

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS ESTUARINOS TROPICAIS

Monalisa dos Santos Olímpio⁽¹⁾

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, UEPB. E-mail: monalisa.olimpio@gmail.com

Kelly Marcelle Cunha Silva Canuto⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Estadual da Paraíba, e-mail: canutokelly95@gmail.com

Climélia da Silva Nóbrega⁽³⁾

Mestre em Ecologia e Conservação, UEPB. E-mail: climelianobrega@hotmail.com

Carlinda Raily F. Medeiros⁽⁴⁾

Mestre em Ecologia e Conservação, UEPB. E-mail: carlindaraily@gmail.com

Wilma Izabelly Ananias Gomes⁽⁵⁾

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, UEPB. E-mail: wilmaizabelly@hotmail.com

Joseline Molozzi⁽⁶⁾

Departamento de Ciências Biológicas, UEPB. E-mail: j.molozzi@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos os estuários estão cada vez mais vulneráveis a perturbações antrópicas e naturais, os quais vêm alterando sua condição de ecossistemas ricos, diversificados e produtivos do mundo. A integração da avaliação ambiental e biológica fornecem informações mais robustas acerca da condição do ambiente, sendo um importante meio para o biomonitoramento da qualidade ambiental. O objetivo deste trabalho é caracterizar os parâmetros físicos, químicos e biológicos em estuários tropicais submetidos a diferentes pressões antropogênicas como ferramenta para o biomonitoramento. O estudo foi realizado em dois estuários tropicais: Paraíba e Mamanguape, localizados no Nordeste brasileiro e em dois períodos sazonais (período seco e chuvoso). Em cada estuário foram determinadas quatro zonas subtidaís. Em cada zona foram estabelecidos três pontos de amostragem cada qual com três unidades amostrais. Em cada ponto foram coletados variáveis ambientais e biológicas. Em geral, ambos os estuários apresentaram altos valores de nutrientes (amônia, nitrato, nitrito e P-total), sendo o estuário do rio Paraíba o que apresentou os maiores valores. A resposta da avaliação biológica foi diferente entre os estuários, pois embora do estuário do rio Paraíba apresente elevadas concentrações de nutrientes, o mesmo evidenciou uma maior biodiversidade quando comparado ao estuário do rio Mamanguape.

PALAVRAS-CHAVE: estuários, macroinvertebrados, biomonitoramento

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros em todo o mundo estão cada vez mais vulneráveis a perturbações antrópicas (por exemplo, crescente urbanização, deposição de efluentes domésticos e industriais, aquicultura) e naturais (por exemplo, aquecimento global). O efeito cumulativo destas perturbações podem resultar em aumento da eutrofização das águas costeiras, eventos de “bloom” de algas prejudiciais, redução na qualidade da água, hipóxia (falta de oxigênio) e consequentemente diminuição da biodiversidade e produtividade do ecossistema.

Os estuários, por sua vez, são ecossistemas costeiros altamente dinâmicos caracterizados por uma extensa variabilidade espaço-temporal, o qual os torna extremamente heterogêneos e complexos ecossistemas capazes de sustentar níveis elevados de biodiversidade, uma vez que estão entre os ecossistemas aquáticos mais produtivos do mundo. Com efeito, as consequências desses impactos vêm promovendo a atenção para a necessidade de monitoramento, avaliação e gestão da integridade ambiental, com intuito de reduzir os efeitos negativos advindos das atividades humanas, tendo em vista que essas alterações podem afetar a biodiversidade e a economia local, uma vez que esses sistemas servem como berçários de varias espécies, locais de pesca, turismo, navegação entre outros.

Nesta perspectiva, uma ferramenta cada vez mais eficaz para o monitoramento da qualidade ambiental que é a utilização de indicadores ecológicos. As comunidades bentônicas são geralmente consideradas bons indicadores ecológicos, pois refletem a extensão e magnitude dos impactos ambientais, especialmente, os de origem antropogênica, estando à composição e estrutura da macrofauna bentônica um dos aspectos biológicos indicados na caracterização e bio-avaliação do estado de qualidade em águas costeiras e de transição.

