



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

CLIMÉLIA DA NÓBREGA SILVA

SUFICIÊNCIA TAXONÔMICA E INDICADORES ECOLÓGICOS
COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA
CONDIÇÃO AMBIENTAL DE ESTUÁRIOS TROPICAIS

Campina Grande/PB

Novembro/ 2014

CLIMÉLIA DA NÓBREGA SILVA

**SUFICIÊNCIA TAXONÔMICA E INDICADORES ECOLÓGICOS
COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA
CONDIÇÃO AMBIENTAL DE ESTUÁRIOS TROPICAIS**

ORIENTADOR: Profa. Dra. Joseline Molozzi (UEPB)

CO-ORIENTADOR: Dr. João Carlos Marques (Universidade de Coimbra)

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Conservação da
Universidade Estadual da Paraíba
(UEPB), como requisito para
obtenção do título de Mestre em
Ecologia e Conservação.

.

Campina Grande/PB

Dezembro/2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586s Silva, Climélia da Nóbrega.
Suficiência taxonômica e indicadores ecológicos como ferramentas na avaliação da condição ambiental de estuários tropicais [manuscrito] / Climélia da Nóbrega Silva. - 2014.
90 p.

Digitado.
Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2014.
"Orientação: Prof. Dr. Joseline Molozzi, Departamento de Ciências Biológicas".
"Co-Orientação: Prof. Dr. João Carlos Marques, Universidade de Coimbra".
1. Comunidade bentônica. 2. Ecossistemas estuarinos. 3. Impactos antrópicos. I. Título.

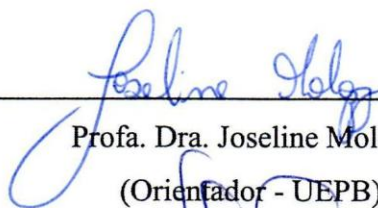
21. ed. CDD 577.6

CLIMÉLIA DA NÓBREGA SILVA

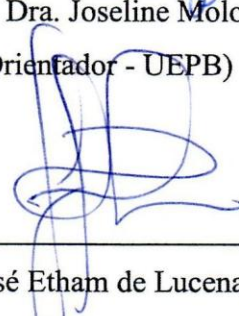
**SUFICIÊNCIA TAXONÔMICA E INDICADORES ECOLÓGICOS
COMO FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA
CONDIÇÃO AMBIENTAL DE ESTUÁRIOS TROPICAIS**

Aprovado em: 02 / 12 / 2014

Comissão examinadora:



Prof. Dra. Joseline Molozzi
(Orientador - UEPB)



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
(Examinador interno - UEPB)



Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos
(Examinador externo - UFPE)

Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
(Examinador suplente - UEPB)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela felicidade de ser uma pessoa capaz de buscar meus objetivos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação e aos professores do Mestrado, que se dedicaram a passar um pouco de seu conhecimento e experiências.

Ao Departamento de Biologia e a UEPB, por permitir minha flexibilização de horário para conciliar trabalho e estudos.

A minha querida orientadora, Dra. Joseline Molozzi, pela paciência, orientações, conversas, incentivo e puxões de orelhas necessários para que o trabalho fosse realizado com cuidado e robustez, para que no final, sentíssemos orgulho de tudo o que conseguimos desenvolver e aprender, apesar de todas as dificuldades encontradas.

Ao meu co-orientador, Dr. João Carlos Marques, pelas orientações, correções e experiência passada na simplicidade de conversas durante os almoços.

A banca da qualificação, Dr. André Pessanha e Dra. Alexandra Baeta, pelas correções, direcionamentos e atenção às dúvidas e receios. Obrigada pelas conversas e risos e pela convivência maravilhosa que temos.

Ao Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, coordenador do Laboratório de Ecologia Aquática, por entender minhas ausências no trabalho. E pela colaboração para a elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Jorge Parreira dos Santos pela disponibilidade de se fazer presente como examinador na defesa final.

Ao Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes por aceitar o convite de fazer parte da banca como membro suplente interno.

Ao Laboratório de Bentos do Centro de Estudos do Mar - UFPR nas pessoas do Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana, Dra. Verônica Maria de Oliveira, demais estagiários, mestrandos e doutorandos deste laboratório cheio de vida e de pessoas dispostas a ajudar. Obrigada pela atenção, disponibilidade de tempo e paciência para ensinar a arte de identificar os poliquetas, pelo direcionamento e valor dados a pesquisa que estava sendo realizada.

Agradeço ao Projeto do CNPq intitulado: “Que lições retirar do funcionamento ecológico em sistemas estuarinos da Paraíba? Análise do efeito de perturbações naturais e antrópicas.”, coordenado pela Doutora Joana Patrício, por me permitir fazer parte,

desenvolver minha pesquisa com os dados coletados para este projeto. Obrigada Joana pelo apoio, orientações e incentivo.

Aos meus queridos colegas de turma do Mestrado: Natalice, Thainá, Mauricélia, Juan, Serginho, Iara, Augusto, Romilda, Marcel e especialmente a Rafaela, pela convivência, carinho e atenção. Não poderia ter tido uma turma melhor, mais companheira e amorosa, composta por pessoas tão especiais e queridas. Deus escolheu a dedo cada um de vocês para fazer parte desta turma, pois Ele sabia o quanto seríamos unidos e nos ajudaríamos. Agradeço ainda a Raiane Santos, Vanessa Rebeca, Elaine Cristina, Rafaela Farias e Laryssa Carvalho pela companhia, conversas, orientações e alegrias compartilhadas.

Agradeço aos alunos e estagiários do Laboratório de Ecologia Aquática e em especial ao técnico Adriano, por realizar as análises físicas e químicas da água, por ser um amigo presente e sempre atencioso. Ao Laboratório de Bentos, por me permitir realizar a maioria das análises e identificações, pela compreensão da minha ausência durante as disciplinas e preocupação com as análises e amostras presentes no laboratório. Obrigada todos do LEB e de maneira especial, a Genetton, sempre disposto a ajudar e se doar ao trabalho, sempre calado, ouvindo pacientemente um monte de mulheres conversando e estar sempre com um sorriso no rosto de acolhimento e doação.

As minhas meninas, eternas companheiras de trabalho: Jéssica, Monalisa e Kelly, meus braços e pernas no Mestrado. Sem vocês, eu não conseguiria terminar, não teria forças para continuar sem o apoio e a dedicação. Não há palavras para agradecer o quanto a ajuda de vocês foi fundamental para que eu concluísse este trabalho. Obrigada mais uma vez e não esqueçam que as amo amo demais.

A todos que participaram da coleta, em especial ao Prof. André, Genetton, Pop e Natalice agradeço pela dedicação, cuidado e trabalho duro durante este momento crucial do Mestrado.

Ao pessoal do Laboratório de Biologia Marinha (Moluscos): Prof. Thelma, Graciele, Jacicleide, Ana Priscila, Jéssica Lima, Déborah e Douglas por toda a ajuda na lavagem e triagem do material, bem como a identificação dos moluscos encontrados nas amostras. Quero agradecer de maneira muito carinhosa a duas pessoas que se fizeram presentes no momento mais trabalhoso e delicado do trabalho: Luana e Denise. Duas pessoinhas que chegaram de mansinho e foram conquistando todos que conviviam naqueles dias de férias enfiadas no laboratório, dos almoços, alegrias, lágrimas e confissões compartilhadas. Obrigada meninas, primeiro pela ajuda braçal, depois pela

amizade, carinho e abraços apertados. Aprendi a amar as duas de maneira pura e verdadeira.

Aos colegas de trabalho, Macelly, Elimar, Andeilma, Isadora, Augusto, Patrícia, Thaís, Renata, D. Marilene e Edilma por entenderem e respeitarem minha ausência, por apoiarem minha decisão e ajudarem sempre no que foi necessário. Quero agradecer especialmente a Airlla e a Robson, duas pessoas que enfrentaram comigo todas as dificuldades impostas pelo Mestrado, que souberam ajudar, acalantar, apoiar, chorar e, principalmente, torcer, para que conseguisse terminar. Obrigada pela amizade, companheirismo e amor.

Quero agradecer imensamente aos meus pais, primeiro pelo dom da vida, segundo por sempre incentivar meus estudos, terceiro por apoiar minha decisão, mesmo desconhecendo os meus motivos de estar num mestrado, o cuidado, mesmo com a distância e o amor incondicional de todos os momentos. Aos meus irmãos, pelo carinho e palavras de apoio e ânimo. Amo vocês.

E ao meu querido Diogo, esposo, companheiro e amigo, pelo apoio, amor e paciência nesse período, tantas vezes conturbado da pós-graduação. Por entender (nem sempre) minha falta de tempo, de estresse, de choro e agonias e ainda assim me amar e se deixar ser amado.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Por fim, quero agradecer as pessoas que não acreditaram que eu fosse capaz de conciliar o trabalho e os estudos, por pensar que eu usaria meu emprego como desculpas por não ter êxito nas disciplinas ou não concluir o Mestrado no tempo determinado, pois foram elas que me fizeram ser mais forte, superar as dificuldades e enfrentar os obstáculos impostos pela pós-graduação, associada ao trabalho e aos afazeres de casa. Assim, afirmo com muito orgulho que consegui terminar antes do prazo, com boas notas, conciliando trabalho, estudos, casa e ainda por cima, esperando o maior presente da minha vida: minha pequena e já tão amada Maria Sofia. É a ti, filha, que dedico este trabalho e a partir do teu nascimento, todos os momentos da minha vida.

RESUMO GERAL

Os estuários são ambientes que prestam serviços ecossistêmicos importantes, como berçários e locais de alimentação para inúmeras espécies. Porém, estão sujeitos a diversos impactos antrópicos que afetam diretamente seu funcionamento. O objetivo do trabalho foi testar qual nível taxonômico é suficiente para avaliar a condição ambiental, assim como verificar a eficácia relativa de indicadores ecológicos em estuários assumidos como sujeitos às pressões antrópicas de diferentes intensidades. A pesquisa foi realizada nos Estuários do Rio Paraíba do Norte e do Rio Mamanguape (Nordeste brasileiro), em novembro de 2013, totalizando 27 pontos de amostragem, divididos em quatro zonas de acordo com os valores de salinidade, composição do sedimento e profundidade. Os organismos coletados foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível. Este estudo está dividido em dois capítulos, o primeiro retrata a suficiência taxonômica, abordando a hipótese de que o nível de família seria mais eficiente em detectar a condição ambiental e o segundo testou se o uso associado dos indicadores termodinamicamente orientados, grupos tróficos funcionais, riqueza de taxa e índice de diversidade de Shannon-Wiener forneceriam respostas concordantes na avaliação da condição ecológica dos estuários. A suficiência taxonômica demonstrou que, para o objetivo desta pesquisa, tanto o nível de família quanto o de gênero foram suficientes em detectar alterações nas condições ambientais, para este período amostral. Em relação à utilização associada de indicadores ecológicos para detectar as mudanças nas condições ecológicas dos estuários, os indicadores baseados na riqueza de taxa, diversidade, eco-exergia específica e grupos tróficos funcionais não responderam de forma concordante na detecção das variações na condição ecológica dos estuários com níveis de impactos antrópicos distintos. Apenas o índice da eco-exergia indicou diferenças na condição ecológica dos ecossistemas avaliados. Assim, os resultados obtidos pela pesquisa evidenciaram a importância do estudo sobre a suficiência taxonômica e indicadores ecológicos baseados nas comunidades bentônicas como um instrumento de biomonitoramento, cujo intuito é entender as variações e flutuações dos ecossistemas, assim como servir de base para propostas de medidas para mitigação dos impactos antrópicos, conservação e gestão ambiental.

Palavras-chave: comunidade bentônica, ecossistemas estuarinos, impactos antrópicos

ABSTRACT

Estuaries are environments that run important ecosystem services, such as nurseries and feeding places for numerous species. However, are subject to various anthropogenic impacts that directly affect their operation. This study aimed to test which taxonomic level is sufficient to evaluate the environmental condition as well as assess the relative efficacy of ecological indicators in estuaries assumed as subject to anthropogenic pressures of different intensities. The research was conducted in the estuaries of the River Paraíba do Norte and Mamanguape River (Northeastern Brazil), in November 2013, totaling 27 sampling sites, parted into four zones according to the values of salinity, sediment composition and depth. The organisms collected were sorted and identified to the lowest possible taxonomic level. This study is divided into two chapters, the first taxonomic depicts sufficiency by addressing the hypothesis that the family level would be more efficient to detect the environmental condition and the second test whether the combined use of the thermodynamically oriented indicators, functional trophic groups wealth rate and diversity index Shannon-Wiener would provide consistent answers in the evaluation of the ecological condition of estuaries. Fill Taxonomic showed that for the purpose of this study, both the family level as gender were enough to detect changes in environmental conditions, for this sample period. Regarding the use of associated ecological indicators to detect changes in ecological conditions of the estuaries, the indicators based on taxa richness, diversity, specific eco-exergy and functional feeding groups did not respond concurrently in the detection of changes in the ecological condition of estuaries with different levels of human impacts. Only eco-exergy index indicated differences in the ecological condition of the assessed ecosystems. Thus, the results obtained from the survey showed the importance of the study on the taxonomic sufficiency and ecological indicators based on benthic communities as a biomonitoring tool, which aims to understand the variations and fluctuations of ecosystems as well as the basis for measures proposed to mitigation of human impacts, conservation and environmental management.

Keywords: benthic community, estuarine ecosystems, human impacts

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1: Localização dos estuários do Rio Paraíba (A) e do Rio Mamanguape (B) (Paraíba, Brasil), zonas (Oligo: Oligohalina, Meso: Mesohalina, Poli: Polihalina e Eu: Euhalina) e dos pontos de amostragem. Mapa: Dr. Saulo Vital..... 27
- Figura 2: Dendrograma baseado na abundância numérica das famílias de Poliquetas dos Estuários do Rio Paraíba (P) e Mamanguape (M) e das diferentes zonas..... 34
- Figura 3: Dendrograma baseado na abundância numérica dos gêneros de Poliquetas dos Estuários do Rio Paraíba (P) e Mamanguape (M) e das diferentes zonas..... 35
- Figura 4: Valores médios para famílias e gêneros da comunidade de poliquetas, coletados nos Estuários dos Rios Paraíba e Mamanguape, Brasil, apresentando os valores de riqueza de taxa (A e B), Índices de diversidade de Shannon-Wiener (C e D), riqueza específica de Margalef (E e F), coletados em novembro de 2013. Figuras A, C e E representa as famílias e as Figuras B, D e F representam os gêneros..... 37
- Figura 5: Diagrama dos dois primeiros eixos da dbRDA (Análise de Redundância Baseada em Distância) baseados nas famílias de Poliquetas e nas variáveis ambientais coletadas no período de novembro de 2013 para as regiões montante e jusante dos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape – Brasil. Sal (Salinidade), Ar.grossa (Areia grossa), Ar. Média (Areia média), Ar. Fina (Areia fina), TDS (Sólidos totais dissolvidos), P total (Fosforo total), Clor-a (Clorofila-a). P (Estuário do Paraíba), M (Estuário do Mamanguape)..... 41
- Figura 6: Diagrama dos dois primeiros eixos da dbRDA (Análise de Redundância Baseada em Distância) baseados nos gêneros de Poliquetas e nas variáveis ambientais coletas no período de novembro de 2013, para as regiões montante e jusante dos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape – Brasil. Sal (Salinidade), Ar.grossa (Areia grossa), Ar. Média (Areia média), Ar. Fina (Areia fina), TDS (Sólidos totais dissolvidos), P total (Fosforo total), Clor-a (Clorofila-a). P (Estuário do Paraíba), M (Estuário do Mamanguape)..... 42

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1: Mapa com a localização dos estuários do Rio Paraíba (A) e Estuário do Rio Mamanguape (B), Paraíba – Brasil, zonas (Oligo: Oligohalina, Meso: Mesohalina, Poli: Polihalina e Eu: Euhalina) e pontos de amostragem nos estuários..... 56

Figura 2: Análise de Coordenadas Principais (PCO) para o Estuário do Rio Paraíba (A) e para o Estuário do Rio Mamanguape (B) baseados na biomassa média dos Poliquetas, Chironomídeos e Moluscos, apresentando as diferentes zonas e as distintas regiões (Triângulos verdes = Oligohalina, Triângulos invertidos azul escuro = Mesohalina, Quadrados azul claro = Polihalina, Losangos vermelhos = Euhalina)..... 63

Figura 3: Porcentagem dos grupos tróficos funcionais observados nas regiões a Montante (Mont) e a Jusante (Jus) do Estuário do Rio Paraíba (PB) e Mamanguape (Mam) no período de Novembro de 2013..... 66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Variáveis físicas, químicas e composição granulométrica (%) (média e desvio padrão), mensurada em novembro de 2013, nos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape..... 32

Tabela 2: Resultados do teste PERMANOVA utilizando como fatores os estuários (Estuário do Rio Paraíba (EP) e Estuário do Rio Mamanguape (EM) e as zonas de cada um dos estuários (Oligohalina (Oli), Mesohalina (Mes), Polihalina (Pol), Euhalina (Eu)) para os Poliquetas, baseado em gêneros e famílias, (utilizando similaridade de Bray-Curtis). DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= Fvalue; t = t test; P = probability level; P<0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;..... 33

Tabela 3: Abundância média das famílias de Poliquetas que contribuíram com 90% de similaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER) entre os grupos montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, coletados no mês de novembro de 2013, Brasil. (Av. abund: Abundância média, Av. Sim = similaridade média; Contrib%: percentual de contribuição; Cum%: percentual acumulado)..... 38

Tabela 4: Abundância média dos gêneros de Poliquetas que contribuíram com 90% de similaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER) entre os grupos montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, Brasil. (Av. abund: Abundância média, Av. Sim = similaridade média; Contrib%: percentual de contribuição; Cum%: percentual acumulado).....39

Tabela 5: Resultados do Marginal Teste da Análise de Redundância (DistLM) baseado no critério AIC e no procedimento BEST, para as variáveis ambientais coletadas no período de novembro de 2013, relacionadas com as famílias e os gêneros de Poliquetas dos sites montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape/Brasil. ($p \leq 0,05$)..... 40

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1: Valores de Exergia/Biomassa conversor dos fatores (β) baseados em Jorgensen *et al.*, 2005 59

Tabela 2: Resultados da análise PERMANOVA utilizando como fatores os estuários (Estuário do Rio Paraíba (EP) e Estuário do Rio Mamanguape (EM) e as zonas (Oligohalina (Oli), Mesohalina (Mes), Polihalina (Pol), Euhalina (Eu)) para os valores de biomassa dos Polychaeta, Chironomidae e Mollusca (utilizando similaridade de Bray-Curtis). DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= Fvalue; t = t test; P = probability level; P<0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;..... 62

Tabela 3: Resultados da análise PERMANOVA utilizando como fatores montante e jusante para cada um dos indicadores termodinamicamente orientados (Eco-Exergia, Eco-Exergia Específica e grupos tróficos funcionais) e indicadores estruturais (índice de diversidade de Shannon-Wiener e riqueza de espécies) para o Estuário do Rio Paraíba e Estuário do Rio Mamanguape. DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= F value; t = t test; P = probability level; P<0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;.....64

Tabela 4: Valores de biomassa (gm^{-2}), eco-exergia (kJm^{-2}), eco-exergia específica (kJ g^{-1}), Shannon-Wiener (Bits/ind) e riqueza de espécies (Riq. de espécies) para os pontos e regiões estabelecidas dos Estuários dos Rios Paraíba (MP – Região Montante Paraíba; JP – Região Jusante Paraíba) e Mamanguape (MM – Região Montante Mamanguape; JM – Região Jusante Mamanguape)..... 65

Tabela 5: Variáveis físicas, químicas e composição granulométrica (%) (média e desvio padrão), mensurados no mês de novembro de 2013, para as regiões a montante e a jusante dos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape..... 67

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
a. Ecossistemas estuarinos.....	15
b. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos	16
c. Biomonitoramento em ecossistemas estuarinos	18
II. OBJETIVO GERAL.....	21
III. PRIMEIRO CAPÍTULO	
a. Pergunta	22
b. Hipótese	22
IV. SEGUNDO CAPÍTULO	
a. Pergunta	22
b. Hipótese	22
PRIMEIRO CAPÍTULO	23
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1. Área de estudo	26
2.2. Variáveis ambientais	29
2.3. Variáveis biológicas	29
2.4. Análise de dados	29
3. RESULTADOS	31
3.1. Variáveis Ambientais	31
3.2. Composição da comunidade de Poliquetas	32
3.3. Formação dos grupos baseados na comunidade de Poliquetas	34
3.3.1 Resolução taxonômica	35
4. DISCUSSÃO	42
5. CONCLUSÃO	45
6. REFERÊNCIAS	45
ANEXO I	49
SEGUNDO CAPÍTULO	52
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1. Área de estudo	56
2.2. Variáveis biológicas	58
2.3. Índices termodinamicamente orientados: Eco-exergia e Eco-exergia	58
específica	
2.4. Grupos tróficos funcionais	59
2.5. Índice de diversidade de Shannon-Wiener.....	59
2.6. Riqueza de espécies	60
2.7. Variáveis ambientais.....	60
2.8. Análise de dados	60
3. RESULTADOS	61
3.1. Composição da comunidade bentônica	61
3.2. Formação dos grupos à posteriori	62
4. DISCUSSÃO	67
5. CONCLUSÃO	70

6. REFERÊNCIAS	70
ANEXO I	76
V. CONCLUSÃO GERAL	79
VI. PERSPECTIVAS FUTURAS	80
VII. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	81
 ANEXO I:	 88
ANEXO II:	90

I. INTRODUÇÃO GERAL

a. Ecossistemas Estuarinos

Estuários são sistemas dotados de características próprias, apresentando-se como um corpo d'água semifechado onde ocorre a diluição da água do mar na água doce advinda da drenagem continental (PRITCHARD, 1967; ALVES et al., 2013). Tal definição até os dias atuais é bastante utilizada e caracteriza bem a maioria dos estuários (POTTER et al., 2010). Estes ambientes são altamente dinâmicos e devem ser estudados como um local de transição entre os ambientes marinhos e dulcícolas, onde cada ambiente possui características peculiares e são regidos por amplas variações das condições hidrológicas, morfológicas, físicas e químicas (PASSOS; LYRA, 2007).

Os ambientes estuarinos podem ser classificados quanto à sua topografia, morfologia, substrato, estrutura salina, estratificação e/ou circulação de água, diferenças nas amplitudes e intensidades de marés, flutuações na temperatura e disponibilidade de oxigênio (LITTLE, 2000). Tais características podem tornar este ambiente naturalmente estressante para comunidades residentes, tornando-as adaptadas ou temporárias. Tais organismos tendem a se distribuir, aparentemente, ao longo de um gradiente salino (DUROU et al., 2008).

De maneira geral, podemos classificar as espécies presentes nos estuários como: (i) estenohalinas, presentes nas regiões do estuário que apresentam, geralmente, condições que se assemelham ao mar, pois não suportam variações na salinidade; (ii) salobras ou eurihalinas são aquelas classificadas como verdadeiramente estuarinas e que toleram variações da salinidade acentuadas; e (iii) espécies fluviais, região mais doce do estuário, as espécies não toleram valores de salinidade maiores que cinco (ODUM, 1997; LITTLE, 2000).

Os estuários são ecossistemas altamente produtivos, devido às características morfológicas e hidrodinâmicas da circulação das águas que retêm os nutrientes carreados pelos rios, promovendo um aumento da produção primária desses ambientes (MIRANDA et al., 2002). Fornecem inúmeros bens e serviços ecossistêmicos, atuando como locais de refúgio, alimentação e reprodução para diversas espécies de crustáceos, peixes e aves migratórias (ELLIOT; MCLUSCKY, 2002; KAISER et al., 2005; VASCONCELOS et al., 2007), bem como realizam processos de decomposição, ciclagem de nutrientes e regulação do fluxo de água (KENNISH, 2002; PAERL, 2006).

No entanto, estes ambientes sofrem com a influência das atividades antrópicas, como o intenso uso do solo de suas áreas adjacentes, sendo diversas vezes caracterizados pela presença de grandes concentrações populacionais, que aceleram a exploração de recursos e contribuem para descargas de poluentes na água, sejam domésticos ou industriais (BALD et al., 2005; PEREIRA et al., 2010). Tais impactos refletem negativamente na biodiversidade e estrutura das comunidades, bem como no funcionamento desses ecossistemas (BORJA et al., 2009).

b. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Macroinvertebrados bentônicos são organismos comumente encontrados no interior, sobre ou associados ao sedimento dos ambientes aquáticos (PARSONS et al., 1984). Sua distribuição ao longo do estuário depende de fatores físicos e químicos (granulometria, intensidade luminosa e salinidade) e biológicos (disponibilidade e atividade alimentar, predação, competição, efeitos reprodutivos na dispersão e colonização e no comportamento das espécies) (HOEY et al., 2004, KAISER et al., 2005).

