresentando de forma sucinta a situação em que se encontra o problema investigado. Extensas revisões de literatura devem ser substituídas por referências aos trabalhos mais recentes, onde tais revisões tenham sido apresentadas.

Material e métodos - A descrição dos métodos usados deve limitar-se ao suficiente, para possibilitar sua perfeita compreensão; processos e técnicas já descritos em outros trabalhos devem ser referidos somente por citação, a menos que tenham sido consideravelmente modificados.

Resultados - Devem ser apresentados com clareza e, sempre que necessário, acompanhados de tabelas e material ilustrativo adequados. Os dados numéricos devem ser apresentados em tabelas ou figuras.

Discussão - Deve restringir-se à avaliação dos resultados obtidos e de suas possíveis causas e consequências, relacionando as novas contribuições aos conhecimentos anteriores. Evitar hipóteses ou generalizações não baseadas nos resultados dos trabalhos.

Agradecimentos - Quando necessários devem ser mencionados antes das referências bibliográficas.

Referências bibliográficas - Devem ser ordenadas alfabeticamente por sobrenome do autor, sendo consideradas apenas as referências mencionadas no texto. As referências devem seguir a Norma ABNT Padrão NBR 6023.

Obs.: Não serão aceitas referências bibliográficas de trabalhos não publicados, teses, dissertações e resumos de eventos.

Fórmulas, Gráficos, Tabelas e Figuras devem apresentar números com pontuação inglesa referente a pontos e vírgulas. Siga as instruções do sistema de submissão online: <http://www.sgponline.com.br/bjo/sgp/>

Importante: Os autores devem enviar seis (06) nomes de revisores potenciais para o manuscrito, entre os especialistas de reconhecida competência na área.

Considerações Finais

A partir do exposto neste trabalho, conclui-se que as unidades de conservação APA e ARIE Mamanguape encontram-se atuantes na proteção do estuário. Embora as imagens demonstrem um aumento significativo dos tanques de camarão ao norte da unidade e haja uma forte pressão da indústria canavieira, a vegetação do mangue apresentou-se constante, com baixas modificações na análise multitemporal, como também a vegetação de floresta densa a sul da unidade.

A averiguação dos dados físico-químicos do estuário demonstra valores em consonância com estuários tropicais e com os valores determinados pela legislação, com acentuado acúmulo de matéria orgânica e elementos traços nas áreas de manguezais, devido à característica sedimentológica da região, a tendência é dos manguezais absorverem e barrarem as descargas de material orgânico para o oceano. A composição diamatológica do estuário assemelha-se aos de estuários considerados de boa qualidade ambiental na literatura. Ainda assim, pelo pouco esforço amostral este trabalho traz um leque de averiguações futuras que comprovem demonstrem com maiores dados à qualidade ambiental do ambiente.