Esses organismos são considerados excelentes bioindicadores em virtude da associação desses animais com sedimentos, da locomoção reduzida, ciclos de vida relativamente curtos, diversidade de tolerâncias fisiológicas, estratégias de vida e modos de alimentação diferenciados, os quais permitem à comunidade refletir os distúrbios que não poderiam mais ser detectados com análises pontuais físicas e químicas da água. Desse modo, a avaliação ambiental associada à avaliação biológica fornecem informações mais robustas acerca das condições ambientais do corpo hídrico, sendo um importante meio para o biomonitoramento da qualidade ambiental.

OBJETIVO

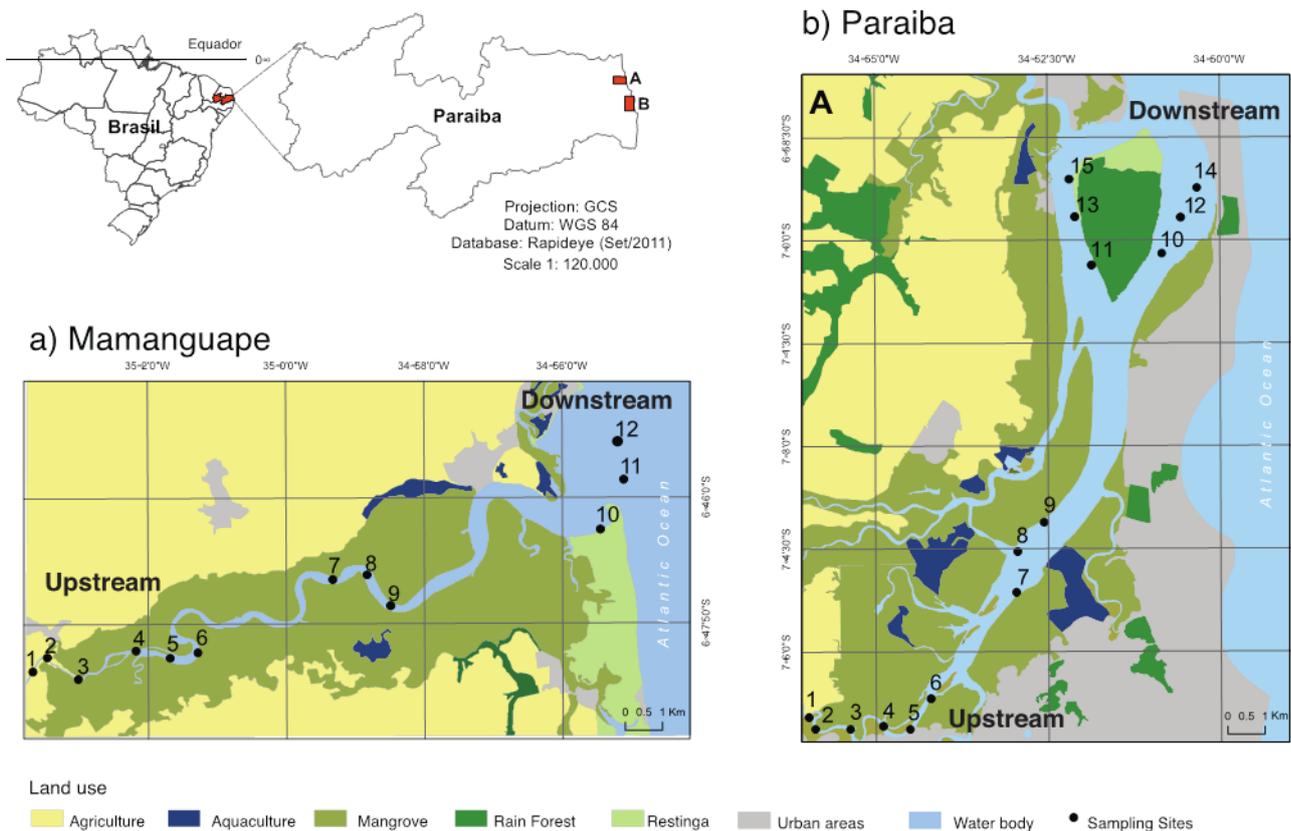
Caracterizar os estuários quanto aos aspectos físicos, químicos e biológicos como ferramenta para biomonitoramento.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em dois sistemas estuarinos localizados no litoral do nordeste do Estado da Paraíba (Brasil) (Figura 1): o estuário do Rio Mamanguape e o Rio Paraíba. Estes exibem clima do tipo AS' de Köppen, ou seja, equatorial com verão seco e temperaturas média variando entre 24-26 °C, com período chuvoso ocorrendo entre os meses de fevereiro e julho e período de estiagem, entre nos meses de outubro e dezembro.