O sedimento é o local de acúmulo de contaminantes advindos dos impactos antropogênicos que podem influencia negativamente a dinâmica dos estuários (PASSOS; LYRA, 2007). Por serem organismos de pouca mobilidade, a comunidade bentônica pode receber, refletir e demonstrar a intensidade de impactos, devido às diferentes capacidades de tolerância/sensibilidade ao estresse, particularmente ao enriquecimento orgânico (PEARSON; ROSENBERG, 1978; BORJA et al., 2000). Assim, perturbações ambientais podem alterar a riqueza, abundância, biomassa e composição (proporção de espécies tolerantes/sensíveis) da comunidade de macroinvertebrados (ROSENBERG et al., 2004; REISS; KRÖNCKE, 2005).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos é composta por distintos grupos taxonômicos que possuem diversas estratégias ecológicas e diferentes graus de sensibilidade a alterações no ambiente. Além disso, apresentam elevada riqueza específica com uma variedade de padrões de tolerância à perturbação do habitat. São organismos que apresentam pouca mobilidade e tendem a permanecer no local ou desaparecer do mesmo, dependendo do tipo de impacto a que o ambiente estiver submetido (WARWICK et al., 1990; WEISBERG et al., 1997). Espécies tolerantes são comumente compostas por pequenos organismos, r-estrategistas, com elevada

abundância e baixa diversidade de grupos (ELLIOT; QUITINO, 2007). Tais características peculiares permitem que os macroinvertebrados bentônicos indiquem alterações no ambiente e respondam aos impactos, tornando-se componentes essenciais nos programas de biomonitoramento dos ecossistemas estuarinos (LYRA et al., 2006).

Entre os organismos comumente encontrados nos estuários têm-se os grupos dos poliquetas, moluscos, anfípodas e isópodas (PINTO et al., 2009). Dentre estes, os poliquetas são comumente utilizados para a detecção de perturbações antrópicas, por apresentarem distintos graus de sensibilidade a alterações ambientais (AMARAL et al., 1998; DEL-PILAR-RUSO et al., 2008). Os poliquetas apresentam alta plasticidade e capacidade de adaptar-se a diversas variações e a distintos habitats (FAUCHALD; JUMARS, 1979, DEL-PILAR-RUSO et al., 2009). Portanto, apenas o fato de um determinado grupo taxonômico dos poliquetas estar presente ou não em determinado local, pode indicar alterações na qualidade ecológica do ecossistema (POCKLINGTON; WELLS, 1992).

Impactos ambientais também podem provocar alterações nos padrões de distribuição dos grupos tróficos funcionais, pois os organismos são sensíveis a múltiplos fatores, incluindo perturbação ambiental, espacial ou temporal, tipos de sedimento, condições hidrodinâmicas e impactos antropogênicos, os quais afetam a disponibilidade de recursos e a plasticidade alimentar da comunidade bentônica avaliada (MUNIZ; PIRES, 1999; BAE et al., 2013). Em locais perturbados, a tendência é haver uma redução drástica na diversidade dos grupos tróficos funcionais. Os organismos depositívoros preferem ambientes com baixa hidrodinâmica e sedimentos lodosos, já os carnívoros são frequentemente encontrados em locais com sedimentos grossos e baixa porcentagem de lama, adequando-se melhor em ambientes arenosos, sendo importantes no processo de biorrevolvimento do sedimento (MUNIZ; PIRES, 1999).

Entender os padrões de distribuição da diversidade de macroinvertebrados bentônicos, a categorização trófica dos organismos e as influências externas ao longo do estuário, permite entender a interação entre a distribuição dos organismos e os processos ecológicos a que estão submetidos (YSEBAERT et al., 2003).

c. Biomonitoramento em ecossistemas estuarinos

Diante do quadro de impactos sofridos pelos estuários, ferramentas de avaliação podem ser sugeridas como estratégias viáveis para determinar a condição ambiental e nortear medidas de gestão, que minimizem as pressões e resultem na utilização sustentável desses ambientes (SALAS et al., 2005).

Dentre estas estratégias, a identificação adequada dos organismos é o primeiro passo para estudos de avaliação de impactos ambientais, cujo objetivo é a gestão e conservação ambiental (SU et al., 2004). Porém, a identificação dos organismos ao menor nível taxonômico possível requer pesquisadores especialistas nos mais diversos grupos de macroinvertebrados, um longo tempo de pesquisas e um elevado custo financeiro, tornando este processo inviável, em programas de biomonitoramento em curto prazo (MELO; HEPP, 2008).

Para tentar minimizar os custos e as dificuldades nos processos de identificação, Ellis (1985) sugeriu o conceito de suficiência taxonômica que envolve a identificação de taxa em categorias mais altas possíveis, sem perder a capacidade de avaliar o distúrbio. Depois, Warwick (1993) e Bailey et al. (2001) corroboraram a classificação taxonômica em níveis mais elevados, família ou gênero, alegando que o nível de espécie pode responder tanto a variações nos padrões ambientais naturais quanto alterados e que tais respostas poderiam suprimir os efeitos de atividades humanas.

Utilizar categorias mais elevadas de identificação possibilitaria a otimização dos planos de amostragem dos programas de biomonitoramento, permitindo estudos de curto prazo e de baixo custo? (BERTASI et al., 2009). Diante disso, é necessário observar as vantagens e desvantagens do uso distinto dos níveis de identificações. As vantagens mais evidentes quando se utiliza a suficiência taxonômica em categorias mais altas é a economia de tempo e a possibilidade de minimização de erros de identificação, mais comuns em níveis específicos (DAUVIN et al., 2003; MAZARIS et al., 2008). Identificar a um nível taxonômico maior é mais simples, menos dispendioso e mais rápido (BEVILACQUA et al., 2009). Há desvantagens em casos de levantamentos da biodiversidade total, onde uma identificação mais aprofundada e detalhada é mais confiável e robusta (KALLIMANIS et al. 2012). Outra peculiaridade a ser considerada é o objetivo do trabalho. Em estudos baseados na mudança na riqueza de espécies (diversidade alfa), uma identificação mais grosseira torna-se inviável. O detalhamento da identificação é primordial para verificar a diversidade das espécies (PRINZING et

al., 2003). Devido a isto, a suficiência taxonômica tornou-se ferramenta importante, principalmente em programas de conservação, onde o tempo é um fator crucial na preservação de um grupo (KALLIMANIS et al. 2012). Porém, a utilização de distintos níveis taxonômicos irá depender do tipo de padrão ecológico a ser estudado. A identificação em nível de família pode ser suficiente para apresentar a distribuição de grupos ao longo de um gradiente estuarino, pois fornece informações importantes sobre as características da comunidade e seus desvios temporais, requer menos tempo para identificação, menos conhecimento taxonômico e perícia, além de ser sensível em detectar mudanças na condição ambiental do ecossistema avaliado (BIASI et al., 2003; BERTASI et al, 2009; DEL-PILAR-RUSO et al., 2014).

Em programas de biomonitoramento a utilização dos indicadores ecológicos agregam informações biológicas às características do ambiente (BEVILACQUA et al., 2011). De maneira geral, estes têm sido utilizados como ferramentas de avaliação da integridade dos ecossistemas. Porém, esta escolha deve ocorrer de forma pragmática e o indicador deverá obedecer a alguns critérios: serem ambientalmente sustentáveis, economicamente e tecnologicamente viáveis, socialmente desejáveis/toleráveis, legalmente permitidos e politicamente convenientes (DAUVIN; RUELLET, 2009).

Estudos baseados em indicadores ecológicos em ecossistemas temperados têm demonstrado a crescente preocupação com a condição ecológica desses ambientes, seja em decorrência das mudanças climáticas (WETZ; YOSKWITZ, 2013), seja em função de diversas ações antrópicas (GARCIA-BARCINA et al., 2006). Em ecossistemas tropicais, alguns estudos foram realizados, enfatizando a crescente preocupação com a problemática ambiental (SILVA, 2006; SOARES-GOMES et al., 2012; BAE et al., 2013; MOLOZZI et al., 2013).

A utilização de indicadores ecológicos advem da necessidade de investigar a integridade dos ambientes. A integridade de um ecossistema baseia-se em manter o equilíbrio de seus aspectos organizacionais: estrutural e funcional. O aspecto estrutural apresenta as características globais do ecossistema (diversidade, riqueza de espécies, abundância de espécies, por exemplo) e o funcional, expressa a conexão entre os componentes do ambiente (biomassa, níveis tróficos de alimentação) (MARQUES et al., 1997). A resposta das métricas funcionais reflete a quantidade de energia que está sendo capturada e transferida pelo sistema, enquanto que as métricas estruturais indicam por onde esta energia está sendo distribuída e o caminho que ela seguirá (JORGENSEN; SVIREZHEV, 2004).

Dentre os indicadores ecológicos que têm sido utilizados em programas de biomonitoramento, podemos citar aqueles baseados na presença ou ausência de espécies indicadoras, tolerantes e/ou mais sensíveis ao estresse ambiental, observando cuidadosamente nesses casos a origem da alteração, a qual pode ser natural ao ambiente avaliado (TANIWAKI; SMITH, 2011). Outros indicadores são baseados em estratégias ecológicas, as quais determinam o nível de estresse sofrido pela comunidade avaliada. Alguns são baseados na diversidade dos organismos, os quais estimam os valores de abundância proporcional e total das espécies (SHANNON; WEINER, 1963; MARGALEF, 1968; CLARKE; WARWICK, 1999; MACKEY; CURRIE, 2001; MAGURRAN, 2004); existem aqueles baseados na biomassa e abundância de espécies, que consideram as variações nos valores dessas métricas como uma medida de perturbação ambiental (WARWICK, 1986; WARWICK; CLARKE, 1994) e índices multimétricos que são baseados em medidas ou conjunto de informações dos organismos que compõem a comunidade, utilizados para mensurar os níveis de impacto dos ecossistemas (MARQUES et al., 2009).

Além destes, têm-se os índices termodinamicamente baseados em análise de rede que avaliam o ecossistema de maneira integrada e consideram como base os valores de eco-exergia e eco-exergia específica (JORGENSEN; MEJER, 1979; JORGENSEN; MARQUES, 2001; PATRÍCIO et al, 2006; JORGENSEN; ULANOWICZ, 2009) e de ascendência (ULANOWICZ, 1980; PATRÍCIO et al, 2004; JORGENSEN; ULANOWICZ, 2009).

A eco-exergia e a eco-exergia específica são índices utilizados como indicadores ecológicos para avaliar a saúde e integridade dos ecossistemas (JORGENSEN et al., 2005). Esses índices são baseados em conceitos termodinâmicos, sendo a eco-exergia conceituada como a medida da quantidade máxima de trabalho que o sistema pode realizar quando é submetido a um equilíbrio termodinâmico (JORGENSEN; MEJER, 1979).

A utilização da eco-exergia como ferramenta para avaliar a integridade do ecossistema baseia-se na capacidade de refletir características mais gerais do ambiente, apresentando suas propriedades funcionais e estruturais. As características baseadas nas medidas de função indicam a quantidade de energia que está sendo capturada pelo sistema. A integridade está associada com a habilidade do sistema para alcançar e tentar manter seu ponto de operação ótimo (JORGENSEN; SVIREZHEV, 2004).

A eco-exergia é calculada através das variações da biomassa e das informações genéticas dos organismos (PATTEN et al., 2002), podendo ser determinada pelas alterações nas propriedades do ecossistema, mudanças e adaptações (JORGENSEN, 2002), é considerada uma medida quantitativa, enquanto que a eco-exergia específica baseia-se na complexidade dos organismos, na medição dos componentes qualitativos do ecossistema (FABIANO et al., 2004). Por esta razão, estes índices devem ser utilizados de forma conjunta para que seja eficazes em indicar o estado de integridade de um ecossistema (MARQUES et al., 1997).

Assim, devido à complexidade dos ambientes, é necessária a utilização associada de índices que integrem aspectos funcionais e estruturais do ecossistema para que se obtenha uma resposta adequada do estado de integridade ambiental (O'CONNOR; DWELING, 1986; SALAS et al, 2005).

II. OBJETIVO GERAL

Testar qual nível taxonômico é suficiente para avaliar a condição ambiental, assim como verificar a eficácia relativa de indicadores ecológicos utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em estuários assumidos como sujeitos às pressões antrópicas de diferentes intensidades.

III. PRIMEIRO CAPÍTULO

a. Pergunta

Que nível de resolução taxonômica, utilizando a comunidade de poliquetas, pode ser eficiente em detectar, sem perda de informações, a condição ambiental em estuários tropicais sujeitos a distintos níveis de pressões antrópicas?

b. Hipótese

O nível taxonômico de família demonstrará ser suficiente em responder às mudanças nas condições ambientais da comunidade de poliquetas quando sujeita a diferentes níveis de impacto antrópico.

IV. SEGUNDO CAPÍTULO

a. Pergunta

Assumindo a existência de pressões antrópicas de diferentes intensidades nos sistemas selecionados, os indicadores termodinamicamente orientados, grupos tróficos funcionais, índices baseados na riqueza e diversidade da comunidade bentônica fornecerão informações concordantes em relação à condição ecológica dos estuários?

b. Hipótese

Indicadores termodinamicamente orientados fornecerão respostas concordantes aos baseados nos grupos tróficos funcionais, riqueza e diversidade da comunidade bentônica na avaliação da condição ecológica dos estuários.

CAPÍTULO I

Uso da suficiência taxonômica da comunidade de poliquetas na detecção da condição ambiental em estuários do semiárido

Nóbrega-Silva, C.^a, Molozzi, J.^a, Marques, J. C.^b.



a) Universidade Estadual da Paraíba – Laboratório de Ecologia de Bentos, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Avenida das Baraúnas, 351, CEP 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil. email: climelianobrega@hotmail.com, jmolozzi@gmail.com

b) IMAR – Instituto de Pesquisas do Mar, Departamento de Ciências. Universidade de Coimbra, Portugal.

Formatado segundo as normas da revista que será submetido:

Revista Estuarine, Coastal and Shelf Science

Uso da suficiência taxonômica da comunidade de poliquetas na detecção da condição ambiental em estuários do semiárido

Resumo

Os estuários são ecossistemas importantes para inúmeras comunidades biológicas, mas estão sujeitos a impactos antrópicos de natureza, frequências e magnitude distintas. Para avaliar a condição ambiental destes sistemas tem-se utilizado o biomonitoramento. Este instrumento de avaliação, além de tempo e recursos financeiros, exige pesquisadores capacitados na identificação das comunidades biológicas alvo. Deste modo, avaliar qual nível de resolução taxonômica é necessário utilizar no âmbito de programas de biomonitoramento torna-se um instrumento relevante. O presente trabalho utiliza a comunidade de poliquetas para testar qual o nível taxonômico (i.e. gênero ou família) é suficiente para avaliar as diferenças na condição ambiental em dois estuários tropicais, sujeitos a distintos níveis de pressões antrópicas. A hipótese testada foi que a “família” de poliquetas demonstrará ser suficiente em detectar informação decorrente às alterações ambientais a que os estuários estão sujeitos. Para testar a hipótese, realizaram-se coletas nos estuário do Rio Paraíba do Norte e do Rio Mamanguape (Nordeste brasileiro), em novembro de 2013, totalizando 27 pontos de amostragens. No total foram coletados 5.923 indivíduos, divididos em 32 famílias e 52 gêneros de poliquetas. Considerando simultaneamente a informação de ambos os estuários e analisando tanto a composição em gêneros e em famílias das comunidades de poliquetas, verificou-se a segregação de grupos de comunidades a montante e a jusante nos estuários. As zonas a montante caracterizaram-se por um menor número de taxa (independente da resolução taxonômica) e menor diversidade, enquanto as zonas a jusante apresentaram maiores valores para os índices de diversidade (Shannon-Wiener e Margalef), riqueza de taxa e biomassa, sem diferenças na resolução taxonômica adotada. Dessa forma, se aceita a hipótese do trabalho, pois os resultados do estudo demonstraram que o nível taxonômico de família foi suficiente em detectar alterações ambientais. Apesar de não haver perda de informações ao nível de família, o nível taxonômico de gênero demonstrou ser um pouco mais sensível às mudanças das condições no ambiente, mas é necessário cautela na utilização dos diferentes níveis de resolução taxonômica.

Palavras-chave: resolução taxonômica, anelídeos, biomonitoramento, ecossistemas estuarinos

1. Introdução

Ecossistemas estuarinos são ambientes altamente dinâmicos, pois são regidos por variações nas condições hidrológicas, morfológicas, físicas e químicas dos ambientes marinho e dulcícola (Passos and Lyra, 2007). São sistemas capazes de providenciar serviços ecossistêmicos diversos, como por exemplo, serem locais de alimentação, reprodução e refúgio para determinadas espécies de peixes e crustáceos, além de desempenharem um papel importante na ciclagem de nutrientes e processos de decomposição de matéria orgânica (Elliot and Mclusk, 2002). Porém, são alvos de inúmeros impactos ambientais que podem provocar perdas em sua biodiversidade. O biomonitoramento tem sido utilizado na avaliação da condição destes ecossistemas costeiros (Rosenberg et al., 2004; Salas et al., 2006). Este método baseia-se nas respostas que os organismos dão frente a diferentes alterações ambientais, notadamente de cunho antropogênico (Pires-Vanin et al., 2011).

Para realizar o biomonitoramento é necessária a utilização de metodologias capazes de avaliar a resposta dos ecossistemas a diferentes graus de pressão antrópica (Salas et al., 2006). Neste contexto, frequentemente, são utilizados indicadores ecológicos (Bevilacqua et al., 2011). Um número elevado destes indicadores utiliza informação proveniente das comunidades biológicas e, dentre estes organismos citam-se as comunidades de macroinvertebrados bentônicos (Dauvin et al., 2003). Estes organismos são bons indicadores da condição ambiental por apresentarem algumas características como, serem sedentários em sua maioria, apresentarem estágios de vida relativamente longos e serem sensíveis a perturbações no ambiente onde vivem, possuindo diferentes graus de tolerância e capacidade de se adaptarem a situações adversas (Silva, 2006).

Dentre os macroinvertebrados comumente utilizados em estudos de avaliação ambiental, destacam-se os poliquetas (Amaral et al., 1998, Del-Pilar-Ruso et al. 2009). Estes organismos são abundantes, ocupam distintos habitats (Fauchald and Jumars, 1979), apresentam ciclos de vida relativamente longos, o que possibilita detectar variações ocorridas numa escala temporal maior (Amaral et al., 1998), apresentam alta plasticidade ecológica (Surugiu, 2005), distintas capacidades de adaptação as variações ambientais e analisando a presença ou ausência de determinadas famílias e/ou gêneros podem se fazer algumas inferências sobre as condições ambientais (Pocklington and Wells, 1992).

Para utilizar a comunidade bentônica adequadamente em programas de avaliação ambiental, o processo de identificação destes organismos é uma etapa crucial, porém onerosa, que necessita de tempo e especialistas capazes de identificar os indivíduos ao menor nível taxonômico possível (Dauvin et al., 2003). Para tentar minimizar os problemas ocasionados pelos erros na identificação dos organismos, Ellis (1985) propôs o conceito de suficiência taxonômica, que utiliza um nível de resolução taxonômica mais elevado na avaliação de impactos causados por pressões antrópicas, sem que haja prejuízo nas informações coletadas, evitando assim, processos de identificação mais específicos, demorados e custosos (Olsgard and Somerfield, 2000).

Alguns estudos, baseados na identificação em níveis taxonômicos mais elevados, demonstraram que família ou gênero podem refletir mais adequadamente o efeito das perturbações humanas do que o nível taxonômico de espécies (Terlizzi et al., 2003; Del-Pilar-Ruso et al., 2009). Um nível mais específico de resolução taxonômica, como o de espécies, é mais sensível às alterações ambientais, sejam elas naturais ou antrópicas. Devido a esta sensibilidade, estudos mais detalhados do ambiente e suas peculiaridades, bem como da origem da perturbação devem ser avaliados para que a resposta na utilização dos diferentes níveis taxonômicos esteja correta (Vanderklift et al., 1996).

O presente estudo tem por objetivo utilizar a comunidade de poliquetas de forma a testar qual nível de resolução taxonômica (mais amplo - família ou mais restrito - gênero) será suficiente para avaliar, sem perda de informações, a condição ambiental de dois estuários tropicais sujeitos a distintas pressões antrópicas. Como hipótese tem-se que o nível de resolução taxonômica de família demonstrará ser suficiente em responder às mudanças nas condições ambientais e poderá ser usado em futuros estudos de biomonitoramento de ecossistemas estuarinos tropicais.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

Os dados para a realização deste trabalho foram coletados em dois estuários localizados no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil: os estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape (Figura 1). O clima da região é do tipo AS' de Koppen, quente e úmido. Possui temperatura 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 (AESA, 2011).

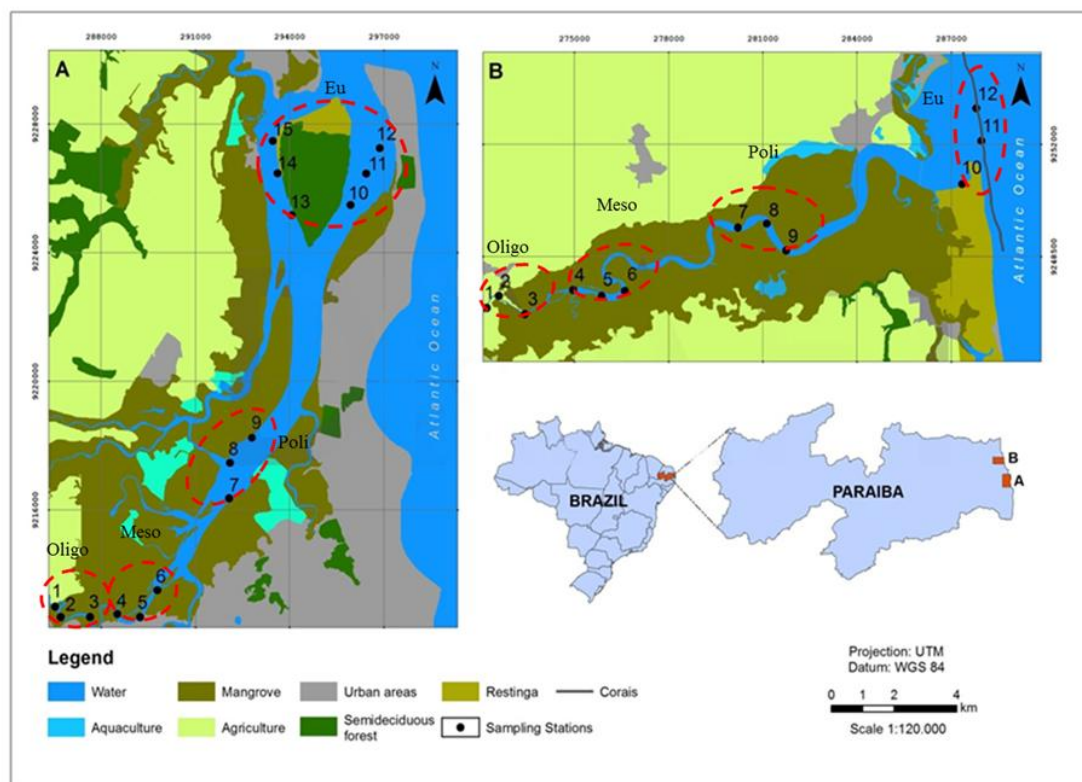


Figura 1. Localização dos estuários do Rio Paraíba (A) e do Rio Mamanguape (B) (Paraíba, Brasil), zonas (Oligo: Oligohalina, Meso: Mesohalina, Poli: Polihalina e Eu: Euhalina) e dos pontos de amostragem. Mapa: Dr. Saulo Vital.

O estuário do Rio Paraíba ($6^{\circ}54'14''$ e $7^{\circ}07'36''$ S; $34^{\circ}58'16''$ e $34^{\circ}49'31''$ O) (Figura 1A), possui uma extensão de 22 km e possui como afluentes os rios Sanhauá, Paroeira, Mandacaru, Tibiri, Tambiá, Ribeira e Guia (Guedes et al., 2011). Este estuário é altamente influenciado pela água do mar, devido a baixa vazão dos seus rios (perenes) e é margeado por aglomerados urbanos, sendo 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 (Marcelino et al., 2005). O Rio Paraíba, por ser margeado por cidades é considerado um estuário urbano. São cinco os principais municípios que seguem o curso do estuário, que se inicia na cidade de Santa Rita, Lucena, Bayeux, João Pessoa e desaguando em Cabedelo (Nishida et al., 2004), totalizando uma população de 1001.485 habitantes (IBGE, 2014).

Além da população, em Cabedelo encontra-se o Porto e algumas indústrias que influenciam diretamente o estuário. Na cidade de João Pessoa, as regiões Mesohalina e

Polihalina do Estuário recebem os afluentes de empreendimentos de aquicultura, além do esgoto, não tratado, das comunidades de Mandacaru e Tambiá (Silva et al., 2011).