Figura 1: Localização dos estuários do Rio Mamanguape (A) e do Rio Paraíba do Norte (B) (Paraíba, Brasil), zonas (I, II, III e IV) e dos pontos de amostragem (Autoria do mapa: Dr. Saulo Vital)



O estuário do Mamanguape (6°43'02" e 6°51'54"S; 35°67'46" e 34°54'04") (Figura 1A), possui como afluentes os rios Estiva, Caracabu, Açú, Gamboa do Pina, Gamboa Marcação e Arrecifes. Situa-se no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra de Mamanguape criada em 1993. Devido à existência da APA, o manguezal do entorno deste estuário ainda é preservado, apesar da influência negativa do desmatamento, efluentes do cultivo de cana-de-açúcar e pesca artesanal.

O estuário do Paraíba do Norte (6°54'14" e 7°07'36"S; 34°58'16" e 34°49'31"O) (Figura 1B), possui uma extensão de 22 km. Este estuário é altamente influenciado pela água do mar, devido à baixa vazão dos seus rios (perenes), sendo margeado por aglomerados urbanos e influenciado diretamente pelas comunidades em seu entorno, tornando-se um local

de descarte de lixo, esgoto, pesca intensiva, derrubada de mangue, efluentes da carcinicultura, entre outros. Além disso, na sua foz em Cabedelo, encontra-se o porto que influenciam diretamente o estuário.

Procedimentos de amostragens e laboratoriais

Para caracterizar previamente os dois estuários, em cada um dos sistemas, foi realizada uma coleta piloto em agosto 2013, tendo sido definidas quatro zonas subtidaís ao longo do gradiente estuarino (I, II, III, IV) considerando montante para jusante (mar) baseado nos valores de salinidade, granulometria do sedimento e profundidade. Em cada zona foram estabelecidos três pontos de amostragem cada um com três unidades amostrais, com exceção da zona IV no estuário do Rio Paraíba, onde em função da ilha foram estabelecidos seis pontos, visto que o ambiente apresenta diferentes pressões antropogênicas em seus lados (Figura 1). As coletas foram realizadas sazonalmente em cada estuário, uma no período seco (novembro de 2013) e outra no período chuvoso (julho de 2014). Em cada estuário, as amostras de água foram coletadas ao longo do gradiente de salinidade (15 pontos de amostragem no estuário Paraíba e 12 pontos de amostragem no Mamanguape, Figura 1).

Em cada ponto de coleta foram mensurados *in situ*, a transparência através do disco de Secchi, e utilizando-se um multi-analizador (Horiba/U-50) foram mensuradas profundidade (m), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS) (mg/L), e salinidade. Em laboratório foram determinados as concentrações de nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato, amônia, e fósforo total) analisados de acordo com os procedimentos da APHA (2005); e a clorofila-*a* seguindo a metodologia proposta por Lorenzen (1967). Nos mesmos locais, foram recolhidas amostras de sedimento, para análise granulométrica através da separação mecânica utilizando uma coluna de crivos com diferentes tamanhos de malha (2.000 μ - cascalho; 500 μ - areia grossa; 250 μ - areia média; 125 μ - areia fina; 63 μ - silte; menor que 63 μ - argila); e para análise de Matéria Orgânica (MO) através da retirada de 3 gramas das amostras de sedimento e colocada em cadinhos e posteriormente pesada. Após a pesagem, os cadinhos foram para a estufa por 72 horas numa temperatura de 70°C para secagem e depois incinerada em forno mufla a 450°C num período de 8 horas e novamente pesada.

As amostras biológicas foram coletadas com uma draga do tipo van Veen (0,1m²) e fixadas *in situ* com formol tamponado e acondicionado em sacos plásticos. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras acopladas, com malhas de 1,00 e 0,5 mm, respectivamente e depois acondicionados em álcool a 70%. Em seguida, os organismos foram triados, contados e identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando chaves especializadas.

Análise de dados

A existência de variáveis colineares altamente correlacionadas na matriz de dados ambientais foi investigada através de *Draftsman plot* ($r > 0.9$). Sendo assim, as variáveis que apresentaram altos valores de colinearidade foram retiradas das análises posteriores. Foram utilizadas Análises de Componentes Principais (ACP), com os dados transformados para $\log(x + 1)$, para visualizar os padrões multivariados para os dados ambientais para cada um dos períodos. Os aspectos ecológicos foram determinados por meio da estrutura da macrofauna bentônica, determinada através da abundância, composição, riqueza de espécie e índices bióticos (Margalef, Shannon-Wiener e Pielou). Uma análise de similaridade (SIMPER) foi realizada com o intuito de evidenciar os taxóons mais representativos entre os períodos e estuários. Além disso, para verificar se as variáveis ambientais e biológicas foram diferentes significativamente entre os períodos, estuários e zonas foram feitas análises de PERMANOVA. Todas as análises foram realizadas utilizando o software PRIMER versão 6 + PERMANOVA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis físicas e químicas (Tabela 1) apresentaram diferenças significativas entre o período seco e chuvoso (PSEUDO $F_{1,53} = 9.998$; $p = 0,0001$), entre os estuários dentro dos períodos (PSEUDO $F_{1,53} = 5.9279$; $p = 0,0001$) e entre as zonas tanto para o estuário do Rio Mamanguape (PSEUDO $F_{3,23} = 2.465$; $p = 0,0007$) quanto para o estuário do Rio Paraíba (PSEUDO $F_{3,29} = 5.3506$; $p = 0,0001$).

De forma geral, observou-se um aumento nos valores das variáveis ambientais ao longo do gradiente salino dos estuários (Figura 2) No estuário do Rio Paraíba, as concentrações nos parâmetros ambientais foram superiores em ambos os períodos estudados em relação ao Estuário do Rio Mamanguape. Os elevados valores de nitrito, nitrato, amônia e fósforo-total registrados no estuário do Rio Paraíba, sobretudo nas zonas II e III (Figura 2) resultado de intensas atividades antrópicas ao seu entorno, principalmente, o descarte de lixo e esgotos domésticos nestas zonas, devido a este ambiente estar margeado por diversos municípios e sua foz estar localizada no porto de Cabedelo (Marcelino et al.,2005). O aumento de nutrientes no sistema, advindo das atividades antrópicas, também foi comprovado pelo estudo de Antunes et al., (2013) no estuário do rio Caeté (nordeste do Pará), o qual avaliou a qualidade da água e evidenciou que as maiores concentrações de nutrientes dissolvidos foram atribuídos à ações humanas, como a entrada de esgoto doméstico e comerciais no sistema.

Por outro lado, os valores de amônia e P-total no estuário da do Rio Mamanguape foram similares aos mensurados no estuário do Rio Paraíba nos períodos estudados. Embora, os valores destes nutrientes tenham aumentado substancialmente no período seco. Além disso, as maiores concentrações de matéria orgânica foram também observadas neste período. As altas concentrações de fósforo total, amônia e matéria orgânica podem ser decorrentes da presença de cultivos de camarão encontrados nas tribos indígenas que vivem as margens deste estuário, bem como das plantações de cana de açúcar localizadas próximas ao ambiente (Silvestre et al., 2011). Isso demonstra que apesar deste estuário estar localizado numa Área de Proteção Ambiental (APA), a qualidade de suas águas, em relação aos nutrientes fósforo e amônia, apresenta-se tão elevado quanto à do estuário do Rio Paraíba.

Os eixos 1 e 2 da Análise de Componentes Principais (ACP) para o período seco, explicaram 52,0% da variabilidade dos dados (Figura 3). O primeiro eixo explicou 31,3% da variação total e foram correlacionados principalmente com as variáveis nitrito (-0.409), amônia (-0.379), P-total (-0.371), areia média (-0.330) e Matéria Orgânica (MO) (-0.303). O segundo eixo, por sua vez, foi mais correlacionado com salinidade (-0.421), silte (0.465), cascalho (0.367) e clorofila-a (0.356).

No período chuvoso, os dois primeiros eixos da ACP, explicaram 55,1% da variabilidade dos dados (Figura 3). O primeiro eixo explicou 31,6% da variação total e esteve correlacionado com salinidade (-0.312), argila (0.393), silte (0.407) e areia fina (0.379) e o segundo eixo esteve negativamente relacionado com nitrito (-0.431), amônia (-0.490) e P- total (-0.494).