O estuário do Rio Mamanguape ($6^{\circ}43'02''$ e $6^{\circ}51'54''$ S; $35^{\circ}67'46''$ e $34^{\circ}54'04''$) (Figura 1B), possui como afluentes os rios Estiva, Caracabu, Açu, Gamboa do Pina, Gamboa Marcação e Arrecifes. Situa-se no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra de Mamanguape, criada pelo Decreto Federal nº 924, de 10 de setembro de 1993. A APA foi criada com o intuito de proteger os ecossistemas presentes em seu interior (Mata Atlântica, manguezais, recifes costeiros, mata de restinga, dunas e falésias) e garantir o local de alimentação e reprodução do peixe-boi marinho (Mourão and Nordi, 2003). 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 (Alves and Nishida, 2003). As cidades de Rio Tinto e Marcação estão localizadas à margem do estuário e apresentam uma população de 30.585 habitantes (IBGE, 2014). No entorno do estuário do Mamanguape há grandes cultivos de cana-de-açúcar, e até 2012, o estuário também recebia efluentes de um empreendimento de carcinicultura, localizado próximo ao Rio Gamboa (SUDEMA, 2011). Os Estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape diferem-se principalmente quanto ao uso do solo e populações de entorno (Figura 1).

Uma coleta piloto foi realizada em agosto 2013, na qual baseado nos valores de salinidade, granulometria do sedimento e profundidade, em cada um dos estuários foram definidas quatro zonas subtidais (Oligohalina, Mesohalina, Polihalina e Euhalina). As coletas foram realizadas em novembro de 2013, período seco da região, em cada zona foram estabelecidos três pontos de amostragem, cada um com três réplicas. No estuário do Rio Mamanguape foram estabelecidos 12 pontos (Pontos 1 - 3 – Oligohalino, Pontos 4 - 6 – Mesohalino, Pontos 7 - 9 – Polihalino e Pontos 10 - 12 – Euhalino) e 15 pontos no Rio Paraíba (Pontos 1 - 3 – Oligohalino, Pontos 4 - 6 – Mesohalino, Pontos 7 - 9 – Polihalino e Pontos 10 - 15 – Euhalino), pois este apresenta a Ilha da Restinga, situada próxima à desembocadura do estuário tendo sido considerada necessária a amostragem nos dois lados da ilha.

2.2. Variáveis ambientais

Para cada ponto de coleta foi mensurada *in situ*, a profundidade e a transparência, estimadas através do disco de Secchi, e utilizando-se um multi-analizador (Horiba/U-50) foi mensurada temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS), sólidos totais (st) e salinidade. Em laboratório, para as amostras de água, as concentrações de nutrientes dissolvidos (nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$), nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$), amônia ($\mu\text{g}/\text{L}$) e fósforo total (P-total - $\mu\text{g}/\text{L}$) foram analisadas de acordo com os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2005) e a clorofila-*a* (clor-a - $\mu\text{g}/\text{L}$) foi estimada utilizando a metodologia proposta por Lorenzen (1967).

Para verificar as classes de tamanho do sedimento, foi realizada a análise granulométrica por peneiramento através da separação mecânica utilizando uma coluna com seis peneiras de 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) para a total separação dos grãos (Brown and Mclachland, 1990).

2.3. Variáveis biológicas

As coletas dos poliquetas foram realizadas utilizando uma draga van Veen (0,1m²). O material coletado foi fixado *in situ* com formol a 4% tamponado. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras de abertura de malha de 1,00 e 0,50 mm, respectivamente. Os Poliquetas (Anellida) foram triados e identificados ao nível de família e gênero, utilizando chaves especializadas (Amaral and Nonato, 1996; Amaral et al., 2006).

Para estimativa da biomassa (gPSLCm^{-2}) os organismos foram colocados numa estufa a 60°C durante 72 horas e pesados (peso seco, PS), sendo depois sujeitos a combustão numa mufla a 550°C durante 8 horas, para se determinar o peso seco livre de cinzas (PSLC).

2.4. Análises dados

As variáveis biológicas, físicas e químicas da água e a granulometria do sedimento foram organizadas numa matriz de dados. A existência de variáveis

colineares altamente correlacionadas na matriz de dados ambientais foi investigada através do *Draftsman plot* ($r > 0.9$) (Anderson et al., 2008, Zuur et al., 2007). Sendo assim, as variáveis profundidade, pH, temperatura, condutividade elétrica e sólidos totais apresentaram altos valores de colinearidade ($r > 0,9$) e foram retiradas das análises posteriores. As variáveis que não apresentaram grau elevado de assimetria foram mantidas nas análises.

As variáveis ambientais: transparência, salinidade, STD, turbidez, nitrito, nitrato, amônia, fósforo total e clorofila-a foram transformadas $\log(x+1)$ e os valores da granulometria, dados em porcentagem, foram transformados em arcoseno (Zar, 1999). Depois de transformadas, as variáveis ambientais foram normalizadas. Os dados biológicos foram transformados em raiz quadrada.

Com o objetivo de avaliar se as variáveis ambientais e as biológicas (abundância de poliquetas, tanto para famílias como para gêneros), foram significativamente diferentes entre os estuários e posteriormente entre as zonas de cada um dos estuários foi realizada uma análise PERMANOVA (Permutation Multivariate Analysis of Variance) (com 999 permutações; $p < 0.05$), tendo como fatores: Estuários (dois níveis: Paraíba e Mamanguape) e posteriormente zonas (quatro níveis: Oligohalino, Mesohalino, Polihalino e Euhalino) utilizando-se coeficiente de Distância Euclidiana para as variáveis ambientais e similaridade de Bray-Curtis para as variáveis biológicas (Anderson, 2001; Anderson et al, 2008).

Uma análise de agrupamento de cluster (UPGMA - Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean; utilizando similaridade de Bray-Curtis; e transformação de raiz quadrada) foi realizada para verificar a formação de grupos, utilizando o nível de família e gênero de poliquetas. Diferenças significativas entre os grupos formados a posteriori foram testadas através de uma análise PERMANOVA (999 permutações; $p < 0.05$) (Anderson et al., 2008).

Estimou-se a biomassa média (g PSLCm^{-2}), o número médio de taxa (gênero ou família), o índice de riqueza específica de Margalef (Margalef, 1969) e o índice de diversidade Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1963) com o objetivo de avaliar os gêneros e as famílias mais representativas para cada grupo formado. Uma análise PERMANOVA (999 permutações; $p < 0.05$) foi realizada para avaliar as diferenças entre os grupos para cada uma das métricas supracitadas. Também foi realizada uma análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) para comparar a contribuição das famílias e gêneros de Poliquetas para os grupos formados.

A relação entre as variáveis ambientais e os grupos formados para famílias e gêneros foi avaliada através da análise multivariada, pautada no modelo de regressão linear baseado em distância, (DistLM) (Anderson, 2001). Este método analisa e modela as relações entre uma nuvem de dados multivariados para uma ou mais variáveis preditoras (Anderson et al., 2008). A rotina DistLM foi realizada, utilizando o critério BEST e os valores do coeficiente de determinação AIC. Para uma interpretação visual da relação entre as variáveis ambientais e os poliquetas (família e gênero) efetuou-se uma análise de redundância baseada em distância (dbRDA) (Anderson et al., 2008).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software PRIMER versão 6 + PERMANOVA (Software Package from Plymouth Marine Laboratory, UK). (Anderson et al., 2008).

3. Resultados

3.1. Variáveis ambientais

Os valores das variáveis ambientais foram significativamente diferentes entre os estuários (PSEUDO $F_{1,26} = 10,191$; $p = 0,001$) e entre as zonas tanto para o Estuário do Rio Paraíba (PSEUDO $F_{1,14} = 2,5647$; $p = 0,001$), quanto para o Estuário do Rio Mamanguape (PSEUDO $F_{1,11} = 2,6874$; $p = 0,001$).

Os maiores valores da turbidez foram registrados na região Euhalina ($129,66 \pm 107,69$) para o Estuário do Rio Paraíba, e para a zona Polihalina ($121,50 \pm 33,23$) no estuário do Rio Mamanguape (Tabela 1). A amônia apresentou os maiores valores registrados para as regiões Polihalina ($3545,50 \pm 67,63$) e Mesohalina ($1747,16 \pm 1402,15$) do estuário no rio Paraíba. No Estuário do Rio Mamanguape, este nutriente apresentou-se mais elevado nas regiões Polihalina ($313,83 \pm 122,20$) e Euhalina ($408,83 \pm 124,93$). Em relação aos valores de fósforo total, as zonas Mesohalina e Polihalina do Estuário do Rio Paraíba apresentaram os maiores valores ($668,88 \pm 25,14$; $710,00 \pm 18,55$). No estuário do Rio Mamanguape, os maiores valores de fósforo total foram encontrados na região Oligohalina ($284,44 \pm 284,84$) (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis físicas, químicas e composição granulométrica (%) (média e desvio padrão), mensurada em novembro de 2013, nos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape.

Variáveis Ambientais	Estuário do Rio Paraíba				Estuário do Rio Mamanguape			
	Oligohalino	Mesohalino	Polihalino	Euhalino	Oligohalino	Mesohalino	Polihalino	Euhalino
Profundidade	2,70 ± 1,32	1,66 ± 0,29	2,73 ± 0,07	6,00 ± 1,45	1,23 ± 0,30	2,41 ± 0,72	4,25 ± 2,26	2,65 ± 1,53
Salinidade	6,60 ± 2,70	11,53 ± 6,87	22,10 ± 0,65	35,63 ± 0,53	14,96 ± 1,10	20,86 ± 1,30	29,80 ± 0,52	36,66 ± 0,11
Turbidez (NTU)	84,60 ± 11,07	83,36 ± 18,22	100,13 ± 55,98	129,66 ± 107,69	59,50 ± 8,40	65,83 ± 23,25	121,50 ± 33,23	91,43 ± 16,37
TDS (g/L)	7,16 ± 2,72	10,24 ± 5,74	21,43 ± 0,55	32,33 ± 0,42	15,23 ± 1,05	20,33 ± 1,15	28,03 ± 0,41	33,13 ± 0,05
Nitrito (µg/L)	70,74 ± 53,56	158,14 ± 107,25	354,07 ± 0,64	36,11 ± 16,94	0,37 ± 0,64	2,96 ± 1,69	6,66 ± 1,92	12,96 ± 15,72
Nitrato (µg/L)	26,64 ± 10,53	43,04 ± 34,40	239,97 ± 380,44	29,36 ± 24,93	2,24 ± 3,89	6,79 ± 5,07	4,39 ± 6,86	39,17 ± 27,53
Amônia (µg/L)	392,16 ± 106,92	1747,16 ± 1402,15	3545,50 ± 67,63	368,83 ± 150,98	247,16 ± 71,47	253,83 ± 25,16	313,83 ± 122,20	408,83 ± 124,93
P-total (µg/L)	434,44 ± 270,17	668,88 ± 25,24	710,00 ± 18,55	153,88 ± 21,43	284,44 ± 284,84	113,33 ± 11,54	131,11 ± 10,71	115,55 ± 27,14
Clor-a (µg/L)	44,19 ± 18,71	18,27 ± 15,28	4,49 ± 1,18	1,27 ± 1,04	5,24 ± 4,02	2,24 ± 1,18	2,54 ± 0,68	0,89 ± 1,55
% Argila	2,53 ± 2,63	0,20 ± 0,21	1,68 ± 1,25	2,00 ± 1,38	0,70 ± 1,22	0,47 ± 0,82	0,24 ± 0,41	1,17 ± 1,13
% Silte	2,68 ± 3,11	1,86 ± 1,64	7,07 ± 3,77	6,89 ± 4,50	2,86 ± 3,27	5,04 ± 6,01	5,56 ± 4,85	5,04 ± 5,78
% Ar, fina	16,86 ± 9,17	43,41 ± 30,05	53,00 ± 12,16	24,41 ± 11,77	6,89 ± 6,76	26,69 ± 37,98	10,92 ± 13,61	15,55 ± 14,52
% Ar, média	27,54 ± 7,72	30,68 ± 10,84	23,41 ± 8,40	31,09 ± 14,41	50,25 ± 18,76	49,44 ± 19,98	70,25 ± 16,16	25,59 ± 7,47
% Ar, grossa	47,23 ± 21,70	22,22 ± 21,44	11,97 ± 5,89	30,11 ± 12,90	36,66 ± 21,75	15,16 ± 13,49	9,56 ± 4,69	46,30 ± 19,27
% Cascalho	2,84 ± 2,43	0,99 ± 1,73	2,51 ± 4,35	5,24 ± 4,92	3,37 ± 4,37	3,11 ± 2,99	3,36 ± 1,97	5,75 ± 6,30

3.2. Composição da comunidade de Poliquetas

A abundância total da comunidade de poliquetas foi de 5.923 indivíduos, divididos em 32 famílias e 52 gêneros (Anexo I), sendo 3.433 organismos encontrados no Estuário do Rio Paraíba e 2.490 organismos no Estuário do Rio Mamanguape. No Estuário do Rio Paraíba foram encontradas 29 famílias divididas em 48 gêneros, sendo as mais representativas: Nereididae (99,33%) na zona Oligohalina, Nereididae (88,24%) e Dorvilleidae (4,31%) na zona Mesohalina, Nereididae (60,46%) e Lumbrineridae (23,25%), na zona Polihalina e na zona Euhalina, destacam-se as famílias Lumbrineridae (9,12%), seguida da Sabellidae (8,97%), Cirratulidae (8,90%) e Goniadidae (8,76%).

Entre os gêneros, destaca-se *Laeonereis* (Hartman, 1945) encontrado nas zonas Oligohalina (99,06%), Mesohalina (87,76%) e Polihalina (58,91%). O gênero *Lumbrineris* (Blainville, 1828) foi encontrado nas zonas Polihalina (23,25%) e Euhalina (9,12%). Na zona Euhalina destacaram-se também os gêneros *Sabellaria* (Lamarck, 1818) (8,97%) e *Glycinde* (Muller, 1858) (8,76%) como os mais representativos.

No Estuário do Rio Mamanguape, encontramos um total de 28 famílias, distribuídas em 44 gêneros. A família mais representativa foi a Nereididae, encontrada em todas as zonas do estuário (98,44% - zona Oligohalina, 96,82% - zona Mesohalina, 16,90% - zona Polihalina, 67,10% - zona Euhalina). Destacamos ainda na zona

Polihalina, a família Orbiniidae (25,12%) e na zona Euhalina, as famílias Cirratulidae (10,55%) e Opheliidae (8,8%).

Entre os gêneros destacaram-se o *Laeonereis*, encontrado nas zonas Oligohalina (97,61%), Mesohalina (96,82%) e Euhalina (66,95%). Na zona Polihalina, encontramos os gêneros *Scoloplos* (Blainville, 1828) (25,12%) seguido do *Alitta* (Kinberg, 1865) (15,94). E ainda na zona Euhalina, encontramos os gêneros *Armandia* (Filippi, 1861) (8,8%), seguido do *Timarete* (Kinberg, 1866) (8,53%).

Verificamos que não houve diferenças significativas entre os estuários dos Rios Paraíba e Mamanguape e nem entre as zonas para cada um dos estuários (oligohalina, mesohalina, polihalina e euhalina), quando utilizada a matriz de dados baseada na abundância das famílias e gêneros dos poliquetas, ao analisarmos a PERMANOVA (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados da análise PERMANOVA utilizando como fatores os estuários (Estuário do Rio Paraíba (EP) e Estuário do Rio Mamanguape (EM) e as zonas para cada um dos estuários (Oligohalina (Oli), Mesohalina (Mes), Polihalina (Pol), Euhalina (Eu)) para os Poliquetas, baseado em gêneros e famílias, (utilizando similaridade de Bray-Curtis). DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= Fvalue; t = t test; P = probability level; P<0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;

Source	DF	MS	F	P	Unique perms
Gêneros					
EP X EM	1	2993,5	0,8751	0,5140	998
Res	25	3420,6			
Tot	26	88509			
Família					
EP x EM	1	2832,8	0,9245	0,4620	998
Res	25	3064,1			
Tot	26	79436			
Teste Post-hoc					
Gêneros	T	P	Família	T	P
EM			EM		
Oli x Mes	1,3880	0,220	Oli x Mes	1,3436	0,049
Oli x Pol	1,7974	0,114	Oli x Pol	1,6424	0,114
Oli x Eu	1,8459	0,094	Oli x Eu	1,8703	0,830
Mes x Pol	1,9949	0,094	Mes x Pol	1,7957	0,990
Mes x Eu	2,2311	0,099	Mes x Eu	2,2693	0,090
Pol x Eu	1,3122	0,100	Pol x Eu	1,3556	0,059
EP			EP		
Oli x Mes	1,4244	0,112	Oli x Mes	1,4260	0,133
Oli x Pol	1,7811	0,102	Oli x Pol	1,8973	0,100
Oli x Eu	2,7593	0,010	Oli x Eu	2,8195	0,020
Mes x Pol	1,0378	0,497	Mes x Pol	0,9790	0,387
Mes x Eu	2,1392	0,017	Mes x Eu	2,2132	0,068
Pol x Eu	1,5547	0,021	Pol x Eu	1,6074	0,041

3.3. Formação dos grupos baseados na comunidade de Poliquetas

A análise de agrupamento – cluster para a abundância numérica de família demonstrou que a comunidade de poliquetas apresentou um padrão de segregação, formando dois grupos: o grupo montante com 12 sites, formados em sua maioria pelos locais das zonas Oligohalina e Mesohalina com exceção do site 7P que é da zona Polihalina, (Pontos 4P, 4M, 1P, 3P, 2P, 3M, 5P, 1M, 6M, 2M, 7P e 5M) dos estuários do rio Paraíba e Mamanguape. E o grupo jusante formado pelas zonas Polihalina e Euahalina, com exceção do site 6P que é da zona Mesohalina com 15 locais do estuário do rio Paraíba e do Mamanguape, (Pontos: 12P, 8M, 13P, 9P, 14P, 15P, 8P, 10M, 6P, 7M, 12M, 10P, 11P, 9M e 11M) (Figura 2). Diferenças significativas foram observadas entre estes grupos (PSEUDO $F_{1,26} = 9,492$; $p = 0,001$).

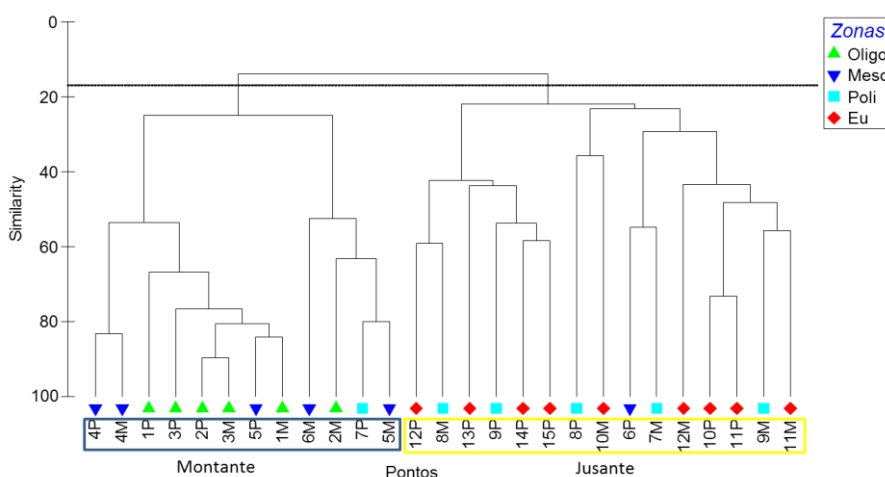


Figura 2: Dendrograma baseado na abundância numérica das famílias de Poliquetas dos Estuários do Rio Paraíba (P) e Mamanguape (M) e das diferentes zonas.

Ao realizar a análise ordenação baseada na abundância numérica de gêneros, observou-se a segregação de dois grupos distintos, o grupo montante formado pelas zonas Oligohalina e Mesohalina (Pontos de 1P a 9P e 1M a 6M) e o grupo jusante formado pelas zonas Polihalina e Euahalina (Pontos 10P a 15P e 7M a 12M) dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape. Diferenças significativas foram observadas entre esses grupos (PSEUDO $F_{1,26} = 10,437$; $p = 0,001$) (Figuras 3).

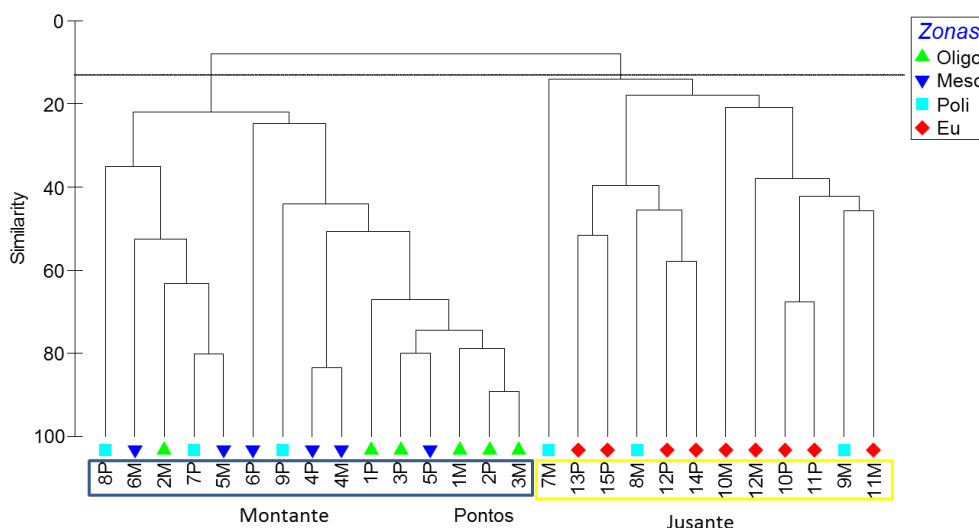


Figura 3: Dendrograma baseado na abundância numérica dos gêneros de Poliquetas dos Estuários do Rio Paraíba (P) e Mamanguape (M) e das diferentes zonas.

3.3.1 Resolução taxonômica

Quando se analisa as regiões a montante e a jusante dos estuários, para os critérios: riqueza, biomassa, abundância e índices de diversidade verifica-se que os maiores valores médios encontrados foram para a região a jusante dos estuários. A maior riqueza taxonômica encontrada foi de 21,33 taxa a jusante e 1,66 taxa a montante dos estuários (PSEUDO $F_{1,26} = 7,5872$; $p = 0,001$) para família e 26,66 taxa e 3,66 taxa, a jusante e a montante, respectivamente, para o nível de gênero (PSEUDO $F_{1,26} = 8,1858$; $p = 0,001$) (Figura 4). Para a diversidade de Shannon-Wiener, os valores encontrados foram 2,61 e 0,31, para família, nas regiões a jusante e a montante, respectivamente (PSEUDO $F_{1,26} = 23,71$; $p = 0,001$). Para gênero, os valores foram de 2,8 para jusante e 0,74 para montante (PSEUDO $F_{1,26} = 8,4915$; $p = 0,001$).

Para o índice de Margalef, os valores encontrados para o nível de família foram 3,88, para a região a jusante e 0,19 para montante (PSEUDO $F_{1,26} = 15,358$; $p = 0,001$). No nível de gênero, o valor para jusante foi de 4,90 e a montante de 1,14 (PSEUDO $F_{1,26} = 6,5893$; $p = 0,002$) (Figura 4). Para a estimativa da biomassa, o valor mais elevado observado foi de $0,006918 \text{ gm}^{-2}$, para a região a jusante do estuário e de $0,005965 \text{ gm}^{-2}$, para montante, quando avaliamos os níveis de família e gênero (PSEUDO $F_{1,26} = 3,5564$; $p = 0,001$).

Por fim, a distribuição total de poliquetas na região a montante foi de 2.941 indivíduos e a jusante foi de 2.982 organismos (Anexo I). Diferenças significativas foram encontradas tanto para o nível de família (PSEUDO $F_{1.26} = 4,931$; $p = 0,001$) quanto de gênero (PSEUDO $F_{1.26} = 4,496$; $p = 0,001$) para as regiões avaliadas.

Na análise da SIMPER, quando avaliada a comunidade utilizando a matriz de dados biológicos baseados na abundância das famílias encontradas, percebeu-se a dominância da família Nereididae, que contribuiu 98,19% no grupo a montante. No grupo a jusante, a família Goniadidae apresentou valor de 17,47% de contribuição, seguida de Lumbrineridae (14,19%), Nereididae (13,23%) e Capitellidae (10,61%). O valor da dissimilaridade entre estes grupos foi de 87,70%. Desse modo, optou-se por remover a família Nereididae, por esta ser composta de organismos generalistas/dominantes para poder avaliar a contribuição das demais famílias para as regiões montante e jusante dos estuários.

Sem a família Nereididae, pelos resultados da SIMPER a família mais representativa do grupo a montante passou a ser a Spionidae, com 54,23%, seguido da família Cirratulidae, com 38,12%. O grupo a jusante foi representado pela família Goniadidae (20,12%), seguida de Lumbrineridae (16,04%), Capitellidae (12,59%), Cirratulidae (10,36%) e Orbiniidae (9,59%) (Tabela 3). O valor de dissimilaridade entre áreas foi de 94,23%.