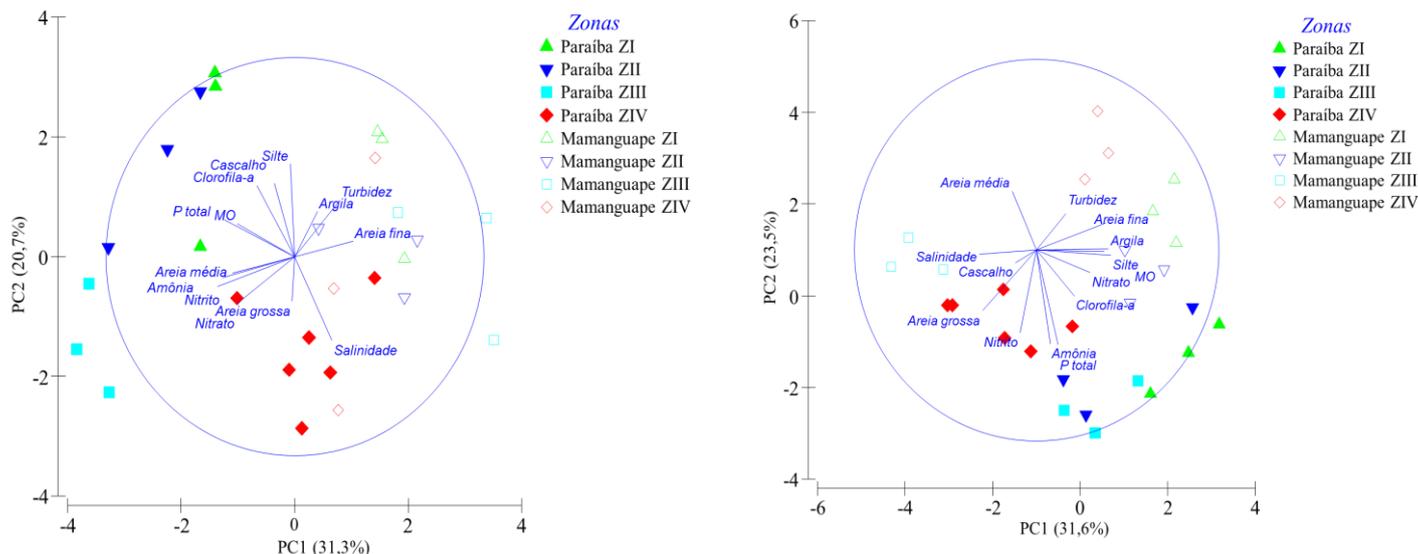
Figura 2: Variáveis físicas, químicas, composição granulométrica (%) e Matéria Orgânica (MO) (média e desvio padrão), mensuradas no período seco e chuvoso nos estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape, Brasil

*Valores não detectados.

	Período Seco							
	Estuário Barra do Rio Mamanguape				Estuário do Rio Paraíba			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
Salinidade	14,96 ± 1,10	20,66 ± 1,46	29,46 ± 0,68	36,66 ± 0,11	5,73 ± 2,20	8,73 ± 4,69	21,06 ± 0,68	34,56 ± 0,90
Turbidez (NTU)	55,93 ± 0,70	61,50 ± 22,44	101,73 ± 23,74	93,00 ± 22,41	74,70 ± 9,02	68,86 ± 12,42	24,23 ± 5,54	45,30 ± 8,48
Nitrito (µg/L)	0,37 ± 0,64	2,96 ± 1,69	6,66 ± 1,92	12,96 ± 15,72	70,74 ± 53,56	158,14 ± 107,25	354,07 ± 0,64	36,11 ± 16,94
Nitrato (µg/L)	2,25 ± 3,89	6,79 ± 5,07	4,39 ± 6,86	39,18 ± 27,53	26,64 ± 10,53	43,04 ± 34,40	239,97 ± 380,44	29,36 ± 24,93
Amônia (µg/L)	247,16 ± 71,47	253,83 ± 25,16	313,83 ± 122,20	408,83 ± 124,93	392,16 ± 106,92	1747,16 ± 1402,15	3545,50 ± 67,63	368,83 ± 150,98
P-total (µg/L)	284,44 ± 284,84	113,33 ± 11,54	131,11 ± 10,71	115,56 ± 27,14	434,44 ± 270,17	668,88 ± 25,24	710,00 ± 18,55	153,88 ± 21,43
Clo-a (µg/L)	5,24 ± 4,02	2,99 ± 0,26	2,54 ± 0,68	2,69 ± 0,01	44,19 ± 18,71	18,27 ± 15,28	4,49 ± 1,18	1,27 ± 1,04
% Argila	0,70 ± 1,22	0,47 ± 0,82	0,24 ± 0,41	1,17 ± 1,13	2,53 ± 2,63	0,20 ± 0,21	1,68 ± 1,25	2,00 ± 1,38
% Silte	2,68 ± 3,27	5,04 ± 6,01	5,56 ± 4,85	5,04 ± 5,78	2,68 ± 3,11	1,86 ± 1,64	7,07 ± 3,77	6,89 ± 4,50
% Ar. Fina	6,89 ± 6,76	26,69 ± 37,98	10,92 ± 13,61	15,55 ± 14,52	16,86 ± 9,17	43,41 ± 30,05	53,00 ± 12,16	24,11 ± 11,77
% Ar. Média	50,25 ± 18,76	49,44 ± 19,98	70,25 ± 16,16	25,59 ± 7,47	27,54 ± 7,72	30,68 ± 10,84	23,41 ± 8,40	31,09 ± 14,11
% Ar. Grossa	36,66 ± 21,75	15,16 ± 13,49	9,56 ± 4,69	46,30 ± 19,27	47,23 ± 21,70	22,22 ± 21,44	11,97 ± 5,89	30,11 ± 12,90
% Cascalho	3,37 ± 4,37	3,11 ± 2,99	3,36 ± 1,97	5,75 ± 6,30	2,84 ± 2,43	0,99 ± 1,73	2,51 ± 4,35	5,24 ± 4,92
%MO	9,40 ± 11,44	21,54 ± 3,92	41,85 ± 27,71	15,58 ± 15,71	1,86 ± 2,43	2,29 ± 3,04	2,12 ± 1,90	12,51 ± 10,58

	Período Chuvoso							
	Estuário Barra do Rio Mamanguape				Estuário do Rio Paraíba			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
Salinidade	0,43 ± 0,05	3,46 ± 1,86	13,30 ± 1,22	34,30 ± 2,33	1,63 ± 1,10	7,76 ± 1,90	18,33 ± 1,75	29,16 ± 2,65
Turbidez (NTU)	26,80 ± 6,30	31,86 ± 6,83	32,16 ± 24,46	36,93 ± 24,48	51,96 ± 22,48	18,76 ± 3,38	16,40 ± 7,26	19,66 ± 3,47
Nitrito (µg/L)	2,59 ± 1,69	25,10 ± 16,10	117,00 ± 6,31	14,40 ± 2,93	190,30 ± 72,90	354,80 ± 7,88	301,85 ± 29,20	97,22 ± 65,17
Nitrato (µg/L)	44,70 ± 18,70	29,30 ± 11,10	*	9,10 ± 10,27	50,80 ± 8,23	33,01 ± 28,39	18,38 ± 1,23	26,58 ± 12,66
Amônia (µg/L)	197,10 ± 211,70	82,10 ± 61,70	40,50 ± 18,00	*	2292,10 ± 1564,50	3458,83 ± 172,14	3717,16 ± 414,01	868,00 ± 755,20
P total (µg/L)	131,11 ± 33,72	163,33 ± 17,30	131,11 ± 19,20	63,30 ± 13,30	561,11 ± 59,75	754,44 ± 94,59	650,00 ± 250,00	238,00 ± 69,36
Clor-a (µg/L)	1,49 ± 0,25	2,69 ± 1,55	1,64 ± 0,51	1,34 ± 0,0009	7,34 ± 3,49	2,39 ± 1,13	2,99 ± 2,07	2,02 ± 0,55
% Argila	*	*	2,83 ± 1,41	*	*	0,43 ± 0,41	0,14 ± 0,25	1,82 ± 0,90
% Silte	*	*	20,41 ± 10,65	*	0,16 ± 0,28	1,91 ± 1,69	0,31 ± 0,27	10,22 ± 5,68
% Ar. Fina	4,75 ± 3,09	11,21 ± 4,15	43,80 ± 20,31	6,37 ± 3,23	10,72 ± 11,51	15,75 ± 17,64	20,75 ± 10,28	27,70 ± 10,64
% Ar. Média	40,04 ± 14,37	56,60 ± 5,43	17,56 ± 5,43	29,42 ± 8,15	43,13 ± 13,03	39,44 ± 32,21	61,69 ± 13,11	39,05 ± 11,03
% Ar. Grossa	53,57 ± 16,64	32,17 ± 11,31	14,29 ± 11,97	62,73 ± 11,22	45,31 ± 24,58	37,83 ± 34,21	16,79 ± 21,51	20,76 ± 11,06
% Cascalho	1,62 ± 0,83	*	1,07 ± 0,94	1,45 ± 0,90	0,66 ± 1,14	4,61 ± 7,27	0,29 ± 0,51	0,41 ± 0,77
%MO	0,43 ± 0,20	0,42 ± 0,05	12,44 ± 8,04	0,81 ± 0,75	0,31 ± 0,17	0,57 ± 0,33	0,71 ± 0,27	14,20 ± 8,39