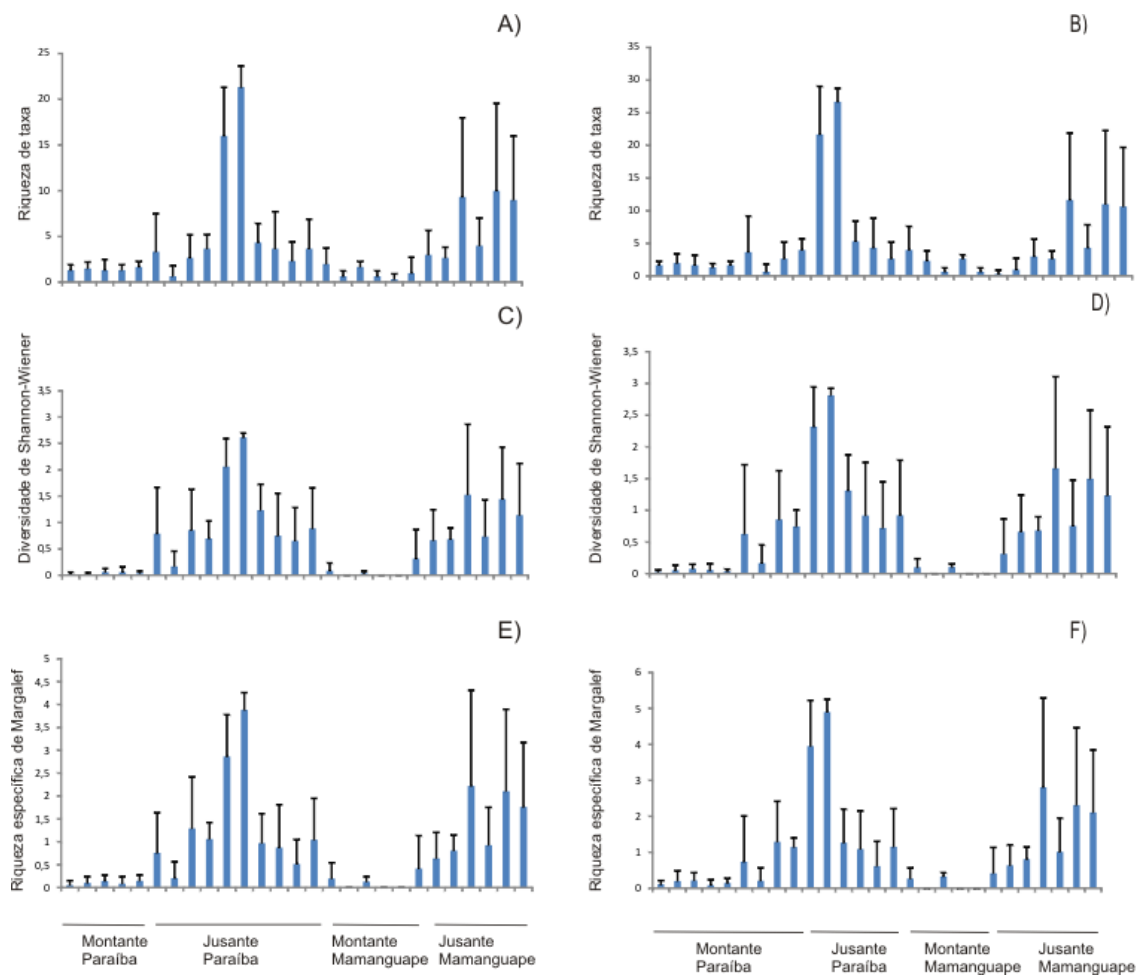


Figura 4: Valores médios para famílias e gêneros da comunidade de poliquetas, coletados nos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, Brasil, apresentando os valores de riqueza de taxa (A e B), Índices de diversidade de Shannon-Wiener (C e D), riqueza específica de Margalef (E e F), coletados em novembro de 2013. Figuras A, C e E representa as famílias e as Figuras B, D e F representam os gêneros.

Tabela 3: Abundância média das famílias de Poliquetas que contribuíram com 90% de similaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER) entre os grupos montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, coletados no mês de novembro de 2013, Brasil. (Av. abund: abundância média, Av. Sim = similaridade média; Contrib%: percentual de contribuição; Cum%: percentual acumulado).

Famílias Montante	Av.Abund	Av.Sim	Contrib%	Cum.%
Spionidae	0,19	4,10	54,23	54,23
Cirratulidae	0,23	2,88	38,12	92,35
Famílias Jusante				
Goniadidae	1,49	5,39	20,12	20,12
Lumbrineridae	1,33	4,30	16,04	36,16
Capitellidae	1,26	3,37	12,59	48,75
Cirratulidae	1,59	2,78	10,36	59,11
Orbiniidae	1,17	2,57	9,59	68,70
Phyllodocidae	0,89	1,58	5,90	74,60
Polynoidae	0,68	1,13	4,20	78,80
Sternaspidae	0,55	0,68	2,53	81,33
Onuphidae	0,86	0,67	2,51	83,84
Sabellidae	0,57	0,67	2,49	86,34
Dorvilleidae	0,73	0,65	2,44	88,78
Spionidae	0,75	0,59	2,20	90,98

Quando avaliada a tabela do SIMPER para gênero verifica-se a influência continua do gênero *Laeonereis* (94,85%), representante da família Nereididae, no grupo a montante dos estuários. Para o grupo a jusante, os gêneros que mais contribuíram foram: *Lumbrineris* (18,18%), *Glycinde* (15,33%), *Scoloplos* (11,59%) e *Chaetozone* (Malmgren, 1867) (6,75%). Da mesma forma, optou-se por remover o gênero *Laeonereis* para uma melhor avaliação da distribuição dos demais grupos.

Assim, os gêneros mais representativos para o grupo a montante foram o *Alitta* (54,85%) e *Chaetozone* (13,86%) de contribuição. E os gêneros *Lumbrineris* (17,86%), *Glycinde* (15,36%), *Scoloplos* (11,67%) e *Chaetozone* (6,95%) foram os mais representativos para o grupo a jusante (Tabela 4). A dissimilaridade entre as áreas foi de 93,24%.

Tabela 4: Abundância média dos gêneros de Poliquetas que contribuíram com 90% de similaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER) entre os grupos montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, Brasil. (Av. abund: abundância média, Av. Sim = similaridade média; Contrib%: percentual de contribuição; Cum%: percentual acumulado).

Gêneros Montante	Av.Abund	Av.Sim	Contrib%	Cum.%
<i>Alitta</i>	0,33	3,30	54,85	54,85
<i>Chaetozone</i>	0,15	0,83	13,86	68,71
<i>Glycinde</i>	0,32	0,74	12,29	81,00
<i>Sigambra</i>	0,19	0,27	4,56	85,57
<i>Capitella</i>	0,16	0,26	4,34	89,91
<i>Scoelepis</i>	0,08	0,23	3,87	93,78
Gêneros Jusante				
<i>Lumbrineris</i>	1,51	4,72	17,86	17,86
<i>Glycinde</i>	1,63	4,06	15,36	33,22
<i>Scoloplos</i>	1,52	3,09	11,67	44,88
<i>Chaetozone</i>	1,18	1,84	6,95	51,84
<i>Timarete</i>	1,53	1,76	6,66	58,50
<i>Eunoe</i>	0,85	1,32	4,98	63,48
<i>Leiocapitella</i>	1,04	1,31	4,94	68,42
<i>Streblospio</i>	0,73	1,07	4,05	72,47
<i>Manayunkia</i>	0,69	0,80	3,04	75,47
<i>Diopatra</i>	0,76	0,49	1,87	77,38
<i>Sternaspis</i>	0,84	0,49	1,86	79,23
<i>Armandia</i>	0,85	0,46	1,73	80,97
<i>Dorvillea</i>	0,77	0,40	1,50	82,47
<i>Scoelepis</i>	0,83	0,34	1,29	83,76
<i>Glycera</i>	0,38	0,34	1,28	85,04
<i>Kinbergonuphis</i>	0,33	0,33	1,24	86,28
<i>Eumida</i>	0,51	0,31	1,16	87,45
<i>Phyllodoce</i>	0,47	0,29	1,10	88,55
<i>Capitella</i>	0,37	0,28	1,07	89,62
<i>Mediomastus</i>	0,28	0,26	0,98	90,59

A DistLM demonstrou que as variáveis direcionadoras para a distribuição da comunidade de poliquetas, quando baseadas as análises ao nível taxonômico de família, foram a salinidade, sólidos totais dissolvidos e cascalho ($R^2 = 0,67$; AIC = 213,57). No entanto as variáveis que foram significativas pelo Marginal Tests foram: salinidade, sólidos totais dissolvidos e clorofila-a (Tabela 5). Quando realizadas estas mesmas análises utilizando o nível taxonômico de gênero, as variáveis direcionadoras foram as mesmas observadas para família (salinidade, sólidos totais dissolvidos e cascalho) ($R^2 = 0,68$; AIC = 215,80). No entanto as variáveis que foram significativas pelo Marginal Test foram salinidade, sólidos totais dissolvidos, clorofila-a e fósforo total. (Tabela 5).

Tabela 5: Resultados do Marginal Teste da Análise de Redundância (DistLM) baseado no critério AIC e no procedimento BEST, para as variáveis ambientais coletadas no período de novembro de 2013, relacionadas com as famílias e os gêneros de Poliquetas dos sites montante e jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape/Brasil ($p \leq 0,05$).

Variáveis/ Família	SS (trace)	Pseudo-F	P
Salinidade	18501	7,5904	0,001
Sólidos totais dissolvidos	19130	7,9306	0,001
Clorofila-a	15431	6,0273	0,001
Variáveis/ Gênero			
Salinidade	20441	7,4932	0,001
Sólidos totais dissolvidos	21079	7,8149	0,001
Clorofila-a	16179	5,592	0,001
Fósforo total	6891,2	2,1108	0,044

Os dois primeiros eixos da dbRDA explicaram 67,6% da relação observada entre as famílias de poliquetas e as variáveis ambientais, e 46,9% da variabilidade total nos dados das famílias de Poliquetas (Figura 5). O site 7P apresentou uma maior correlação com a região a montante, quando analisado os sites e a comunidade de forma concomitante. O primeiro eixo está positivamente correlacionado com a clorofila-a (0,442) e negativamente relacionado com salinidade (-0,437), sólidos totais dissolvidos (-0,502) e nitrito (-0,408), o segundo eixo está positivamente relacionado com o nitrato (0,542), silte (0,369) e areia média (0,360) e negativamente correlacionado com fósforo total (- 0,321).

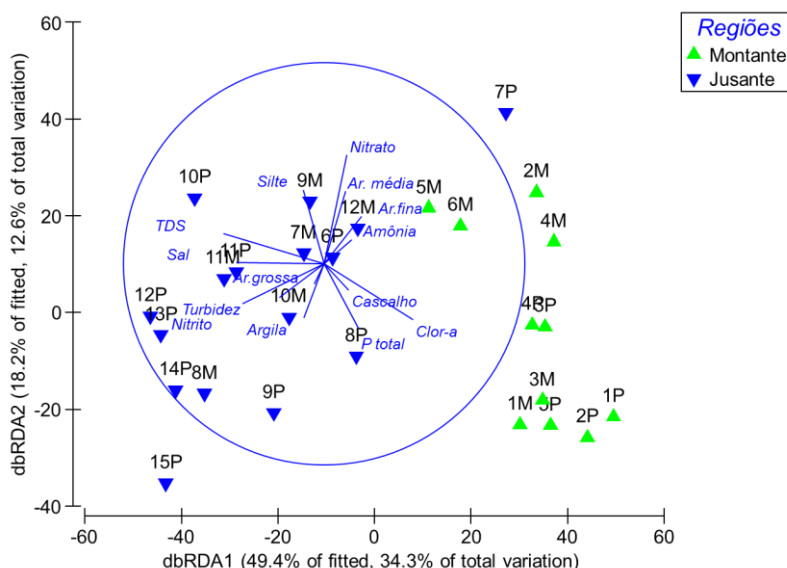


Figura 5: Diagrama dos dois primeiros eixos da dbRDA (Análise de Redundância Baseada em Distância) baseados nas famílias de Poliquetas e nas variáveis ambientais coletadas no período de novembro de 2013 para as regiões montante e jusante dos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape – Brasil. Sal (Salinidade), Ar.grossa (Areia grossa), Ar. Média (Areia média), Ar. Fina (Areia fina), TDS (Sólidos totais dissolvidos), P total (Fósforo total), Clor-a (Clorofila-a). P (Estuário do Paraíba), M (Estuário do Mamanguape).

Ao avaliar os dois primeiros eixos da dbRDA utilizando gêneros de poliquetas e as variáveis ambientais a explicação foi de 63,0% da relação observada e 43,9% da variabilidade total nos dados (Figura 6). O primeiro eixo está positivamente correlacionado com clorofila-a (0,398), e negativamente relacionado com sólidos totais dissolvidos (-0,545), salinidade (-0,445) e nitrito (-0,355) enquanto o segundo eixo está positivamente correlacionado com nitrato (0,589), silte (0,381), areia média (0,304) e negativamente correlacionado com clorofila-a (-0,291) e fósforo total (-0,286).

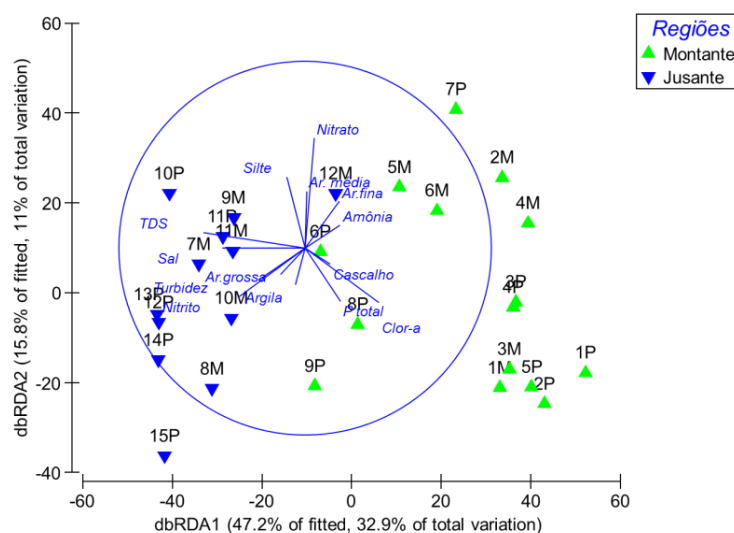


Figura 6: Diagrama dos dois primeiros eixos da dbRDA (Análise de Redundância Baseada em Distância) baseados nos gêneros de Poliquetas e nas variáveis ambientais coletas no período de novembro de 2013, para as regiões montante e jusante dos Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape – Brasil. Sal (Salinidade), Ar.grossa (Areia grossa), Ar. Média (Areia média), Ar. Fina (Areia fina), TDS (Sólidos totais dissolvidos), P total (Fosforo total), Clor-a (Clorofila-a). P (Estuário do Paraíba), M (Estuário do Mamanguape).

4. Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que, para este período de amostragem, utilizando a comunidade de poliquetas, os níveis taxonômicos de família e gênero, foram suficientes em detectar as diferenças ambientais a que os estuários estão submetidos, em função dos seus usos e ocupação do solo. No entanto, para os grupos formados (montante e jusante, independente do estuário) diferenças foram observadas nos dois níveis taxonômicos. Os maiores valores, para família e gênero, de abundância, riqueza de taxa, biomassa e dos índices de diversidade de Margalef e de Shannon-Wiener, foram observados a jusante dos estuários, locais onde ocorreram os maiores valores das variáveis químicas que indicam impacto, bem como regiões caracterizadas pela agricultura intensiva, aquicultura, além do aporte dos efluentes urbanos das comunidades localizadas a margem dos estuários. Assim, observamos que tanto o nível de resolução de família quanto de gênero foi eficiente em capturar a condição ambiental a que as regiões, dos estuários, estão submetidas. O fato dos locais a jusante apresentarem uma elevada riqueza taxonômica e dos índices de diversidade não implica, neste caso, que estes locais apresentem-se mais íntegros. Torna-se importante observar

que as famílias e/ou gêneros que mais contribuíram são representados por organismos indicadores de locais impactados. Dentro deste contexto, se aceita a hipótese de trabalho, visto que o nível de família foi suficiente em capturar as respostas das mudanças no ambiente estuarino com distintos níveis de impactos antrópicos. No entanto, o nível de gênero apresentou resposta um pouco mais sensível às mudanças das condições ambientais (variáveis químicas – fósforo total) como demonstrado pela DistLM.

Ao observar os resultados da SIMPER, para a região a montante, a contribuição de poliquetas foi de apenas duas famílias (Spionidae e Cirratulidae). Mas, para o nível de gênero, a contribuição foi de seis gêneros, representados por seis famílias distintas. Para a região a jusante, a representação de famílias e gêneros foi semelhante e ambos apresentam tolerâncias a ambientes impactados.

Apesar de alguns gêneros responderem às variações de forma semelhante ao nível de família, como por exemplo, o gênero *Laeonereis*, encontrado em toda a extensão dos dois estuários, destacando-se por suas altas densidades em áreas com maior enriquecimento orgânico e baixas taxas de salinidade, níveis taxonômicos mais específicos podem responder às alterações ambientais de maneiras distintas (Pearson and Rosenberg, 1978). Os gêneros *Alitta*, pertencente à família Nereididae, *Chaetozone*, família Cirratulidae e *Glycinde*, família Goniadidae apresentaram os maiores valores de abundância numérica na porção a montante do estuário. Estes gêneros são comumente encontrados em ambientes com elevados valores de nutrientes, caracterizando-os como tolerantes a determinados graus de enriquecimento orgânico (Pearson and Rosenberg, 1978). A família Cirratulidae é classificada como oportunista presente em zonas rasas e sedimentos enriquecidos organicamente (Fauchald and Jumars, 1979; Ambrose Jr, 1993). A família Spionidae, representada pelo gênero *Scolecopsis*, bem como os gêneros *Capitella* e *Mediomastus*, pertencentes à família Capitellidae estão associadas a locais enriquecidos organicamente e em praias impróprias para banho, porém, algumas espécies desses gêneros apresentam tolerância e sensibilidade diferenciadas (Amaral et al., 1998). No entanto, as famílias Capitellidae, Spionidae e Cirratulidae, independente dos gêneros, podem ser designadas como tolerantes a mudanças nas condições ambientais (Pearson and Rosenberg, 1978; Dauvin and Ruellet, 2007). Na região a jusante dos estuários foi encontrado o gênero *Lumbrineris*. Este gênero é geralmente encontrado em fundos lodosos ao longo da costa sul e sudeste brasileira, independente da qualidade hídrica, mas estando associado aos valores mais elevados de salinidade

(Camargo and Lana, 1994). Porém, há uma dificuldade em encontrar um gênero de poliquetas como um indicador de ambientes não impactados, pois cada região geográfica parece responder de maneira própria às condições ambientais e assim as respostas dos poliquetas nos estuários poderão ser diferenciadas (Rocha et al., 2013).

As diferenças nas condições ambientais observadas pelos distintos usos do solo nas regiões a montante e a jusante dos estuários, ocasionam uma diferença na diversidade e riqueza que impulsiona um aumento na dominância e abundância de certos organismos, principalmente poliquetas oportunistas/generalistas, como as famílias Nereididae e Cirratulidae (Gray and Elliot, 2009).

Alguns trabalhos, em ecossistemas tropicais, indicaram que o uso do nível de família demonstrou diferenças na abundância e na composição da comunidade de poliquetas quando avaliados sítios poluídos e não poluídos, afirmando que nenhuma informação importante foi perdida devido ao uso de um nível taxonômico diferente de espécie (família ou gênero), indicando a sensibilidade desse nível taxonômico na detecção das alterações da condição ambiental dos ecossistemas (Mendes et al., 2007; Muniz and Pires-Vanin, 2005; Soares-Gomes et al., 2012). Outros autores, em ambientes temperados, afirmaram que o nível de família foi suficiente em perceber alterações ambientais através de escalas temporais, pois o padrão de sensibilidade foi mesmo seguido pelos gêneros e espécies avaliadas (Bertasi et al., 2009; Del-Pilar-Ruso et al., 2014).

Em relação à utilização da suficiência taxonômica, apesar dos dados demonstrarem que não houve perdas de informações quando avaliamos o ambiente baseado nas famílias e gêneros de poliquetas, é necessário cautela quanto ao nível taxonômico a ser utilizado, devendo ser adequado ao objetivo do estudo (Terlizzi et al., 2003), pois esta metodologia pode ocasionar erros de classificação ambiental, devido a características específicas encontradas em níveis taxonômicos mais restritos (Rosenberg et al., 2004). A utilização de diferentes níveis taxonômicos (família ou gêneros) para avaliar impactos antropogênicos, especialmente gradientes de poluição, tornou-se uma metodologia mais apreciada devido à redução do tempo de processamento de amostras, minimização dos erros de identificação e diminuição dos gastos (Vanderklift et al., 1996). Em geral, as variações das condições ambientais ocasionadas por impactos antropogênicos em ecossistemas aquáticos são de elevada magnitude e podem ser detectados quando analisamos distintos níveis taxonômicos (Dauvin et al., 2003).

5. Conclusão

Para o período de amostragem avaliado, tanto o nível taxonômico de família quanto de gênero foram suficientes em detectar alterações ambientais. Apesar de não haver perdas de informações ao nível de família, o nível taxonômico de gênero demonstrou ser um pouco mais sensível às mudanças das condições no ambiente. No entanto, mais estudos tanto a nível temporal quanto espacial são necessários para uma avaliação mais precisa, para que a utilização dos diferentes níveis taxonômicos seja adotada de maneira cautelosa e se adeque ao objetivo do trabalho.

6. Referências

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2011. Chuvas acumuladas no ano no município de Rio Tinto-PB de 01/01/2011 a 31/10/2011. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pageNumber=4>>. Acesso em 23 abril 2014.
- Alves, R.R.N., Nishida, A.K., 2003. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura), no estuário do Rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. *Interciencia* 28: 36-43.
- Amaral, A.C., Nonato, E.F., 1996. Annelida Polychaeta - características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. Campinas, SP: Editora da UNICAMP. 124p.
- Amaral, A.C., Morgado, E.H.; Salvador, L.B., 1998, Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. *Revista Brasileira de Biologia*, 58 (2):307-316.
- Amaral, A.C.Z., Nallin, S.A.H., Steiner, T.M., Forroni, T.O., Gomes Filho, D., 2006. Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil. Catálogo das espécies dos Annelida Polychaeta do Brasil.
- Ambrose Jnr., W.G., 1993. Effects of predation and disturbance by ophiuroids on soft-bottom community structure in Oslofjord: results of a mesocosm study. *Marine Ecology Progress Series*, 97: 225-236.
- Anderson, M.J., 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58:626-639.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E. Plymouth.

APHA, Awwa. Wef., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, v. 8000, p. 94-100.

Bertasi, F., Colangelo, M.A., Colosio, F., Gregorio, G., Abbiati, M., Ceccherelli, V.U., 2009. Comparing efficacy of different taxonomic resolutions and surrogates in detecting changes in soft bottom assemblages due to coastal defence structures. *Marine Pollution Bulletin*, 58(5), 686-694.

Bevilacqua, S. Frascchetti, S. Musco, L. Guarnieri, G. Terlizzi, A., 2011. Low sensitiveness of taxonomic distinctness indices to human impacts: Evidences across marine benthic organisms and habitat types. *Ecological Indicators* 11, 448–455.

Brown, A.C., Mclachland, A., 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam, 328 pp.

Camargo, M.G., Lana, P.C., 1994. Lumbrineridae (Annelida: Polychaeta) da costa sul e sudeste do Brasil. III. Padrões regionais e zoogeográficos de distribuição. *Nerítica*, 8(1), 21-30.

Dauvin J.C., Gomez Gesteria J.L., Salvande Fraga M., 2003. Taxonomic sufficiency: an overview of its use in the monitoring of sublittoral benthic communities after oil spill. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 552–555.

Dauvin, J.C., Ruellet, T., 2007. Polychaete/amphipod ratio revisited. *Marine Pollution Bulletin* 55, 215–224.

Del-Pilar-Ruso, Y., De-la-Ossa-Carretero, J.A., Loya-Fernández A., Ferrero-Vicente, L. M., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J.L. 2009. Assessment of soft-bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and brine discharges. *Baseline / Marine Pollution Bulletin* 58, 765–786.

Del-Pilar-Ruso, Y., de-la-Ossa-Carretero, J.A., Giménez-Casalduero, F., Sánchez-Lizaso, J. L., San Martín, G. 2014. Checking the concurrence among macrobenthic organism distribution patterns at different taxonomic scales in relation to environmental factors. *Journal of Sea Research*, 86, 49-57.

Ellis, D. 1985. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 16, 442–461.

Elliott, M., Mclusky, D.S., 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55, 815–827.

Fauchald, K., Jumars, P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 17, 193–284.

Guedes, L. da S., Amaro, V.E., Vital, H. 2011. Caracterização da morfologia de fundo da porção estuarina do canal do Rio Paraíba do Norte por meio do Sonar de Varredura Lateral e do Ecobatímetro. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.3538-3544.

Gray, J.S., Elliot, M., 2009. Ecology of Sediments. From Science to Management. Oxford University Press, New York (225 pp.).

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=250750>. Acesso: 08 de setembro de 2014.

Lorenzen, C.J., 1967. Determination of chlorophyll and phaeophytin: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, v.12, p.343-346.

Margalef, R., 1969. Perspectives in Ecological Theory. The University of Chicago Press. Chicago. 111p.

Marcelino, R.L., Sassi, R., Cordeiro, T.A., Costa, C.F., 2005. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do Estuário do Rio Paraíba do Norte, estado da Paraíba. *Tropical Oceanography*. 33 (2): 183-197.

Mendes, C.L.T., Tavares, M., Soares-Gomes, A., 2007. Taxonomic sufficiency for a softbottom sublittoral mollusks assemblages in a tropical estuary, Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 54, 377–384.

Mourão, J. da S.; Nordi, N., 2003. Etnoictiologia de pescadores artesanais do Estuário do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *B. Inst. Pesca, São Paulo*, 29(1): 9 - 17.

Muniz, P., Pires-Vanin, A.M.S., 2005. More about taxonomic sufficiency: a case study in a subtropical bay moderately affected by urban sewage. *Ocean Sci. J.* 40, 127–143.

Nishida, A.K.; Nordi, N.; Alves, R.R.N., 2004. Abordagem etnoecológica da coleta de moluscos no litoral paraibano. *Tropical Oceanography, Recife*: 32(1):53-68.

Osgard, F.; Somerfield, P.J., 2000. Surrogates in marine benthic investigations – Which taxonomic unit to target? *Journal Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 7: 25-42.

Passos, F.J. de; Lyra, C.F., 2007. Caracterização da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos do Estuário do Rio Minho – Sua Relação com a Distribuição de Poluentes no Sedimento. Dissertação submetida à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada.

Pearson T.H., Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution in the marine environment. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 16, 229–311.

Pires-Vanin, A.M.S., Muniz, P.; Léo, F.C. de.; 2011. Benthic macrofauna structure in the northeast area of Todos os Santos Bay, Bahia State, Brazil: Patterns of spatial and seasonal distribution. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59 (1):27-42.

Pocklington, P., Wells, P.G., 1992. Polychaetes. Key taxa for marine environmental quality monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 24, 593–598.

- Rocha, M.B.; Silva, E.M.; Riascos, N.E.S.; 2013. Avaliação da influência da oxigenação e da qualidade do sedimento sobre a sobrevivência de *Scolecopsis chilensis* (Spionidae: Polychaeta) da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. *Biotemas*, 26 (4): 85-92.
- Rosenberg, R., Blomqvist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H., Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 49, 728–739.
- Salas, F., Marcos, C., Neto, J.M., Patricio, J., Perez-Ruzafa, A., Marques, J.C., 2006. User-friendly guide for using benthic ecological indicators in coastal and marine quality assessment. *Ocean Coast. Manage.* 49, 308–331.
- Shannon, C.E., Weiner, W. 1963 *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Chicago. 117p.
- Silva, A.F. 2006. Caracterização da macrofauna bentônica de bancos areno-lamosos dos estuários dos Rios Pacoti e Pirangi - Ceará, Brasil. Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará.
- Silva, E.L., Conserva, M., de S., Oliveira, P.A., 2011. Socioecologia do processo de trabalho das pescadoras artesanais do Estuário do Rio Paraíba. *Ecologi@* 3: 44-56.
- Soares-Gomes, A., Mendes, C.L.T., Tavares, M., Santi, L., 2012. Taxonomic sufficiency of polychaete taxocenes for estuary monitoring. *Ecological Indicators*, 15(1), 149-156.
- SUDEMA, 2011. Superintendência de Administração do Meio Ambiente http://www.sudema.pb.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=754&Itemid=100051. Acesso em: 08 de setembro de 2014.
- Surugiu, V., 2005. The use of polychaetes as indicators of eutrophication and organic enrichment of coastal waters: a study case – Romanian Black Sea Coast. *Analele Științifice ale Universității “Al.I. Cuza” Iași*, s. Biologie animală, 55-62.
- Terlizzi, A., Bevilacqua, S., Fraschetti, S., Boero, F. 2003. Taxonomic sufficiency and the increasing insufficiency of taxonomic expertise. *Marine Pollution Bulletin* 46: 556 – 561.
- Vanderklift M.A., Ward T.J., Jacoby C.A., 1996. Effect of reducing taxonomic resolution on ordinations to detect pollution-induced gradients in macrobenthic infaunal assemblages. *Marine Ecology Progress Series*, 136, 137–145.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 3ª Edição. Estados Unidos.
- Zuur, A.F, Ieno, E.N., Smith, G.M. 2007. *Analysing ecological data*. Berlin: Springer Verlag, 672 p.

Anexo I:

Composição de famílias e gêneros, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), porcentagem de ocorrência (% de ocor) e biomassa (biom - g PSLCm⁻²) dos Poliquetas, para as regiões montante e jusante dos estuários amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro.

	Montante			Jusante		
	Abund	% de ocor	Biom	Abund	% de ocor	Biom
Ampharetidae	1	0.03	0.000003	14	0.47	0.00011
<i>Isolda</i> Mueller, 1858	1	0.03	0.000003	14	0.47	0.00011
Capitellidae	10	0.34	0.00503	144	4.83	0.00198
<i>Capitella</i> Blainville, 1828	6	0.20	0.00500	14	0.47	0.00002
<i>Capitomastus</i> Eisig de 1887	0	0.00	0.00000	88	2.95	0.00025
<i>Heteromastus</i> Eisig, 1887	3	0.10	0.00003	9	0.30	0.00004
<i>Mediomastus</i> Hartmann, 1944	0	0.00	0.00000	31	1.04	0.00023
<i>Leiocapitella</i> Hartman, 1947	1	0.03	0.00000	0	0.00	0.00000
<i>Notomastus</i> Sars, 1850	0	0.00	0.00000	2	0.07	0.00145
Chaetopteridae	0	0.00	0.00000	3	0.10	0.00002
<i>Spiochaetopterus</i> Sars, 1853	0	0.00	0.00000	3	0.10	0.00002
Cirratulidae	9	0.31	0.00003	284	9.52	0.00152
<i>Chaetozone</i> Malmgren, 1867	3	0.10	0.00001	197	6.61	0.00058
<i>Timarete</i> Kinberg, 1866	6	0.20	0.00002	87	2.92	0.00094
Dorvilleidae	18	0.61	0.00001	74	2.48	0.00124
<i>Dorvillea</i> Parfitt, 1866	18	0.61	0.00001	74	2.48	0.00124
Glyceridae	0	0.00	0.00000	17	0.57	0.00029
<i>Glycera</i> Savigny, 1818	0	0.00	0.00000	17	0.57	0.00029
Goniadidae	21	0.71	0.00544	143	4.80	0.00114
<i>Glycinde</i> Muller, 1858	21	0.71	0.00544	143	4.80	0.00114
Longosomatidae	0	0.00	0.00000	10	0.34	0.00002
<i>Heterospio</i> Ehlers, 1874	0	0.00	0.00000	10	0.34	0.00002
Lumbrineridae	30	1.02	0.00000	152	5.10	0.00303
<i>Lumbrineris</i> Blainville, 1828	30	1.02	0.00000	152	5.10	0.00303
Magelonidae	0	0.00	0.00000	41	1.37	0.00110
<i>Mageloma</i> F. Müller, 1858	0	0.00	0.00000	41	1.37	0.00110
Maldanidae	0	0.00	0.00000	38	1.27	0.00118
<i>Clymenella</i> Verrill, 1873	0	0.00	0.00000	38	1.27	0.00118
Nephytidae	0	0.00	0.00000	3	0.10	0.00009
<i>Inermonephtys</i> Fauchald, 1968	0	0.00	0.00000	3	0.10	0.00009
Nereididae	2816	95.75	0.01714	1004	33.67	0.00321
<i>Allita</i> Kinberg, 1865	13	0.44	0.00046	39	1.31	0.00034
<i>Ceratonereis</i> Kinberg, 1865	2	0.07	0.00002	26	0.87	0.00030
<i>Laeonereis</i> Hartman, 1945	2801	95.24	0.01666	939	31.49	0.00257
Onuphidae	5	0.17	0.00000	120	4.02	0.00309
<i>Diopatra</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	0	0.00	0.00000	66	2.21	0.00247
<i>Kinbergonuphi</i> Fauchald, 1982	0	0.00	0.00000	51	1.71	0.00062
<i>Onuphis</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	5	0.17	0.00006	3	0.10	0.00002
Ophellidae	7	0.24	0.00000	122	4.09	0.00072

Continuação: Composição de famílias e gêneros, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), porcentagem de ocorrência (% de ocor) e biomassa (biom - g PSLCm⁻²) dos Poliquetas, para as regiões montante e jusante dos estuários amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro.

<i>Armandia</i> Filippi, 1861	7	0.24	0.00000	122	4.09	0.00072
Orbinidae	1	0.03	0.00000	136	4.56	0.00325
<i>Scoloplos</i> Blainville, 1828	1	0.03	0.00000	136	4.56	0.00325
Owenidae	0	0.00	0.00000	41	1.37	0.00178
<i>Owenia</i> Delle Chiaje, 1844	0	0.00	0.00000	41	1.37	0.00178
Paraonidae	3	0.10	0.00002	6	0.20	0.00002
<i>Aricidea</i> Webster, 1879	3	0.10	0.00002	6	0.20	0.00002
Pectinaridae	0	0.00	0.00000	8	0.27	0.00013
<i>Pectinaria</i> Savigny, 1818	0	0.00	0.00000	8	0.27	0.00013
Phyllodocidae	1	0.03	0.00000	87	2.92	0.00026
<i>Eumida</i> Malmgren, 1865	0	0.00	0.00000	27	0.91	0.00005
<i>Phyllodoce</i> Lamarck, 1818	1	0.03	0.00000	25	0.84	0.00001
<i>Protomystides</i> Czerniavsky, 1882	0	0.00	0.00000	24	0.80	0.00011
<i>Hypereteone</i> Bergström, 1914	0	0.00	0.00000	11	0.37	0.00009
Pilargidae	11	0.37	0.00004	13	0.44	0.00003
<i>Sigambra</i> Müller, 1858	10	0.34	0.00003	1	0.03	0.00000
<i>Synelmis</i> Chamberlin, 1919	0	0.00	0.00000	2	0.07	0.00001
<i>Paradoneis</i> Hartman, 1965	1	0.03	0.00000	10	0.34	0.00002
Poeciochaetidae	0	0.00	0.00000	5	0.17	0.00001
<i>Poecilocheatus</i> Claparède, 1875	0	0.00	0.00000	5	0.17	0.00001
Polinoidae	1	0.03	0.00002	58	1.95	0.00101
<i>Eunoe</i> Malmgren, 1866	1	0.03	0.00002	58	1.95	0.00101
Sabellariidae	0	0.00	0.00301	127	4.26	0.00008
<i>Sabellaria</i> Lamarck, 1818	0	0.00	0.00301	127	4.26	0.00008
Sabellidae	0	0.00	0.00000	48	1.61	0.00027
<i>Manayunkia</i> Manayunkia Leidy, 1859	0	0.00	0.00000	46	1.54	0.00009
<i>Pseudobranchiomma</i> Jones, 1962	0	0.00	0.00000	2	0.07	0.00017
Serpullidae	0	0.00	0.00000	28	0.94	0.00007
<i>Hydróides</i> Gunnerus, 1768	0	0.00	0.00000	28	0.94	0.00007
Sigalionidae	0	0.00	0.00000	5	0.17	0.00014
<i>Sthenelanelia</i> Malmgren, 1867	0	0.00	0.00000	5	0.17	0.00014
Spionidae	6	0.20	0.00003	110	3.69	0.00082
<i>Dipolydora</i> Verrill, 1881	1	0.03	0.00001	16	0.54	0.00041
<i>Scolecopsis</i> Blainville, 1828	2	0.07	0.00002	93	3.12	0.00041
<i>Spiophanes</i> Grube, 1860	0	0.00	0.00000	1	0.03	0.00001
<i>Streblospio</i> Webster, 1879	3	0.10	0.00000	0	0.00	0.00000
Sternaspidae	0	0.00	0.00000	45	1.51	0.00019
<i>Sternaspis</i> Otto, 1821	0	0.00	0.00000	45	1.51	0.00019
Syllidae	0	0.00	0.00000	80	2.68	0.00019
<i>Exogone</i> Örsted, 1845	0	0.00	0.00000	72	2.41	0.00014
<i>Typosyllis</i> Langerhans, 1879	0	0.00	0.00000	8	0.27	0.00005
Terebellidae	1	0.03	0.00000	12	0.40	0.00045
<i>Nicolea</i> Malmgren, 1866	1	0.03	0.00000	12	0.40	0.00045

Continuação: Composição de famílias e gêneros, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), porcentagem de ocorrência (% de ocor) e biomassa (biom - g PSLCm⁻²) dos Poliquetas, para as regiões montante e jusante dos estuários amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro.

Trochochaetidae	0	0.00	0.00000	4	0.13	0.00001
<i>Trochocaeta</i> Levinsen, 1884	0	0.00	0.00000	4	0.13	0.00001
Total	2941	100	0.03082	2982	100	0.02741

CAPÍTULO II

Utilização comparativa de indicadores ecológicos baseados na Termodinâmica e diversidade da comunidade bentônica na avaliação da condição ecológica de estuários tropicais

Nóbrega-Silva, C.^a, Molozzi, J.^a, Marques, J. C.^b.



a) Universidade Estadual da Paraíba – Laboratório de Ecologia de Bentos, Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Avenida das Baraúnas, 351, CEP 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil. email: climelianobrega@hotmail.com, jmolozzi@gmail.com

b) IMAR – Instituto de Pesquisas do Mar, Departamento de Ciências. Universidade de Coimbra, Portugal.

Formatado segundo as normas da revista que será submetido:

Revista Journal of Coast Research

Utilização comparativa de indicadores baseados na
Termodinâmica e diversidade da comunidade bentônica
na avaliação da condição ecológica de estuários tropicais

Resumo

Indicadores ecológicos são ferramentas de avaliação da condição ecológica, fornecem informações para viabilizar o manejo e conservação dos ecossistemas. O presente trabalho visou verificar se a utilização comparativa dos indicadores baseados na Termodinâmica, grupos tróficos funcionais, riqueza de espécies e índice de diversidade de Shannon-Wiener, forneceriam informações concordantes em relação à condição ecológica de estuários tropicais, assumidos como sujeitos pressões antrópicas de intensidades distintas. As coletas de água e sedimento foram feitas em dois estuários, do Rio Paraíba do Norte e do Rio Mamanguape (no Nordeste brasileiro), em novembro de 2013, totalizando 27 pontos de amostragens. Diferenças significativas entre os estuários foram encontradas quando testadas as matrizes de dados de biomassa das comunidades de poliquetas, moluscos e quironomídeos, mas não foram verificadas diferenças entre as zonas, dentro de cada um dos estuários. A biomassa média do Estuário do Rio Paraíba foi de $0,95 \text{ gm}^{-2}$ e a abundância total de 3.698 indivíduos. No Estuário do Rio Mamanguape, o valor médio da biomassa foi de $0,52 \text{ gm}^{-2}$ e a abundância total de 12.746 organismos. A região a jusante dos estuários apresentou os maiores valores para os indicadores termodinâmicos, índice de Shannon-Wiener, riqueza de espécies e elevada diversidade de hábitos alimentares, mas os gêneros encontrados nesses locais são indicadores de má qualidade ambiental, demonstrando a fragilidade no uso desses índices. Portanto, o uso associado dos indicadores termodinamicamente orientados, grupos tróficos funcionais, riqueza de taxa e diversidade de Shannon-Wiener não forneceram respostas concordantes na avaliação da qualidade ecológica dos estuários. Apenas o índice de eco-exergia foi eficiente na avaliação da condição ecológica dos estuários assumidos como sujeitos a distintos níveis de pressões antrópicas.

Palavras – chave: *Riqueza de espécies, índice de Shannon-Wiener, biomassa, eco-exergia, eco-exergia específica, grupos tróficos funcionais*

1. Introdução

Ecossistemas estuarinos apresentam características peculiares: estão entre os ambientes mais produtivos do mundo, possuem uma elevada diversidade de organismos e apresentam-se como um dos sistemas mais impactados por ações antrópicas (Bald et al., 2005). Para avaliar os efeitos desses impactos é necessário utilizar ferramentas que expressem as condições ecológicas do ambiente (Tundisi et al., 2012).

A avaliação das condições ecológicas baseia-se no estudo da estrutura, função e processos dos ecossistemas marinhos, reunindo fatores climáticos, físicos, químicos e sedimentológicos, além de avaliar como as comunidades aquáticas respondem aos impactos antrópicos (Borja et al., 2009). Em outras palavras, a determinação da qualidade ecológica é realizada de forma integrada utilizando vários parâmetros biológicos (populações e comunidades) e suas interações com as características ambientais (Borja et al., 2008).

Entre as ferramentas de avaliação estão os indicadores ecológicos que são, geralmente, utilizados para fornecer informações sobre o estado dos ecossistemas (Amorim and Castillo, 2009; Buss et al., 2008; Monteiro et al., 2008). Os indicadores baseados na riqueza de espécies e nos índices de diversidade (ex. índice de Shannon-Wiener) são utilizados para distinguir comunidades (Danilov and Ekelund, 2000) e podem indicar o nível de estresse sofrido pela comunidade avaliada (Magurran, 2004). Por outro lado, o enfoque dos indicadores baseados na Termodinâmica pode estimar a qualidade ecológica de um ambiente (Gamito and Furtado, 2009). Deste modo, em programas de avaliação ecológica dos ecossistemas é importante utilizar diferentes indicadores baseados em propriedades das populações ou comunidades e que envolvam processos gerais dos ecossistemas abrangendo assim indicadores funcionais e estruturais (Marques et al., 2003, Salas et al., 2005).

Entre indicadores funcionais, citam-se a diversidade dos grupos tróficos funcionais, utilizados para indicar a estrutura trófica da comunidade avaliada (Pires-Vanin et al., 2011). Mudanças nestes grupos indicam alterações ambientais provocadas por impactos antropogênicos (Muniz and Pires, 1999). Além deste, tem-se os indicadores baseados na Termodinâmica, inicialmente relatados por Jorgensen e Mejer em 1979: a eco-exergia e a eco-exergia específica. Estes indicadores refletem o grau de crescimento, desenvolvimento e complexidade de um ecossistema (Silow and Morky, 2010), sendo propostos como uma propriedade holística do ambiente (Jorgensen, 1995).

Estes indicadores têm sido testados em lagos de clima temperado (Ludovisi and Poletti, 2003; Xu et al., 2005, 2011), estuários e zonas costeiras (Marques et al., 1997, 2003; Patrício et al., 2006; Patrício et al., 2009) e recentemente têm sido utilizados em rios e reservatórios de climas tropicais (Bae et al., 2013; Molozzi et al., 2013a).

A eco-exergia expressa os aspectos funcionais e estruturais dos ecossistemas e quantifica a energia que está sendo capturada e transferida, sendo uma medida da distância entre o ecossistema no seu estado atual e de como ele seria se estivesse em equilíbrio termodinâmico com o ambiente circundante (Jorgensen and Svirezhev, 2004). O cálculo da eco-exergia baseia-se no valor da biomassa e das informações genéticas (Patten et al., 2002) que podem ser responsáveis pelas alterações nas propriedades do sistema, mudanças e adaptações (Jorgensen, 2002), reforçando assim, seu uso como indicador ecológico. A eco-exergia específica é baseada na divisão do valor da eco-exergia pelo valor da biomassa total. É um índice independente da biomassa e por isso é capaz de indicar o nível de complexidade e desenvolvimento do ecossistema (Silow and Mokry, 2010).

A eco-exergia e a eco-exergia específica são índices baseados em funções matemáticas que consideram as propriedades gerais dos ecossistemas (Jorgensen; Marques, 2001, Marques et al., 1997, 2003; Xu et al., 2011). A eco-exergia, por ser dependente da biomassa, atua como um indicador de mudanças ambientais mais lentas, diferentemente da eco-exergia específica que responde rapidamente as alterações na composição de espécies de um determinado corpo de água, se este mudou abruptamente (Marques et al., 1997). Tais aspectos dos indicadores funcionais demonstram que seu uso deve ser complementar, pois unidos são capazes de fornecer informações sobre gradientes de longo prazo, bem como a responder a mudanças na diversidade em decorrência de estresse ambiental (Molozzi et al., 2013a) e permitem o desenvolvimento de estratégias de conservação mais eficazes (Halpern et al., 2012).

Dessa forma, este estudo pretende verificar se a utilização comparativa dos diferentes indicadores, baseados na Termodinâmica, nos grupos tróficos funcionais, na riqueza de taxa e no índice de diversidade da comunidade bentônica, fornecerá informações concordantes em relação à condição ecológica de estuários tropicais assumidos como sujeitos a pressões antrópicas de intensidades distintas. Como hipótese tem-se que os indicadores utilizados fornecerão respostas concordantes na avaliação da qualidade ecológica dos estuários tropicais.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

Os dados para a realização deste trabalho foram coletados em dois estuários localizados no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil: os estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape (Figura 1). O clima da região é do tipo AS' de Koppen, quente e úmido. Possui temperatura 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 (AESAs, 2011).

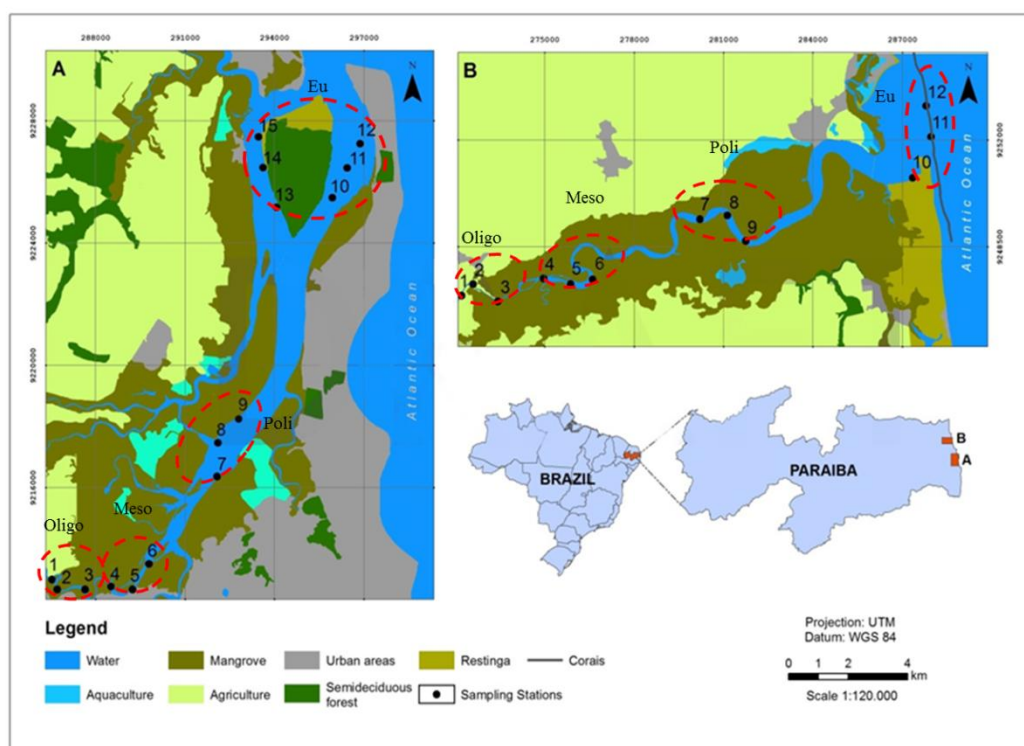


Figura 1: Mapa com a localização dos estuários do Rio Paraíba (A) e Estuário do Rio Mamanguape (B), Paraíba – Brasil, zonas (Oligo: Oligohalina, Meso: Mesohalina, Poli: Polihalina e Eu: Euhalina) e pontos de amostragem nos estuários. Mapa: Dr. Saulo Vital.

O estuário do Rio Paraíba ($6^{\circ}54'14''$ e $7^{\circ}07'36''$ S; $34^{\circ}58'16''$ e $34^{\circ}49'31''$ O) (Figura 1A), possui uma extensão de 22 km e possui como afluentes os rios Sanhauá, Paroeira, Mandacaru, Tibiri, Tambiá, Ribeira e Guia (Guedes et al., 2011). Este estuário é altamente influenciado pela água do mar, devido a baixa vazão dos seus rios (perenes) e é margeado por aglomerados urbanos, sendo 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 (Marcelino et

al., 2005). O Rio Paraíba, por ser margeado por cidades é considerado um estuário urbano. São cinco os principais municípios que seguem o curso do estuário, que se inicia na cidade de Santa Rita, Lucena, Bayeux, João Pessoa e desaguando em Cabedelo (Nishida et al., 2004), totalizando uma população de 1001.485 habitantes (IBGE, 2014).