Figura 3: Análise de Componentes Principais (PCA) baseadas nas variáveis ambientais coletadas no período seco e no período chuvoso nas zonas (I, II, III e IV) dos Estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape– Brasil.



Durante o período de estudo foram coletados 25.950 indivíduos pertencentes a 136 táxons, distribuídos em 3 Filos, 25 Ordens e 59 Famílias. Sendo a maior abundância registrada na estação seca com 18.271 organismos (3.799 no Estuário do Rio Paraíba e 14.472 no Estuário do Rio Mamanguape). Seguida por 7.679 organismos no período chuvoso (3.452 no Estuário do Rio Paraíba e 4.227 no Estuário do Rio Mamanguape). Os resultados da PERMANOVA apresentaram diferenças significativas tanto para os períodos seco e chuvoso quanto para os estuários como para as zonas ($p < 0.05$).

Com relação à composição da comunidade, Polychaeta e Insecta foram os grupos faunísticos mais representativos quanto ao número de indivíduos em ambos os períodos e estuários. Dentre os organismos identificados, a análise SIMPER demonstrou que os táxons de poliqueta *Laeonereis* e insecta *Polypedium* foram os mais representativos em ambos os períodos de amostragem. Embora o gênero *Polypedium* tenha sido encontrado em elevada abundância no estuário do rio Mamanguape o qual esta inserido em uma APA. Além do mais, a composição da comunidade diferiu entre os períodos e estuários.

A alta abundância dos gêneros *Polypedium* e *Laeonereis* evidenciado neste trabalho devem-se ao fato, destes táxons serem organismos tolerantes e generalistas. *Polypedium* destaca-se por ser tolerante a uma ampla gama de condições ambientais, incluindo águas com temperatura relativamente elevadas, baixas concentrações nos teores de oxigênio, além de sua família (Chironomidae) ser indicadora do estado trófico das águas de transição, em virtude do grupo tolerar extensas condições de salinidade (Argüelles-Canedo et al., 2012). Por outro lado, *Laeonereis* é conhecido por ser generalista, destacando-se no presente estudo suas altas abundâncias encontradas em ambos os estuários em áreas com maior enriquecimento orgânico. Contudo, no geral sua maior abundância foi registrada no estuário do rio Paraíba.

Quanto à riqueza, o período chuvoso apresentou um maior número de táxons (107 táxons) em comparação ao período seco (70 táxons), embora sua abundância tenha sido menor. Essa variação periódica (seco e chuvoso) e local (entre estuários) na abundância e composição das comunidades bentônicas está associada à variação sazonal no volume hidrológico. Com efeito, o influxo de água doce no período chuvoso atenuou as concentrações nos parâmetros ambientais ao longo dos estuários, promovendo o aumento na riqueza e mudança na composição macrobentônica em relação ao período seco.

Com relação à diversidade da comunidade, os valores dos Índices de Shannon – Wiener (PSEUDO $F_{1,161} = 42,574$, $p = 0,001$), Margaleff (PSEUDO $F_{1,161} = 21,304$, $p = 0,001$) e Pielou (PSEUDO $F_{1,161} = 37,835$, $p = 0,001$) entre as períodos foram significativamente distintas. Por outro lado, estes índices não foram significativamente diferentes entre o estuário do Rio Mamanguape e Paraíba (PSEUDO $F_{1,161} = 0,16924$, $p = 0,693$; PSEUDO $F_{1,161} = 0,16572$, $p = 0,672$; PSEUDO $F_{1,161} = 0,30303$, $p = 0,575$ respectivamente). Apesar de entre as zonas, estes índices apresentassem diferenças significativas (PSEUDO $F_{6,161} = 27,475$, $p = 0,001$; PSEUDO $F_{6,161} = 32,169$, $p = 0,001$; PSEUDO $F_{6,161} = 8,6375$, $p = 0,001$ respectivamente).