Além da população, em Cabedelo encontra-se o Porto e algumas indústrias que influenciam diretamente o estuário. Na cidade de João Pessoa, as regiões Mesohalina e Polihalina do Estuário recebem os afluentes de empreendimentos de aquicultura, além do esgoto, não tratado, das comunidades de Mandacaru e Tambiá (Silva et al., 2011).

O estuário do Rio Mamanguape ($6^{\circ}43'02''$ e $6^{\circ}51'54''$ S; $35^{\circ}67'46''$ e $34^{\circ}54'04''$) (Figura 1B), 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 pelo Decreto Federal nº 924, de 10 de setembro de 1993. A APA foi criada com o intuito de proteger os ecossistemas presentes em seu interior (Mata Atlântica, manguezais, recifes costeiros, mata de restinga, dunas e falésias) e garantir o local de alimentação e reprodução do peixe-boi marinho (Mourão and Nordi, 2003). 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 (Alves and Nishida, 2003). As cidades de Rio Tinto e Marcação estão localizadas à margem do estuário e apresentam uma população de 30.585 habitantes (IBGE, 2014). No entorno do estuário do Mamanguape há grandes cultivos de cana-de-açúcar, e até 2012, o estuário também recebia efluentes de um empreendimento de carcinicultura, localizado próximo ao Rio Gamboa (SUDEMA, 2011). Os Estuários do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape diferem-se principalmente quanto ao uso do solo e populações de entorno (Figura 1).

Uma coleta piloto foi realizada em agosto 2013, na qual baseado nos valores de salinidade, granulometria do sedimento e profundidade, em cada um dos estuários foram definidas quatro zonas subtidais (Oligohalina, Mesohalina, Polihalina e Euhalina). As coletas foram realizadas em novembro de 2013, período seco da região, em cada zona foram estabelecidos três pontos de amostragem, cada um com três réplicas. No estuário do Rio Mamanguape foram estabelecidos 12 pontos (Pontos 1 - 3 – Oligohalino, Pontos 4 - 6 – Mesohalino, Pontos 7 - 9 – Polihalino e Pontos 10 - 12 – Euhalino) e 15 pontos no Rio Paraíba (Pontos 1 - 3 – Oligohalino, Pontos 4 - 6 – Mesohalino, Pontos 7 - 9 – Polihalino e Pontos 10 - 15 – Euhalino), pois este apresenta

a Ilha da Restinga, situada próxima à desembocadura do estuário tendo sido considerada necessária a amostragem nos dois lados da ilha.

2.2. Variáveis biológicas

As coletas dos macroinvertebrados foram realizadas utilizando uma draga do tipo van Veen (0,1m²). O material coletado foi fixado in situ com formol a 4% tamponado. Em laboratório, as amostras foram lavadas numa bateria de peneiras de abertura de malha de 1,00 e 0,50 mm, respectivamente. Os organismos coletados: poliquetas (Anellida), moluscos (Mollusca) e quironomídeos (Diptera, Insecta) foram triados, acondicionados em álcool a 70% e identificados, de acordo com a bibliografia indicada (Amaral and Nonato, 1996; Amaral et al., 2006; Mikkelsen and Bieler, 2008; Rios, 1985; Trivinho-Strixino, 2011; Tunnell Jr. et al. 2010).

Para estimativa da biomassa (gm⁻²), os organismos foram colocados numa estufa a 60°C durante 72 horas e pesados (peso seco, PS), sendo depois sujeitos a combustão numa mufla a 550°C durante 8 horas, determinando-se a seguir o peso seco livre de cinzas (PSLC). Os valores da biomassa dos Dípteros, Molluscos e Annelida (Tabela 1) foram utilizados para estimar o valor da eco-exergia e da eco-exergia específica.

2.3. Índices termodinamicamente orientados: Eco-exergia e Eco-exergia específica

A eco-exergia é um indicador baseado na teoria da Termodinâmica e está intimamente relacionada com a informação genética dos organismos, incorporada na biomassa. Este índice foi calculado pela seguinte fórmula (Jorgensen, 2010) (equação 1):

Onde β_i são fatores de ponderação aplicável aos vários componentes do ecossistema (i) e c_i é o valor da biomassa dos organismos coletados (Tabela 1) (Jorgensen et al., 2005).

O cálculo da eco-exergia específica não depende da biomassa e expressa a complexidade e o nível de desenvolvimento evolutivo das espécies em um ecossistema

(Jorgensen and Mejer, 1979; Silow and Mokry, 2010). Para determinação da eco-exergia específica, divide-se o valor da eco-exergia pelo valor da biomassa total (equação 2):

$$\text{Eco-Exergia Específica} = \text{Eco-Exergia/Biomassa Total} \quad (\text{eq. 2})$$

Tabela 1: Valores de Exergia/Biomassa conversor dos fatores (β) baseado em: Jorgensen et al., (2005).

Organismos	Fator conversor da Exergia (β)
Annelida	133
Diptera (Files)	167
Mollusca	310

2.4. Grupos tróficos funcionais:

Esta classificação é realizada de acordo com o tipo de alimentação dos organismos. Os poliquetas foram ser classificados, genericamente, baseando-se em Fauchald and Jumars (1979), Muniz and Pires (1999) como carnívoros, herbívoros, filtradores, depositívoros, omnívoros, entre outros. Os moluscos apresentam hábitos alimentares do tipo carnívoro, filtrador, omnívoro e herbívoro, de acordo com Tunnell Jr. et al., (2010). Os chironomídeos, devido a diversidade de suas peças bucais, podem ser raspadores, fragmentadores, coletores, catadores ou ainda associações diferenciadas, como coletor-catador, como descritos em Merritt and Cummins (1996).

2.5. Índice de diversidade de Shannon-Wiener

O índice de Shannon-Wiener é um dos mais utilizados, pois considera não apenas o número de espécies, mas a proporção de cada espécie em relação ao todo. Quanto maior a diversidade, maior o valor do índice, que é baseado na teoria da informação. O índice de Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1963) é calculado baseando-se na seguinte equação:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i \quad (\text{eq. 3})$$

Onde p_i é a proporção de indivíduos encontrados nas espécies i . Porém, nesta fórmula, o valor real de p_i é desconhecido, mas pode ser estimado utilizando a razão N_i / N , onde N_i é o número de indivíduos da espécie i e N é o número total de indivíduos.

2.6. Riqueza de espécies

A diversidade biológica pode ser medida através da utilização da estimativa da riqueza de espécies, que consiste no número de espécies encontrada numa determinada comunidade ou área de interesse (Peet, 1974; Wilsey et al. 2005).

2.7. Variáveis ambientais

Para cada ponto de coleta foi mensurada *in situ*, a profundidade e a transparência, estimadas através do disco de Secchi, e utilizando-se um multi-analizador (Horiba/U-50) foi mensurada temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), turbidez (NTU), sólidos totais dissolvidos (TDS), sólidos totais (st) e salinidade. Em laboratório, para as amostras de água, as concentrações de nutrientes dissolvidos (nitrito ($\mu\text{g}/\text{L}$), nitrato ($\mu\text{g}/\text{L}$), amônia ($\mu\text{g}/\text{L}$) e fósforo total (P-total - $\mu\text{g}/\text{L}$) foram analisadas de acordo com os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2005) e a clorofila-*a* (clor-*a* - $\mu\text{g}/\text{L}$) foi estimada utilizando a metodologia proposta por Lorenzen (1967).

Para verificar as classes de tamanho do sedimento, foi realizada a análise granulométrica por peneiramento através da separação mecânica utilizando uma coluna com seis peneiras de 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) para a total separação dos grãos (Brown and Mclachland, 1990).

2.8. Análise de dados

Com o objetivo de avaliar se a biomassa (gPSLCm^{-2}) dos macroinvertebrados bentônicos (Poliquetas, Moluscos, Chironomideos) foi significativamente diferente entre os Estuários e para as Zonas de cada um dos estuários, foi realizada uma análise PERMANOVA (Permutation Multivariate Analysis of Variance) (com 999 permutações; $p < 0.05$) tendo dois fatores: Estuários (Paraíba e Mamanguape) e zonas

(Oligohalino, Mesohalino, Polihalino e Euhalino) (Anderson, 2001; Anderson et al., 2008). Os dados foram transformados em raiz quadrada e utilizou-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (Zar, 1999).

A técnica de ordenação Análise das Coordenadas Principais (PCO) foi realizada para visualizar os padrões multivariados para a comunidade bentônica utilizando a biomassa dos macroinvertebrados bentônicos para cada um dos estuários. Diferenças significativas entre os grupos foram testadas através da análise PERMANOVA (com 999 permutações; $p < 0.05$). Posteriormente, estimaram-se os valores de eco-exergia, eco-exergia específica, diversidade de Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1963), riqueza de espécies e grupos tróficos funcionais para os grupos formados. Foram avaliadas as diferenças entre os grupos para os indicadores supracitados através da utilização de uma PERMANOVA (com 999 permutações, $p < 0.05$).

As variáveis físicas e químicas foram transformadas em $\log(x+1)$ e os valores da granulometria, dados em porcentagem, foram transformados em arcoseno (Zar, 1999) e normalizados. Posteriormente, utilizou-se o coeficiente de Distância Euclidiana para a realização de uma PERMANOVA (com 999 permutações; $p < 0.05$), para avaliar diferenças significativas entre as variáveis para os grupos estabelecidos.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software PRIMER versão 6 + PERMANOVA (Software Package from Plymouth Marine Laboratory, UK). (Anderson et al., 2008).

3. Resultados

3.1. Composição da comunidade bentônica

A análise PERMANOVA, baseada na matriz de dados de biomassa evidenciou diferenças significativas entre os estuários do Rio Paraíba e Mamanguape (PSEUDO $F_{1,80} = 2,3969$; $p = 0,049$), mas não entre as zonas dentro dos estuários (oligohalina, mesohalina, polihalina e euhalina) (Tabela 2).

A biomassa média encontrada no Estuário do Rio Paraíba foi de $0,95 \text{ (gm}^{-2}\text{)}$, sendo o maior valor encontrado no Ponto 9, $11,39 \text{ (gm}^{-2}\text{)}$. Este estuário apresentou abundância numérica total de 3.698 indivíduos, tendo poliquetas representando 92,84% da comunidade, distribuídos em 48 gêneros com biomassa total de $0,38 \text{ (gm}^{-2}\text{)}$; os

moluscos apresentaram abundância de 265 organismos (7,16%), com biomassa total de 38,96 (gm^{-2}), classificados em 11 taxas. Não foram encontrados Chironomídeos neste estuário (Anexo I).

Para o estuário do Rio Mamanguape, a biomassa média foi de 0,52 (gm^{-2}), possuindo maior valor no Ponto 11, 1,65 (gm^{-2}). Sua abundância numérica foi de 12.746 organismos, destes, 2.490 indivíduos (19,64%) encontrados são Poliquetas, classificados em 44 gêneros e apresentando 0,19 (gm^{-2}) de biomassa total. Os Chironomídeos foram encontrados apenas no estuário do Rio Mamanguape, apresentaram uma abundância numérica de 10.160 indivíduos (79,71%), divididos em 3 gêneros e com biomassa total de 0,88 (gm^{-2}) e os moluscos representaram 96 organismos (0,75%), com riqueza de 5 taxa e biomassa total de 12,06 (gm^{-2}) (Anexo I).

Tabela 2: Resultados da análise PERMANOVA utilizando como fatores os estuários (Estuário do Rio Paraíba (EP) e Estuário do Rio Mamanguape (EM) e as zonas (Oligohalina (Oli), Mesohalina (Mes), Polihalina (Pol), Euhalina (Eu)) para os valores de biomassa dos Polychaeta, Chironomidae e Mollusca (utilizando similaridade de Bray-Curtis). DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= Fvalue; t = t test; P = probability level; P<0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;

Source	DF	MS	F	P	Unique perms
Biomassa					
EP X EM	1	6907.2	2.3969	0.049	998
Res	79	2881.6			
Tot	80				
Teste Post-hoc					
Biomassa	T	P	Biomassa	T	P
EP			EM		
Oli x Mes	1.2096	0.271	Oli x Mes	3.1624	0.001
Oli x Pol	2.4954	0.002	Oli x Pol	3.3268	0.001
Oli x Eu	2.338	0.006	Oli x Eu	3.4285	0.001
Mes x Pol	1.3929	0.154	Mes x	1.5447	0.102
Mes x Eu	1.611	0.067	Mes x Eu	1.6809	0.037
Pol x Eu	1.5912	0.067	Pol x Eu	0.51595	0.892

3.2. Formação dos grupos à posteriori

A análise das coordenadas principais (PCO) realizada utilizando os dados de biomassa para o Estuário do Rio Paraíba, apresentou um padrão de separação, com uma porcentagem de explicabilidade de 85,1% dada pela soma dos dois eixos (1º eixo 64,6%

e 2º eixo 20,5%) (Figura 2A). Deste modo foram formados dois grupos, o grupo montante com 6 sites (Pontos: 1, 2, 3, 4, 5 e 15), correspondente aos mais baixos valores de biomassa e o grupo jusante (Pontos: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14), com os mais elevados valores de biomassa. A análise PERMANOVA confirmou que estatisticamente estes grupos são distintos (PSEUDO $F_{1,14} = 21,549$; $p = 0,002$).

A PCO realizada para o Estuário do Rio Mamanguape, também apresentou um padrão de separação em dois grupos, sendo que o primeiro eixo explicou 55,2% e segundo eixo 26,2% eixos, com uma explicabilidade total de 81,4% (Figura 2B). Tendo formado dois grupos: montante (Pontos: 1, 2, 3 e 4) e jusante (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12). A distinção destes grupos foi confirmada pela análise PERMANOVA (PSEUDO $F_{1,11} = 11,132$; $p = 0,004$).

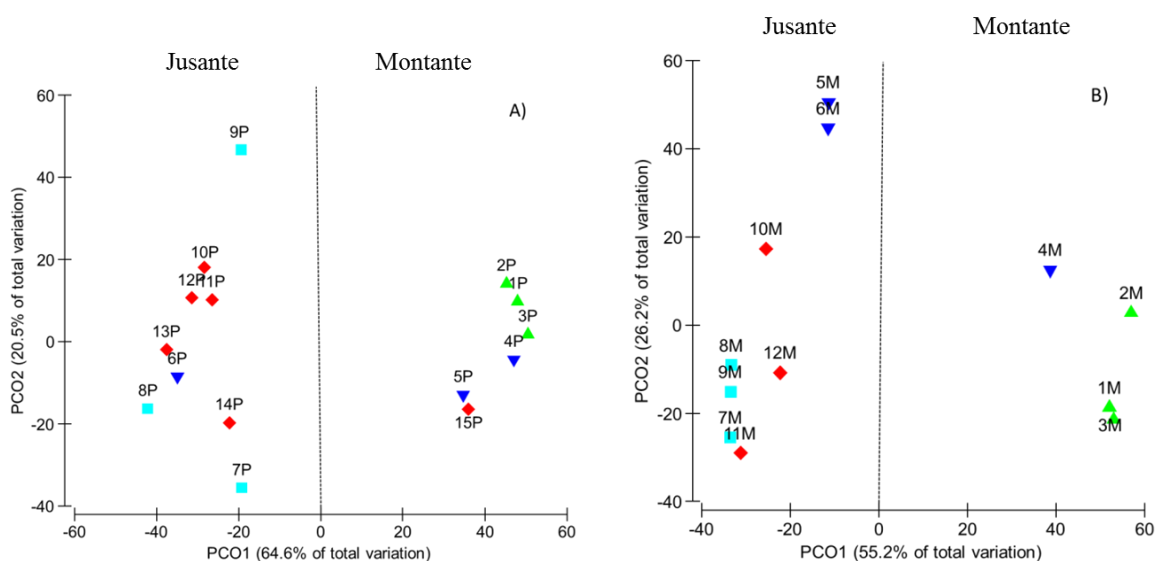


Figura 2: Análise de Coordenadas Principais (PCO) para o Estuário do Rio Paraíba (A) e para o Estuário do Rio Mamanguape (B), baseados na biomassa média dos Poliquetas, Chironomídeos e Moluscos, apresentando as diferentes zonas (Triângulos verdes = Oligohalina, Triângulos invertidos azul escuro = Mesohalina, Quadrados azul claro = Polihalina, Losangos vermelhos = Euhalina).

Diferenças significativas foram observadas entre os grupos formados, montante e jusante, tanto para o estuário do Rio Paraíba, quanto do Mamanguape, para os índices avaliados (riqueza de taxa, índice de diversidade de Shannon-Wiener, eco-exergia, eco-exergia específica e grupos tróficos funcionais) (Tabela 3).

Para o índice de diversidade de Shannon-Wiener, riqueza de espécies e os índices termodinamicamente orientados, os maiores valores foram encontrados no Estuário do Rio Paraíba na região a jusante. Os valores de Shannon-Wiener variaram de

0,87 a 2,89 (bits), os de riqueza de espécies de 3,67 a 29,00 (Tabela 4). Os valores de eco-exergia e eco-exergia específica variaram entre 6,12 a 3.520,58 e 292,54 a 308,95, respectivamente. Os valores mais baixos foram encontrados na região a montante, apresentando variação de 0,03 a 0,96 (bits) para o índice de Shannon-Wiener 1,33 a 4,67 para a riqueza de espécies, de 0,28 a 2,30 para a eco-exergia e 133,00 a 170,48, para a eco-exergia específica (Tabela 4).

Tabela 3: Resultados da análise PERMANOVA utilizando como fator região (montante e jusante) para cada um dos indicadores, Eco-Exergia, Eco-Exergia Específica, grupos tróficos funcionais, índice de diversidade de Shannon-Wiener e riqueza de espécies, para o Estuário do Rio Paraíba e do Rio Mamanguape. DF = degrees of freedom; MS = means of square; F= F value; t = t test; P = probability level; P < 0.05. Res = Resíduo; Tot = Total;

Source	DF	MS	F	P	Unique perms	Source	DF	MS	F	P	Unique perms
Paraíba						Mamanguape					
Eco -Exergia						Eco-exergia					
Regiões	1	20841	22.547	0.001	887	Regiões	1	16506	12.182	0.001	436
Res	14	924.34				Res	11	1355			
Tot	15					Tot	12				
Eco-exergia específica						Eco-exergia específica					
Regiões	1	21444	206.89	0.001	677	Regiões	1	19555	87.773	0.003	431
Res	14	103.65				Res	11	2227.9			
Tot	15					Tot	12				
Riqueza de espécies						Riqueza de espécies					
Regiões	1	4952.1	9.9173	0.003	992	Regiões	1	660.14	1.4253	0.026	964
Res	44	499.34				Res	35	463.16			
Tot	45					Tot	36				
Shannon						Shannon					
Regiões	1	14070	36.825	0.001	999	Regiões	1	2433	7.8266	0.013	998
Res	44	382.09				Res	35	310.91			
Tot	45					Tot	36				
Grupos funcionais						Grupos funcionais					
Regiões	1	17573	8.5576	0.001	999	Regiões	1	37778	20.553	0.001	999
Res	44	2053.5				Res	35	1838.1			
Tot	45					Tot	36				

Assim como no Estuário do Rio Paraíba, o Estuário do Rio Mamanguape apresentou os maiores valores para o índice de Shannon-Wiener, riqueza de espécies e termodinamicamente orientados na região a jusante do estuário. Os maiores valores de Shannon-Wiener variaram entre 0,04 e 1,79 (bits), a riqueza de espécies variou entre 1,00 a 12,67. Os de eco-exergia e eco-exergia específica variaram entre 3,69 a 510,84 e 300,36 a 309,63 respectivamente. Os menores valores foram encontrados na região a montante, apresentando variação de 0,25 a 0,65 (bits) para o índice de Shannon-Wiener, 2,00 e 3,67 para a riqueza de espécies, de 0,35 a 5,04 para a eco-exergia e 142,43 a 166,50, para a eco-exergia específica (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de biomassa (gm^{-2}), eco-exergia (kJm^{-2}), eco-exergia específica (kJ g^{-1}), Shannon-Wiener (Bits/ind) e riqueza de espécies (Riq. de espécies) para os pontos e regiões estabelecidas dos Estuários dos Rios Paraíba (MP – Região Montante Paraíba; JP – Região Jusante Paraíba) e Mamanguape (MM – Região Montante Mamanguape; JM – Região Jusante Mamanguape).

Pontos/Regiões	Estuário do Rio Paraíba					Estuário do Rio Mamanguape				
	Biomassa	Eco-Exergia	Eco-Exergia Esp	Shannon	Riq de espécies	Biomassa	Eco-Exergia	Eco-Exergia Esp	Shannon	Riq de espécies
1MP/MM	0.01	1.59	133.00	0.03	1.67	0.03	5.04	149.24	0.25	3.33
2MP/MM	0.02	2.30	133.00	0.06	2.00	0.00	0.68	166.50	0.65	2.67
3MP/MM	0.01	0.74	133.00	0.08	1.67	0.03	3.92	142.43	0.48	3.67
4MP/MM	0.00	0.28	133.00	0.06	1.33	0.00	0.35	148.75	0.39	2.00
5MP/JM	0.01	1.44	165.56	0.05	2.00	0.01	3.69	309.31	0.04	1.00
6JP/JM	0.17	52.21	308.50	0.69	4.67	0.02	6.90	309.05	0.55	2.67
7JP/JM	0.02	6.12	308.25	0.35	1.33	1.19	367.04	309.63	0.92	4.33
8JP/JM	0.12	35.87	309.76	0.90	3.67	0.35	106.84	309.02	0.92	3.33
9JP/JM	11.40	3520.58	308.91	1.13	6.33	0.47	146.51	308.99	1.68	12.33
10JP/JM	0.38	109.94	292.54	2.38	24.00	0.09	27.90	307.72	0.92	5.00
11JP/JM	0.28	83.26	295.42	2.89	29.00	1.65	510.84	309.51	1.79	12.67
12JP/JM	0.42	129.75	307.56	1.37	6.00	0.23	70.21	300.36	1.35	11.33
13JP	0.24	74.59	308.95	1.24	6.33	—	—	—	—	—
14JP	0.08	24.25	304.67	0.87	3.67	—	—	—	—	—
15MP	0.01	0.98	170.48	0.96	4.33	—	—	—	—	—

A distribuição proporcional dos grupos tróficos funcionais no Estuário do Rio Paraíba, foi de 65,30% carnívoros, 14,30% filtradores, 9,66% depositívoros cavadores, 6,92% omnívoros, 3,64% depositívoros de suspensão, 0,18% herbívoros (Anexo I). Na região a montante deste estuário, o grupo trófico funcional mais representativo foi o dos carnívoros, representando 97,06%, seguido de omnívoros, com 1,28%. Na região a jusante, os grupos tróficos com maiores porcentagens de representação foram os filtradores, com 30,04% e os carnívoros, com 28,66% (Figura 3).

No Estuário do Rio Mamanguape, distribuição proporcional total dos grupos tróficos funcionais foi de; 79,71% coletores, 15,51% carnívoros, 3,04% depositívoros cavadores, 0,94% filtradores, 0,42% depositívoros de suspensão, 0,34% omnívoros, 0,04% herbívoros (Anexo I). Na região a montante deste estuário, o grupo trófico funcional mais representativo foi o dos coletores, com 91,93% de representação, seguido pelos carnívoros, com 7,96%. Na região a jusante, o grupo trófico com maior representatividade foi o dos carnívoros, com 64,66%, seguido dos depositívoros cavadores, com 22,20% (Figura 3).

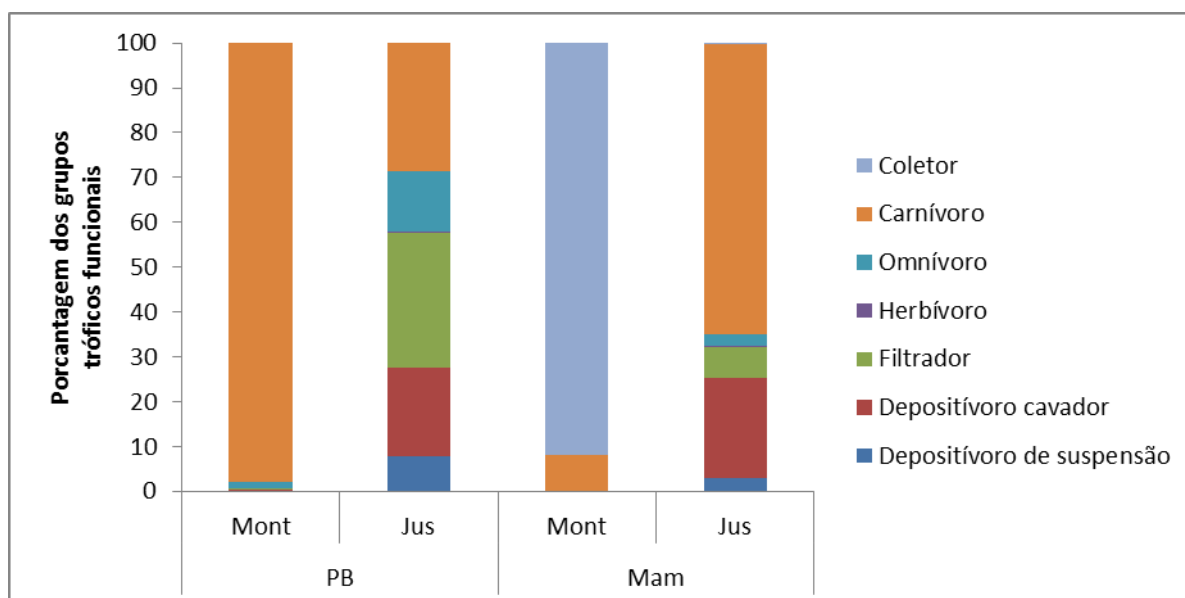


Figura 3: Porcentagem dos grupos tróficos funcionais observados nas regiões a Montante (Mont) e a Jusante (Jus) dos Estuários do Rio Paraíba (PB) e Mamanguape (Mam) no período de novembro de 2013.

Em relação às variáveis ambientais, a PERMANOVA demonstrou diferenças entre os estuários (PSEUDO $F_{1,26} = 10,191$; $p = 0,001$) e entre as regiões estabelecidas a posteriori pela biomassa (Estuário do Rio Paraíba - PSEUDO $F_{1,14} = 2,1393$; $p = 0,027$; Estuário do Rio Mamanguape - PSEUDO $F_{1,11} = 3,5097$; $p = 0,003$). Quando se analisa as regiões dos estuários, percebe-se que para os dois ambientes, os maiores valores para algumas variáveis ambientais foram observados para a região a jusante: nitrato (Paraíba: $102,30\mu\text{g/L}$; Mamanguape: $21,78\mu\text{g/L}$), nitrito (Paraíba: $165,55\mu\text{g/L}$; Mamanguape: $9,81\mu\text{g/L}$) e amônia (Paraíba: $1731,61\mu\text{g/L}$; Mamanguape: $361,33\mu\text{g/L}$) (Tabela 5).

Tabela 5: Variáveis físicas, químicas e composição granulométrica (%) (média e desvio padrão), mensurados no mês de novembro de 2013, para as regiões a montante e a jusante dos estuários do Rio Paraíba e Mamanguape.

Variáveis Ambientais	Estuário do Rio Paraíba		Estuário do Rio Mamanguape	
	Montante	Jusante	Montante	Jusante
Profundidade	3,09 ± 2,15	4,31 ± 2,11	1,34 ± 0,33	3,29 ± 1,68
Salinidade	12,51 ± 12,40	28,82 ± 8,21	17,91 ± 3,40	33,23 ± 3,77
Turbidez (NTU)	82,38 ± 16,37	120,88 ± 90,04	62,66 ± 16,01	106,46 ± 28,63
TDS (g/L)	11,53 ± 10,74	26,81 ± 6,67	17,78 ± 2,96	30,58 ± 2,80
Nitrito (µg/L)	79,25 ± 65,59	165,55 ± 157,42	1,66 ± 1,82	9,81 ± 10,59
Nitrato (µg/L)	30,74 ± 25,51	102,30 ± 217,27	4,52 ± 4,74	21,78 ± 26,17
Amônia (µg/L)	613,83 ± 649,72	1731,61 ± 1617,30	250,00 ± 48,06	361,33 ± 122,16
P-total (µg/L)	463,88 ± 252,44	397,77 ± 291,38	198,88 ± 203,20	123,33 ± 20,33
Clor-a (µg/L)	31,23 ± 20,85	2,34 ± 1,90	5,74 ± 3,12	1,72 ± 1,40
% Argila	1,78 ± 2,12	1,62 ± 3,96	0,59 ± 0,94	0,70 ± 0,92
% Silte	3,52 ± 4,11	6,12 ± 3,96	3,95 ± 4,49	5,30 ± 4,78
% Ar, fina	21,10 ± 15,53	39,96 ± 20,06	16,79 ± 26,70	13,23 ± 12,84
% Ar, média	29,26 ± 8,36	28,43 ± 12,82	49,85 ± 17,34	47,92 ± 26,92
% Ar, grossa	41,69 ± 20,20	19,42 ± 10,86	25,91 ± 20,01	27,93 ± 23,71
% Cascalho	2,24 ± 1,93	4,12 ± 4,83	3,24 ± 3,36	4,56 ± 4,38

4. Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que, para este período de amostragem, os indicadores utilizados não responderam de forma concordante na avaliação da condição ecológica dos ecossistemas estuarinos. Dentro deste contexto, rejeitamos a hipótese do trabalho, visto que os indicadores baseados na composição das comunidades: riqueza de espécies, índice de Shannon-Wiener, grupos tróficos funcionais e eco-exergia específica demonstraram fragilidade na captura das informações acerca das alterações ambientais ocasionadas pelos distintos níveis de impactos antrópicos a que os estuários avaliados estão submetidos.

Os indicadores baseados na estrutura da comunidade apresentaram maiores valores para as regiões a jusante dos estuários. Cabe ressaltar que nesta região foram encontrados os maiores valores para as variáveis que indicam impactos (amônia, nitrito e nitrato). Porém, quando analisada a matriz biológica desta região, observa-se a elevada abundância de gêneros tolerantes e indicadores de locais impactados, mesmo que algumas espécies tenham níveis de sensibilidade distintos (Gêneros de Poliquetas: *Laeonereis* (Hartman, 1945), *Lumbrineris* (Blainville, 1828), *Scolecopsis* (Blainville, 1828), *Capitella* (Blainville, 1828), *Chaetozona* (Malmgren, 1867) e *Glycinde* (Muller,

1858) e Moluscos: *Anomalocardia* (Schumacher, 1817)). Deste modo, o uso isolado dos indicadores baseados na riqueza e diversidade, sem uma análise mais aprofundada, poderá acarretar respostas errôneas quanto à integridade do ambiente, pois estes indicadores podem não detectar todos os aspectos do impacto antrópico que os ecossistemas estão submetidos (Chainho et al., 2007, 2008; Reiss and Kroncke, 2005), mesmo que alguns estudos relatem experiências distintas, como observado em trabalhos realizados no estuário do Rio Mondego em Portugal (Teixeira et al., 2008; 2009).

Contudo, os indicadores termodinamicamente orientados também apresentaram os maiores valores de eco-exergia e de eco-exergia-específica na região à jusante dos estuários. A eco-exergia apresentou-se elevada nos locais onde a biomassa é maior, consequentemente, onde as informações genéticas se acumulam (Jorgensen and Nielsen, 2007). Nesses locais, além de encontrarem-se os maiores valores das variáveis que indicam impacto, as comunidades encontradas são geralmente compostas por organismos oportunistas/tolerantes, que apresentam altos valores de biomassa, indicando que essas regiões são caracterizadas como locais de condições ecológicas desfavoráveis, como é esperado para os ambientes estuarinos que sofreram processos de eutrofização (Marques et al., 1997, 2003). Para os rios e lagos tropicais, os maiores valores de eco-exergia e eco-exergia específica são encontrados em ambientes com elevada integridade ecológica e valores mais baixos em ecossistemas mais impactados (Bae et al., 2013; Li et al., 2013; Xu et al., 2001).

A teoria baseada na Termodinâmica rege que os valores de eco-exergia sejam mais elevados e a eco-exergia específica apresente valores menores nos locais mais impactados que naqueles mais íntegros. O que é observado em trabalhos realizados em ambientes estuarinos em regiões temperadas (Marques et al., 1997, 2003; Silow and Mokry, 2010). De forma semelhante, os resultados da utilização do índice de eco-exergia específica também foram distintos do que estabelecido pela teoria para reservatórios tropicais. Nesses reservatórios, os valores esperados para a eco-exergia específica deveriam ser mais elevados em locais de referência, mas foram encontrados em locais impactados devido à presença da espécie exótica de molusco *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1974) (Molozzi et al., 2013a).

A variação nos valores dos índices termodinamicamente orientados para os distintos locais pode ser explicada pela resposta do ecossistema ao aumento do estresse ambiental. De acordo com Odum (1988), há redução nas cadeias alimentares, diminuição na diversidade de taxa, aumento na proporção de "r-estrategistas" e redução

no tamanho dos organismos, a fim de melhorar a eficiência da utilização dos recursos, além de um aumento significativo na biomassa.

Em relação à distribuição dos grupos tróficos funcionais, a região a montante do estuário do Rio Mamanguape, o grupo dos coletores foi o mais abundante, representado pelos três gêneros de Chironomídeos: *Polypedilum* (Kieffer, 1912), *Apedilum* (Townes, 1945) e *Chironomus* (Meigen, 1803). Esses organismos, quando em locais com elevada disponibilidade de alimento tendem a adotar hábitos alimentares generalistas, utilizando por diversas vezes o perífiton como fonte de alimento (Amorim and Castillo, 2009). Esta região caracteriza-se por menores valores de salinidade e das variáveis ambientais, com exceção da clorofila-a e do fósforo total. No entanto, este local apresenta maior porcentagem de areia média, promovendo desse modo elevada abundância de Chironomídeos, principalmente do gênero *Polypedilum*, que é comumente encontrado associado a esse tipo de sedimento e indicador de locais de boa qualidade ambiental, como observados em estudos realizados em reservatórios de ambientes tropicais (Molozzi et al., 2013b).

Na região a jusante dos estuários, a diversidade de grupos tróficos funcionais foi maior, fato contraditório do esperado, pois em locais perturbados, a variabilidade dos modos de alimentação deveria ser menor (Muniz and Pires, 1999). Para o estuário do Rio Mamanguape, a região a jusante apresentou como grupos tróficos funcionais mais representativos os carnívoros (Gênero *Laeonereis* - Polychaeta) e os depositívoros cavadores (Gêneros *Timarete* (Kinberg, 1866) e *Armandia* (Filippi, 1861) (Polychaeta), enquanto que, na mesma região, no Rio Paraíba, os destaques dos grupos tróficos funcionais foram os organismos filtradores, representados pelos gêneros *Sabellaria* (Lamarck, 1818) (Polychaeta) e *Anomalocardia* (Mollusca), gênero este que pode acumular metais pesados e transferi-los ao longo da cadeia trófica (Rodrigues et al., 2010) e os carnívoros, representados pelos gêneros *Glycinde* e *Laeonereis* (Polychaeta).

Nesse aspecto e para estes dados, os grupos tróficos funcionais não foram capazes de distinguir os locais com maiores e menores níveis de impactos antrópicos, demonstrando que o uso dos grupos tróficos funcionais pode não indicar adequadamente a integridade do ecossistema, diferentemente do observado ao longo do Estuário Canche (leste do Canal Inglês, França), no qual um índice baseado nas estratégias alimentares dos organismos demonstrou ser eficiente em avaliar a qualidade ecológica desse ambiente (Selleslagh et al., 2012).

5. Conclusão

Para o período de amostragem, os dados coletados demonstram que o uso associado do índice de Shannon-Wiener, riqueza de espécies, grupos tróficos funcionais e eco-exergia específica não responderam de forma concordante a eco-exergia na avaliação da condição ecológica de estuários tropicais com distintos níveis de impactos antrópicos.

A eco-exergia pode ser considerada um bom indicador da condição ecológica em ecossistemas estuarinos, desde que utilizado de maneira associada com índices que reforcem sua avaliação. Enquanto que a eco-exergia específica, os grupos tróficos funcionais, riqueza de taxa e diversidade de Shannon-Wiener devem ser utilizados com cautela, embora estes indicadores possam ser considerados como uma propriedade importante dos ecossistemas, a subjetividade dos seus resultados necessita de uma interpretação mais aprofundada.

6. Referências

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2011. Chuvas acumuladas no ano no município de Rio Tinto-PB de 01/01/2011 a 31/10/2011. Disponível em:<<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/sort.do?layoutCollection=0&layoutCollectionProperty=&layoutCollectionState=1&pagerPage=4>>. Acesso em 23 abril 2014.

Alves, R.R.N. and Nishida, A.K.; 2003. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá, *Ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (Decapoda, Brachyura), no estuário do Rio Mamanguape, Nordeste do Brasil. Interciencia 28: 36-43.

Amaral, A.C. and Nonato, E.F.; 1996. Annelida Polychaeta - características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira. Campinas, SP: Editora da UNICAMP. 124p.

Amaral, A.C.Z.; Nallin, S.A.H.; Steiner, T.M.; Forroni, T.O. and Gomes Filho, D.; 2006. Catálogo das espécies de Annelida Polychaeta do Brasil. Catálogo das espécies dos Annelida Polychaeta do Brasil.

Amorim, A.C.F. and Castillo, A.R.; 2009. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do baixo Rio Perequê, Cubatão, São Paulo, Brasil. Biodiversidade Pampeana, PUCRS, Uruguaiana, 7 (1): 16-22.

- Anderson, M.J.; 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:626-639.
- Anderson, M.J.; Gorley, R.N. and Clarke, K.R.; 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E. Plymouth.
- APHA, Awwa. Wef.; 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. American Public Health Association. Washington, DC. Part, v. 8000, p. 94-100.
- Bae, M.J.; Li, F.; Verdonschot, P.F. and Park, Y.S.; 2013. Characterization of ecological exergy based on benthic macroinvertebrates in lotic ecosystems. *Entropy*, 15(6), 2319-2339.
- Bald, J.; Borja, A.; Muxika, I.; Franco, J. and Valencia, V.; 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: a case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin* 50, 1508–1522.
- Borja, A.; Bricker, S.B.; Dauer, D.M., Demetriades, N.T.; Ferreira, J.G.; Forbes, A.T.; Hutchings, P.; Jia, X.; Kenchington, R.; Marques, J.C. and Zhu, C.; 2008. Ecological integrity assessment, ecosystem-based approach, and integrative methodologies: are these concepts equivalent? *Marine Pollution Bulletin*, 58, 457–458.
- Borja, A.; Muxika, I. and Rodriguez, J.G.; 2009. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. *Marine Ecology* 30: 214–227.
- Brown, A.C. and Mclachland, A.; 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam, 328 pp.
- Buss, D.F.; Oliveira, R.B. and Baptista, D.F.; Monitoramento biológico de ecossistemas aquáticos continentais. *Oecologia. Brasileira*. 12 (3): 339-345, 2008.
- Chainho, P.; Costa, J.L.; Chaves, M.L.; Dauer, D.M. and Costa, M.J.; 2007. Influence of seasonal variability in benthic invertebrate community structure on the use of biotic indices to assess the ecological status of a Portuguese estuary. *Marine Pollution Bulletin* 54: 1586-1597.
- Chainho, P.; Chaves, M.L.; Costa, J.L.; Costa, M.J. and Dauer, D.M.; 2008. Use of multimetric indices to classify estuaries with different hydromorphological characteristics and different levels of human pressure. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1128-1137.
- Danilov, R. and Ekelund, N.G.A.; 2000. The efficiency of seven diversity and one similarity indices based on phytoplankton data for assessing the level of eutrophication in lakes in central Sweden. *Science of the Total Environment*. 234(1-3):15-23.
- Fauchald, K. and Jumars, P.A.; 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 17, 193–284.

Gamito, S. and Furtado, R.; 2009. Feeding diversity in macroinvertebrate communities: A contribution to estimate the ecological status in shallow waters. *Ecological Indicators*, 9, 1009-1019.

Guedes, L. da S.; Amaro, V. E. and Vital, H.; 2011. Caracterização da morfologia de fundo da porção estuarina do canal do Rio Paraíba do Norte por meio do Sonar de Varredura Lateral e do Ecobatímetro. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.3538-3544.

Halpern, B.S.; Longo, C.; Hardy, D.; Mcleod, K.L.; Samhuri, J.F.; Katona, S.K.; Kleisner, K.; Lester, S.E.; O'leary, J.; Ranelletti, M.; Rosenberg, A.A.; Scarborough, C.; Selig, E.R.; Best, B.D.; Brumbaugh, D.R.; Chapin, F.S., Crowder, L.B.; Daly, K.L.; Doney, S.C.; Elfes, C.; Fogarty, M.J.; Gaines, S.D.; Jacobsen, K.I.; Karrer, L.B.; Leslie, H.M.; Neeley, E.; Pauly, D.; Polasky, S.; Ris, B.; S.T. Martin, K.; Stone, G.S.; Sumaila, U.R. and Zeller, D.; 2012. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488, 615-620.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=250750>. Acesso: 08 de setembro de 2014.

Jorgensen, S.E. and Mejer, H.; 1979. A holistic approach to ecological modelling. *Ecological Modelling*, 7: 169-189. .

Jorgensen, S.E.; Nielsen, S.N. and Mejer H.; 1995. Emergy, environment, exergy and ecological modelling. *Ecological Modelling*, 77: 99–109.

Jorgensen, S.E. and Marques, J.C.; 2001. Thermodynamics and ecosystem theory, case studies from hydrobiology. *Hydrobiologia*, 445 : 1–10.

Jorgensen, S.E.; 2002. *Integration of Ecosystem Theories. A Pattern.*, 3rd ed. Kluwer Academic Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands, p. 432. .

Jorgensen, S.E. and Svirezhev, Y.M. 2004. *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*. Elsevier, Amsterdam, 366p. .

Jorgensen, S.E., Ladegaard, N., Debeljal, M., and Marques, J.C.; 2005. Calculations of exergy for organisms. *Ecological Modelling*, 185:165-175. .

Jorgensen, S.E. and Nielsen, S.N. 2007. Application of exergy as thermodynamic indicator in ecology. *Energy* , 32, 673–685.

Jorgensen, S.E.; 2010. Eco-Exergy as ecological indicator, pp. 77–87. In: Jorgensen, S.E., Constanza, R., Xu, F.L. (Eds.), *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. CRC Press, p. 484. .

Li, F.; Bae, M.J.; Kwon, Y.S.; Chung, N.; Hwang, S. J.; Park, S. J. and Park, Y. S.; 2013. Ecological exergy as an indicator of land-use impacts on functional guilds in river ecosystems. *Ecological Modelling*, 252, 53-62.

Lorenzen, C.J.;1967. Determination of chlorophyll and phaeophytin: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*, v.12, p.343-346.

Ludovisi, A. and Poletti, A. 2003. Use of thermodynamic indices as ecological indicators of the development state of lake ecosystems 2. Exergy and specific exergy indices *Ecological Modelling*, 159:223-238. .

Magurran, A.E.; 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd, Oxford, 215 pp.

Marcelino, R.L.; Sassi, R., Cordeiro, T.A. and Costa, C.F.; 2005. Uma abordagem sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores artesanais e outros usuários ribeirinhos do Estuário do Rio Paraíba do Norte, Estado da Paraíba. *Tropical Oceanography*. 33 (2): 183-197.

Marques, J.C.; Pardal, M.A.; Nielsen, S.N. and Jorgensen S.E.; 1997. Analysis of the properties of exergy and biodiversity along an estuarine gradient of eutrophication. *Ecological Modelling*, 102:155-167.

Marques, J.C.; Nielsen, S. N.; Pardal, M.A. and Jorgensen, S.E.; 2003. Impact of eutrophication and river management within a framework of ecosystem theories. *Ecological Modelling*, 166 (1-2): 147-168.

Merritt, R.W. and Cummins, K.W.; 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, 3th edition, 862p.

Mikkelsen, P.M. and Bieler, R.; 2008. *Seashells of Southern Florida – Bivalves*. Princeton University Press, 503p.

Molozzi, J., Salas, F., Callisto, M., and Marques, J.C.; 2013a. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. *Ecological Indicators*, 24, 543–551.

Molozzi, J.; Feio, M.J.; Salas, F.; Marques, J.C. and Callisto, M.; 2013b. Maximum ecological potential of tropical reservoirs and benthic invertebrate communities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185:6591–6606.

Monteiro, T.R.; Oliveira, L.G. and Godoy, B.S. 2008. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: Adaptação do índice biótico BMWP' à Bacia do Rio Meia Ponte – GO. *Oecologia Brasileira*, 12 (3): 553-563.

Mourão, J. da S. and Nordi, N.; 2003. Etnoictiologia de pescadores artesanais do Estuário do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 29(1): 9 - 17.

Muniz, P. and Pires, A.M.S.; 1999. Trophic structure of polychaetes in São Sebastião Channel (southern Brazil). *Marine. Biology*. 134, 517-528.

Nishida, A.K.; Nordi, N. and Alves, R.R.N.; 2004. Abordagem etnoecológica da coleta de moluscos no litoral paraibano. *Tropical Oceanography*, Recife: 32(1):53-68.

Odum, E.P.; 1988. *Ecologia*. Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, p. 422.

Patrício, J.; Salas, F.; Pardal, M.A.; Jorgensen, S.E. and Marques, J.C.; 2006. Ecological indicators performance during a re-colonisation field experiment and its compliance with ecosystem theories. *Ecological Indicators* 6, 43–57.

Patrício, J.; Neto, M.J.; Teixeira, H., Salas, F. and Marques, J. C.; 2009. The robustness of ecological indicators to detect long-term changes in the macrobenthos of estuarine systems. *Marine Environmental Research* ,68:25-36.

Patten, B.C.; Fath, B.D.; Choi, J.S.; Bastianoni, S.; Borrett, S.R.; Brandt-Williams, S.; Debeljak, M.; Fonseca, J.; Grant, W.E.; Karnawati, D.; Marques, J.C.; Moser, A.; Müller, F.; Pahl-Wostl, C.; Seppelt, R.; Steinborn, W.H. and Svirezhev, Y.M.; 2002. Complex Adaptive hierarchical systems. In: Constanza, R., Jorgensen, S.E. (Eds.), *Understanding and Solving Environmental Problems in the 21st Century*. Elsevier, Amsterdam, pp. 41–94.

Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review Ecology and Systematics*. 5:285-307.

Reiss, H.; I. and Kröncke,; 2005. Seasonal variability of benthic indices: An approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1490-1499.

Rodrigues, A.M.L.; Borges-Azevedo, C. and Henry-Silva, G.G.; 2010. Aspectos da biologia e ecologia do molusco Bivalve *Anomalocardia Brasiliana* (Gmelin, 1791) (*Bivalvia*, *Veneridae*). *Brazilian Journal of Biosciences*. Instituto de Biociências. Porto Alegre, V. 8, N. 4, P. 377-383.

Rios, E.C.; 1985. *Seashells of Brazil*. Fundação Universidade Do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, P. 330.

Salas, F., Marcos, C., Pérez-Ruzafa, A. and Marques, J.C.; 2005. Application of the exergy index as ecological indicator of organical enrichment areas in the Mar Menor Lagoon (South-Eastern Spain). *Energy* 30:2505-2522.

Selleslagh, J.; Lobry, J.; Amara, R., Brylinski, J. M. and Boët, P.; 2012. Trophic functioning of coastal ecosystems along an anthropogenic pressure gradient: a french case study with emphasis on a small and low impacted estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 112, 73-85.

Shannon, C.E., and Wiener, W.; 1963. *The mathematical theory of communication*. University Of Illinois Press, Chicago. 117p.

Silow, E.A. and Mokry, A.V.; 2010. Exergy as a tool for ecosystem health assessment. *Entropy*, 12, 902–925.

Silva, E.L.; P; Conserva, M., de S. and Oliveira, P.A.; 2011. Socioecologia do processo de trabalho das pescadoras artesanais do estuário do Rio Paraíba. *Ecologi@* 3: 44-56.

Sudema, 2011. Superintendência de Administração do Meio Ambiente http://www.sudema.pb.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=754&Itemid=100051. Acesso em: 16 de outubro de 2014.

Teixeira, H.; Salas, F.; Neto, J.M.; Patrício, J., Pinto, R.; Veríssimo, H.; García-Charton, J.A.; Marcos, C.; Pérez-Ruzafa, A. and Marques, J.C.; 2008. Ecological indices tracking distinct impacts along disturbance-recovery gradients in a temperate ne Atlantic estuary – Guidance on reference values. *Estuarine, Coastal And Shelf Science* 80: 130-140.

Teixeira, H.; Neto, J.M.; Patrício, J.; Pinto, R.; Veríssimo, H.; Pinto, R.; Salas, F. and Marques, J.C.; 2009. Quality assessment of benthic macroinvertebrates under the scope of WFD using BAT, the benthic assessment tool. *Marine Pollution Bulletin* 58: 1477-1486.

Trivinho-Strixino, S.; 2011. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: Gráfica Ufscar, 1,2,3. 371p.

Tundisi, J.G.; Matsumura Tundisi, T. and Periotto, N.A.; 2012. Exergy and ecological services in reservoirs. *Brazilian Journal. of Biology* Vol. 72, No. 4, P. 979.

Tunnell Jr, J.W.; Andrews, J.; Barrea, N.C. and Meretzsohn, F.; 2010. *Encyclopedia of Texas Seashells: Identification, Ecology, Distribution, and History*. Texas: A&M University Press. 512 P.

Wilsey, B.J.; Chalcraft, D.R.; Bowles, C.M. and Willig, M.R.; 2005. Relationships among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for Grassland Biodiversity. *Ecology*, 86(5):1178-1184.

Xu, F.L.; Dawson, R.W.; Tao, S.; Cao, J. and Li, B.G.; 2001. A method for lake ecosystem health assessment: an ecological modelling method (EMM) and its application. *Hydrobiologia*, 443, 159–175.

Xu, F.L.; Zhao, Z.Y.; Zhan, W.; Zao, S.S.; Dawson, R.W. and Tao, S.; 2005. An ecosystem health index methodology (Ehim) for lake ecosystem health assessment. *Ecological Modelling*, 188:327-339.