Os maiores valores dos índices bióticos de diversidade, calculada pelo Índice de Shannon (H') (período seco: $H' = 2,80$; período chuvoso: $H' = 2,87$) e Margalef (d) (período seco: $d = 5,08$; período chuvoso: $d = 5,92$) foram observados no estuário do Rio Paraíba, sobretudo nas zonas IV. A equitabilidade de Pielou (J'), ao contrário, variou entre um máximo de ($J' = 0,889$) no Estuário do Rio Mamanguape na zona II e no estuário do Rio Paraíba ($J' = 0,887$) na zona IV no

período seco. Em contrapartida no período chuvoso, este índice seguiu o mesmo comportamento dos demais índices com o maior valor da equitabilidade registrado na zona IV, no estuário do Rio Paraíba. A elevada riqueza e diversidade observada nas zonas IV em ambos os estuários está associada ao aumento da salinidade da foz em direção ao continente, em consequência do carreamento de larvas e juvenis proveniente do mar (Bleich et al., 2011).

Embora os aspectos físicos e químicos da água demonstrem a qualidade ambiental dos estuários, a fragilidade dessa avaliação decorre do fato de indicarem apenas uma variação momentânea do ambiente, isto é, são análises pontuais, o qual se ausenta da avaliação nas fontes difusas de impacto. No presente estudo, os estuários apresentaram condição ambiental similar em relação aos parâmetros físicos e químicos. Contudo, a avaliação integrada das variáveis físicas, químicas e biológica forneceu uma resposta bem mais robusta da qualidade do ambiente, visto que a abundância, composição, riqueza e os índices bióticos obtiveram diferentes resultados entre os estuários.

CONCLUSÃO

A qualidade da água dos estuários está fortemente alterada devido à influência antrópica. Embora o estuário do rio Mamanguape esteja situado numa APA, a qualidade de suas águas apresenta-se similar ao estuário do rio Paraíba, o qual é considerado um estuário urbano. Entretanto, a resposta da comunidade foi diferente entre os estuários, pois embora o estuário do rio Paraíba apresente elevadas concentrações de nutrientes, o mesmo evidenciou uma maior biodiversidade quando comparado ao estuário do rio Mamanguape. Por outro lado, a composição da comunidade do estuário do rio Paraíba apresentou táxons indicadores de poluição orgânica.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L.C., SANTOS, M.L.S., BATISTA, R.M.M., ALVES, I.C.C., PALHETA, G.D.A. Influência da maré nas condições ambientais na Orla do município de Bragança, Nordeste do Estado do Pará. *Bol. Téc. Cient. Cepnor*, v.13, n. 1, p. 23-31, 2013.
- ARGÜELLES-CAÑEDO, M., BOIX, D., MILLARUELO-SÁNCHEZ, N., SALA, J., CAIOLA, N., NEBRA, A., RIERADEVALL, M. A rapid bioassessment tool for the evaluation of the water quality of transitional waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. v.111, p. 129-138, 2012.
- BLEICH, S., POWILLEIT, M., SEIFERT, T., GRAF, G.. beta-diversity as a measure of species turnover along the salinity gradient in the Baltic Sea, and its consistency with the Venice System. *Marine Ecology Progress Series*. v, 436, p. 101-118, 2011
- MARCELINO, R. L., SASSI, R., CORDEIRO, T.A., COSTA, C.F. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores Artesanais e outros usuários ribeirinhos do estuário do Rio Paraíba do Norte, Estado da Paraíba, Brasil. *Tropical Oceanography*. v.33, n. 2, p.183-197, 2005.
- SILVESTRE, L.C., FARIAS, D.L.S., LOURENÇO, J.D.S., BARROS, S.C.A., BRAGA, N.M.P. Diagnóstico dos impactos ambientais advindo de atividades antrópicas na APA da do Rio Mamanguape. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*. v.7, n. 12, p. 1-11, 2011