Xu, F.; Yang, Z. F.; Chen, B. and Zhao, Y.W.; 2011. Ecosystem Health Assessment Of The Plant-Dominated Baiyangdian Lake Based On Eco-Exergy. *Ecological Modelling*, 222, 201–209.

Zar, J. H.,; 1999. *Biostatistical Analysis*. 3ª Edição. Estados Unidos.

Anexo I:

Composição da comunidade bentônica: Moluscos, Poliquetas e Chironomídeos, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), biomassa (bio - g PSLCm⁻²) e grupos tróficos funcionais (GF) para os Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro. (Grupos Funcionais: Fil – filtrador, Her – herbívoro, Omnívoro – Omn, Car – carnívoro, DS – depositívoro de suspensão, DC – depositívoro cavador, Col – coletor).

TAXA	Paraíba		Mamanguape		GF
	Abund	Bio	Abund	Bio	
MOLLUSCA					
BIVALVIA					
VENEROIDA					
Tellinidae					
<i>Tellina</i> Linnaeus, 1758	10	0.20620	28	0.10763	Fil
Família Veneridae					
<i>Anomalocardia</i> Schumacher, 1817	165	33.2230	53	11.4597	Fil
<i>Leukoma</i> Römer, 1857	11	1.60143	10	0.33641	Fil
<i>Chione</i> Megerle von Mühlfeld, 1811	16	2.77248	0	0.00000	Fil
GASTROPODA					
MYOIDA					
Corbulidae					
<i>Caryocorbula</i> Gardner, 1926	22	0.45990	0	0.00000	Fil
Ordem MYTILOIDA					
Mytilidae					
<i>Mytella</i> Soot-Ryen, 1955	31	0.73416	0	0.00000	Fil
CYCLONERITIMORPHA					
Neritidae					
<i>Neritina</i> Lamarck, 1816	7	0.14605	4	0.59270	Her
CEPHALASPIDEA					
Cylichnidae					
<i>Cylichnella</i> Gabb, 1873	1	0.00364	0	0.00000	Omn
Haminoeidae					
<i>Haminoea</i> Turton & Kingston, 1830	1	0.00064	0	0.00000	Omn
LITTORINIMORPHA					
Tornidae					
<i>Teinostoma</i> H. Adams & A. Adams, 1853	1	0.00031	0	0.00000	Car
Ordem MESOGASTROPODA					
Littorinidae					
<i>Echinolittorina</i> Habe, 1956	0	0.00000	1	0.00358	Her
ANNELIDA					
POLYCHAETA					
CAPITELLIDA					
Capitellidae					
<i>Capitella</i> Blainville, 1828	15	0.05019	5	0.00005	DS
<i>Capitomastus</i> Eisig de 1887	78	0.00226	10	0.00020	DS
<i>Heteromastus</i> Eisig, 1887	8	0.00046	4	0.00019	DS
<i>Mediomastus</i> Hartmann, 1944	20	0.00164	11	0.00064	DC
<i>Leiocapitella</i> Hartman, 1947	1	0.00003	0	0.00000	DC
<i>Notomastus</i> Sars, 1850	2	0.01452	0	0.00000	DC
EUNICIDA					
Maldanidae					
<i>Clymenella</i> Verrill, 1873	24	0.00988	14	0.00192	DC

Cont: Composição da comunidade bentônica: Moluscos, Poliquetas e Chironomídeos, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), biomassa (bio - g PSLCm⁻²) e grupos tróficos funcionais (GF) para os Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro. (Grupos Funcionais: Fil – filtrador, Her – herbívoro, Omnívoro – Omn, Car – carnívoro, DS – depositívoro de suspensão, DC – depositívoro cavador, Col – coletor).

Dorvilleidae					
<i>Dorvillea</i> Parfitt, 1866	65	0.01217	27	0.00032	Car
Lumbrineridae					
<i>Lumbrineris</i> Blainville, 1828	157	0.02523	25	0.00511	Omn
Onuphidae					
<i>Diopatra</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	63	0.02334	3	0.00139	Omn
<i>Kinbergonuphi</i> Fauchald, 1982	39	0.00581	12	0.00037	Omn
<i>Onuphis</i> Audouin & Milne Edwards, 1833	5	0.00060	3	0.00020	Omn
PHYLLODOCIDA					
Glyceridae					
<i>Glycera</i> Savigny, 1818	0	0.00000	17	0.00289	Car
Goniadidae					
<i>Glycinde</i> Muller, 1858	142	0.06152	22	0.00422	Car
Nephytidae					
<i>Inermonephtys</i> Fauchald, 1968	0	0.00000	3	0.00089	Car
Nereididae					
<i>Allita</i> Kinberg, 1865	12	0.00107	40	0.00692	Car
<i>Ceratonereis</i> Kinberg, 1865	1936	0.05313	1804	0.13916	Car
<i>Laeonereis</i> Hartman, 1945	24	0.00311	4	0.00010	Car
Phyllodocidae					
<i>Eumida</i> Malmgren, 1865	15	0.00023	12	0.00026	Car
<i>Phyllodoce</i> Lamarck, 1818	23	0.00011	3	0.00000	Car
<i>Protomystides</i> Czerniavsky, 1882	13	0.00111	11	0.00002	Car
<i>Hypereteone</i> Bergström, 1914	8	0.00082	3	0.00006	Car
Pilargidae					
<i>Sigambra</i> Müller, 1858	9	0.00029	2	0.00004	DC
<i>Synelmis</i> Chamberlin, 1919	2	0.00014	0	0.00000	Car
<i>Paradoneis</i> Hartman, 1965	1	0.00003	10	0.00015	Car
Polynoidae					
<i>Eunoe</i> Malmgren, 1866	55	0.01023	4	0.00006	Car
Sigalionidae					
<i>Sthenelanella</i> Malmgren, 1867	5	0.00141	0	0.00000	Car
Syllidae					
<i>Exogone</i> Örsted, 1845	57	0.00105	15	0.00036	Car
<i>Typosyllis</i> Langerhans, 1879	6	0.00012	2	0.00038	Car
SABELLIDA					
Sabellariidae					
<i>Sabellaria</i> Lamarck, 1818	125	0.03022	2	0.00067	Fil
Sabellidae					
<i>Manayunkia</i> Manayunkia Leidy, 1859	42	0.00083	4	0.00008	Fil
<i>Pseudobranchiomma</i> Jones, 1962	1	0.00009	1	0.00166	Fil
Serpullidae					
<i>Hydróides</i> Gunnerus, 1768	17	0.00056	11	0.00010	Fil
Owenidae					
<i>Owenia</i> Delle Chiaje, 1844	41	0.01775	0	0.00000	DC

Cont: Composição da comunidade bentônica: Moluscos, Poliquetas e Chironomídeos, abundância (abund - número de indivíduos amostrados), biomassa (bio - g PSLCm⁻²) e grupos tróficos funcionais (GF) para os Estuários do Rio Paraíba e Mamanguape, amostrados no mês de novembro de 2013, nordeste Brasileiro. (Grupos Funcionais: Fil – filtrador, Her – herbívoro, Omnívoro – Omn, Car – carnívoro, DS – depositivo de suspensão, DC – depositivo cavador, Col – coletor).

ORBINIIDAE					
Orbiniidae					
<i>Scoloplos</i> Blainville, 1828	74	0.02316	63	0.00933	DC
SPIONIDA					
Chaetopteridae					
<i>Spiochaetopterus</i> Sars, 1853	2	0.00016	1	0.00001	Fil
Longosomatidae					
<i>Heterospio</i> Ehlers, 1874	2	0.00002	8	0.00013	DS
Magelonidae					
<i>Mageloma</i> F. Müller, 1858	26	0.01056	15	0.00044	DS
Poecilochaetidae					
<i>Poecilochaetus</i> Claparède, 1875	5	0.00006	0	0.00000	DS
Spionidae					
<i>Dipolydora</i> Verrill, 1881	16	0.00419	1	0.00002	Fil
<i>Scolecipis</i> Blainville, 1828	88	0.00238	7	0.00187	Fil
<i>Spiophanes</i> Grube, 1860	0	0.00000	1	0.00006	Fil
<i>Streblospio</i> Webster, 1879	3	0.00003	0	0.00000	Fil
TEREBELLIDA					
Trochochaetidae					
<i>Trochocaeta</i> Levinsen, 1884	1	0.00002	3	0.00005	DS
Ampharetidae					
<i>Isolda</i> Mueller, 1858	13	0.00109	2	0.00006	DS
Cirratulidae					
<i>Chaetozone</i> Malmgren, 1867	75	0.00277	125	0.00309	DC
<i>Timarete</i> Kinberg, 1866	55	0.00467	38	0.00492	DC
Pectinidae					
<i>Pectinaria</i> Savigny, 1818	5	0.00036	3	0.00097	DC
Sternaspidae					
<i>Sternaspis</i> Otto, 1821	38	0.00166	7	0.00020	DS
Terebellidae					
<i>Nicolea</i> Malmgren, 1866	10	0.00443	3	0.00007	DS
UNKNOWN					
Opheliidae					
<i>Armandia</i> Filippi, 1861	0	0.00000	129	0.00722	DC
Paraonidae					
<i>Aricidea</i> Webster, 1879	9	0.00039	0	0.00000	DS
ARTHROPODA					
INSECTA					
DIPTERA					
Chironomidae					
<i>Polypedilum</i> Kieffer, 1912	10152	0.08778	0	0.00000	Col
<i>Chironomus</i> Meigen, 1803	6	0.00005	0	0.00000	Col
<i>Apedilum</i> Townes, 1945	2	0.00069	0	0.00000	Col

V. CONCLUSÃO GERAL

- Para o trabalho desenvolvido neste período, tanto o nível de gênero quanto o de família de poliquetas foram suficientes em detectar, sem perdas de informações, as mudanças nas condições ambientais das regiões amostradas. No entanto, o nível de gênero apresentou uma resposta um pouco mais sensível às alterações nos ecossistemas estuarinos do semiárido. Dessa forma, a utilização dos níveis de resolução taxonômica dependerá do objetivo da pesquisa que está sendo executada.
- O uso do índice de eco-exergia possibilitou a detecção das alterações no ambiente estuarino em decorrência dos distintos níveis de impactos antrópicos a que as regiões dos estuários estão submetidas.
- Os resultados obtidos pela pesquisa evidenciaram a importância do estudo sobre as comunidades bentônicas como um instrumento de biomonitoramento, servindo de base para propostas de medidas para mitigação dos problemas ocasionados pelos impactos antrópicos, assim como para a conservação e gestão ambiental.

VI. PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados obtidos nesta dissertação evidenciam que o estudo da comunidade biológica utilizada como ferramenta de biomonitoramento possibilitam conhecer a estrutura e composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e basear-se nela para a construção de medidas de minimização de pressões antrópicas, conservação e gestão ambiental, tendo capacidade de subsidiar futuros estudos em ambientes estuarinos tropicais. Assim, recomenda-se que os seguintes tópicos sejam avaliados futuramente:

- Ampliar o conhecimento referente à dinâmica ecológica das comunidades bentônicas em estuários do semiárido, utilizando variações temporais e maiores escalas espaciais, avaliando o ambiente ao longo do tempo para assim perceber as flutuações que ocorrem nestes ambientes altamente dinâmicos;
- Desenvolver ferramentas baseadas nos indicadores ecológicos para estuários de regiões semiáridas, utilizando as comunidades bentônicas, a fim de conhecer a dinâmica desses ecossistemas, notadamente, daqueles que são submetidos a diferentes intensidades de pressões antropogênicas. E dessa forma auxiliar na identificação de áreas prioritárias ou que necessitem de maior atenção para a conservação dos ecossistemas estuarinos.

VII. REFERÊNCIAS INTRODUÇÃO GERAL

- ALVES, A. S., ADÃO, H., FERRERO, T. J., MARQUES, J. C., COSTA, M. J., PATRÍCIO, J. Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems: The use of nematodes in ecological quality assessment. **Ecological Indicators**, 24, 462-475. 2013.
- AMARAL, A. C., MORGADO, E. H., SALVADOR, L.B. Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. **Revista Brasileira de Biologia**, 58 (2): 307-316. 1998.
- BAE, M. J., Li, F., VERDONSCHOT, P. F., PARK, Y. S. Characterization of ecological exergy based on benthic macroinvertebrates in lotic ecosystems. **Entropy**, 15 (6), 2319-2339. 2013.
- BAILEY, R. C., R. H. NORRIS, AND T. B. REYNOLDSON. Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments. **Journal of the North American Benthological Society** 20:250–286. 2001.
- BALD, J., BORJA, A., MUXIKA, I., FRANCO, J., VALENCIA, V. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: a case-study from the Basque Country (Northern Spain). **Marine Pollution Bulletin**, 50, 1508–1522. 2005.
- BERTASI, F., COLANGELO, M.A., COLOSIO, F., GREGORIO, G., ABBIATI, M., CECCHERELLI, V.U. Comparing efficacy of different taxonomic resolutions and surrogates in detecting changes in soft bottom assemblages due to coastal defence structures. **Marine Pollution Bulletin**, 58(5), 686-694. 2009.
- BEVILACQUA, S., FRASCHETTI, S., MUSCO, L., TERLIZZI, A. Taxonomic sufficiency in the detection of natural and human-induced changes in marine assemblages: a comparison of habitats and taxonomic groups. **Marine Pollution Bulletin**. 58, 1850–1859. 2009.
- BEVILACQUA, S. FRASCHETTI, S. MUSCO, L. GUARNIERI, G. TERLIZZI, A. Low sensitiveness of taxonomic distinctness indices to human impacts: Evidences across marine benthic organisms and habitat types. **Ecological Indicators** 11, 448–455. 2011.
- BIASI, A. M.; BIANCHI, C. N., MORRI, C. Analysis of macrobenthic communities at different taxonomic levels: an example from an estuarine environment in the Ligurian Sea (NW Mediterranean). **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 58 99–106. 2003.
- BORJA, A., J. FRANCO; V. PÉREZ. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within european estuarine and coastal environments. **Marine Pollution Bulletin** 40, 1100-1114. 2000.

BORJA, A., MUXIKA, I.; RODRIGUEZ, J. G. Paradigmatic responses of marine benthic communities to different anthropogenic pressures, using M-AMBI, within the European Water Framework Directive. **Marine Ecology** 30: 214–227. 2009.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. The taxonomic distinctness measures of biodiversity: weighting of steps lengths between hierarchical levels. **Marine Ecology Progress Series** 184: 21-29. 1999.

DAUVIN, J.C., RUELLET, T. The estuarine quality paradox: Is it possible to define an ecological quality status for specific modified and naturally stressed estuarine ecosystems? **Marine Pollution Bulletin**, 59, 38–47, 2009.

DEL-PILAR-RUSO, Y., DE-LA-OSSA-CARRETERO, J.A., GIMÉNEZ-CASALDUERO, F., SÁNCHEZ-LIZASO, J.L., Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. **Environmet Pollution** 156, 240–250. 2008.

DEL-PILAR-RUSO, Y.; DE-LA-OSSA-CARRETERO, J. A.; LOYA-FERNÁNDEZ A.; FERRERO-VICENTE, L. M.; GIMÉNEZ-CASALDUERO, F., SÁNCHEZ-LIZASO, J. L. Assessment of soft-bottom Polychaeta assemblage affected by a spatial confluence of impacts: Sewage and brine discharges. Baseline / **Marine Pollution Bulletin** 58, 765–786. 2009.

DEL-PILAR-RUSO, Y.; DE-LA-OSSA-CARRETERO, J.A.; GIMÉNEZ-CASALDUERO, F.; SÁNCHEZ-LIZASO, J. L.; SAN MARTÍN, G. 2014. Checking the concurrence among macrobenthic organism distribution patterns at different taxonomic scales in relation to environmental factors. **Journal of Sea Research**, 86, 49-57.

DUROU, C.; MOUNEYRAC, C.; AMIARD-TRIQUET, C. Environmental quality assessment in estuarine ecosystems: Use of biometric measurements and fecundity of the ragworm *Nereis diversicolor* (Polychaeta, Nereididae). **Water Research** 42, 2157 – 2165. 2008.

ELLIOTT, M.; MCLUSKY, D. S. The Need for Definitions in Understanding Estuaries **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 55, 815–827. 2002.

ELLIOTT, M., QUINTINO, V.M. The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin** 54, 640–645. 2007.

ELLIS D. Taxonomic sufficiency in pollution assessment. **Marine Pollution Bulletin**, 16, 442–461. 1985.

FABIANO, M.; VASSALO, P.; VEZZULLI, L.; SALVO, V.S.; MARQUES, J.C. Temporal and spatial change of exergy and ascendancy in different benthic marine ecosystems. **Energy**, 29, 1697–1712. 2004.

FAUCHALD, K., JUMARS, P.A. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. **Oceanography Marine Biology: An Annual Review**, 17, 193–284. 1979.

GARCIA-BARCINA, J.M.; GONZALEZ-OREJAB, J. A.; LA-SOTA, A. de. Assessing the improvement of the Bilbao estuary water quality in response to pollution abatement measures. **Water Research** 40. P. 951 – 960. 2006.

HOEY, G.V., DEGRAER, S. VINCX, M. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 59, 599-613. 2004.

JORGENSEN, S.E.; MEJER, H. A holistic approach to ecological modelling. **Ecological Modelling**, 7:169-189. 1979.

JORGENSEN, S.E., MARQUES, J.C. Thermodynamics and ecosystem theory, case studies from hydrobiology. **Hydrobiologia**, 445:1–10. 2001.

JORGENSEN, S.E. **Integration of Ecosystem Theories**. A Pattern., 3rd ed. Kluwer Academic Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands, p. 432. 2002.

JORGENSEN, S.E.; SVIREZHEV, Y. M. Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems. **Elsevier**, Amsterdam, 366p. 2004.

JORGENSEN, S.E., LADEGAARD, N., DEBELJAL, M., MARQUES, J.C. Calculations of exergy for organisms. **Ecological Modelling** 185:165-175. 2005.

JORGENSEN, S.E.; ULANOWICZ, S.E. Network calculations and ascendancy based on eco-exergy. **Ecological Modelling** 220:1893-1896. 2009.

KAISER, M.J. ATTRILL, M.J., JENNINGS, S., THOMAS, D.N. BARNES, D.K.A. **Marine Ecology – Processes, Systems and Impacts**. Oxford University Press, New York, 557 pp. 2005.

KENNISH, M.J. Environmental threats and environmental futures of estuaries. **Environmental Conservation** 29 (1), 78-107. 2002.

KALLIMANIS, A.S., MAZARIS, A.D., TSAKANIKAS, D., DIMOPOULOS, P., PANTIS, J.D., SGARDELIS, S. P. Efficient biodiversity monitoring: Which taxonomic level to study? **Ecological Indicators**, 15(1), 100-104. 2012.

LYRA, F., CARVALHO, P., ANTUNES, C., VASCONCELOS, T.E BASTO, M. Resultados preliminares sobre a contaminação de sedimentos do rio Minho por metais vestigiais e pesticidas organoclorados. Em: **Actas do III Simpósio sobre a bacia hidrográfica do rio Minho**, Vila Nova de Cerveira. 2006.

LITTLE, C. **The biology of soft shores and estuaries. biology of habitats**. Oxford University Press. 2000.

MACKEY, R.L.; CURRIE, D. J. The diversity-disturbance relationship: is it generally strong and peaked? **Ecology** 82:3479-3492. 2001.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Blackwell Science, Oxford. 256p. 2004.

MARGALEF, R. **Perspectives in Ecological Theory**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 1968.

MARQUES, J.C., PARDAL, M.A., NIELSEN, S.N., JORGENSEN S.E. Analysis of the properties of exergy and biodiversity along an estuarine gradient of eutrophication. **Ecological Modelling**, 102:155-167. 1997.

MARQUES, J.C., SALAS, F., PATRICIO, J., TEIXEIRA, H., NETO, J.M. **Ecological Indicators for Coast and Estuarine Environmental Assessment**. A user guide. Universidade de Coimbra. Wit Press Southampton, Boston. 183p. 2009.

MAZARIS, A.D., KALLIMANIS, A.S., SGARDELIS, S.P., PANTIS, J.D. Does higher taxon diversity reflect richness of conservation interest species? The case for birds, mammals, amphibians, and reptiles in Greek protected areas. **Ecological Indicators**, 8, 664–671. 2008.

MELO, A.S., HEPP, L.U. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecologia Brasiliensis** 12 (3): 463-486. 2008.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE. **Princípios de Oceanografia Física de estuários**. São Paulo. Ed. USP. 411p. 2002.

MOLOZZI, J., SALAS, F., CALLISTO, M., MARQUES, J.C. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non-disturbed tropical reservoirs. **Ecological Indicators**, 24, 543–551, 2013.

MUNIZ, P.; PIRES, A.M.S. Trophic structure of polychaetes in the São Sebastião Channel (Southeastern Brazil). **Marine Biology**, v. 134, p. 517-534, 1999.

O'CONNOR, J.S., DEWLING, R.T. Indices of marine degradation: their utility. **Environ Manage.**10:335–43. 1986.

ODUM, E. **Fundamentos de Ecologia**. 5.^a ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 1997.

PAERL, H.W. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: interactive effects of human and climatic perturbations. **Ecological Engineering**, 26, 40-54. 2006.

PARSONS, T.R., TAKAHASHI, M., HARGRAVE, B. **Biological oceanographic processes**. 3.^a ed. Butterworth-Heinemann. 1984.

PASSOS, F.J. de; LYRA, C.F. **Caracterização da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos do Estuário do Rio Minho** – Sua Relação com a Distribuição de Poluentes no Sedimento. Dissertação. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada. 2007.

PATRÍCIO, J., ULANOWICZ, R., PARDAL, M. A., MARQUES, J. C., Ascendency as an ecological indicator: a case study of estuarine pulse eutrophication. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 60, 23 e 35. 2004.

PATRÍCIO, J., SALAS, F. PARDAL, M.A., JORGENSEN, S.E., MARQUES, J.C. Ecological indicators performance during a re-colonisation field experiment and its compliance with ecosystem theories. **Ecological Indicators**, 6, 43–57. 2006.

PATTEN, B.C., FATH, B.D., CHOI, J.S., BASTIANONI, S., BORRETT, S.R., BRANDT-WILLIAMS, S., DEBELJAK, M., FONSECA, J., GRANT, W.E., KARNAWATI, D., MARQUES, J.C., MOSER, A., MÜLLER, F., PAHL-WOSTL, C., SEPPELT, R., STEINBORN, W.H., SVIREZHEV, Y.M. **Complex adaptive hierarchical systems**. In: Constanza, R., Jørgensen, S.E. (Eds.), Understanding and Solving Environmental Problems in the 21st Century. Elsevier, Amsterdam, pp. 41–94. 2002.

PEARSON T.H., ROSENBERG R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution in the marine environment. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, 16, 229–311. 1978.

PEREIRA, M.D., SIEGLE, E., MIRANDA, L.B, SCHETTINI, C.A.F. Hidrodinâmica e transporte de material particulado em suspensão sazonal em um estuário dominado por maré: Estuário de Caravelas (BA). **Revista Brasileira de Geofísica** 28(3): 427-444. 2010.

PINTO, V.C. **Ecologia e qualidade ecológica de comunidades de macroinvertebrados bentônicos em zonas costeiras e estuarinas: abordagem comparativa**. Mestrado em Ecologia Marinha. Faculdade de Ciências Departamento de Biologia Animal. Universidade de Lisboa 2009.

PRITCHARD, D.W. What is an estuary: a physical view point. **American association for the advancement of science**, 83, 3–5. 1967.

PRINZING, A., KLOTZ, S., STADLER, J., BRANDL, R. Woody plants in Kenya: expanding the higher-taxon approach. **Biology Conservation**, 110, 307–314. 2003.

POCKLINGTON, P., WELLS, P.G. Polychaetes. Key taxa for marine environmental quality monitoring. **Marine Pollution Bulletin**, 24, 593–598. 1992.

POTTER, I.C.; CHUWEN, B.M.; HOEKSEMA, S.D.; ELLIOTT, M. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 87, 497–500. 2010.

ROSENBERG, R., BLOMQVIST, M., NILSSON, H.C., CEDERWALL, H., DIMMING, A. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. **Marine Pollution Bulletin**, 49, 728–739. 2004.

REISS, H., KRÖNCKE, I. Seasonal variability of benthic indices: An approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. **Marine Pollution Bulletin**, 50, 1490-1499. 2005.

SALAS, F., MARCOS, C., PÉREZ-RUZAFÁ, A., MARQUES, J.C. Application of the exergy index as ecological indicator of organical enrichment areas in the Mar Menor lagoon (south-eastern Spain). **Energy**, 30: 2505-2522. 2005.

SHANNON, C.E., WEINER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Chicago. 117p. 1963.

SILVA, A.F. **Caracterização da macrofauna bentônica de bancos areno-lamosos dos estuários dos Rios Pacoti e Pirangi - Ceará**, Brasil. Dissertação. Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará. 2006.

SOARES-GOMES, A., MENDES, C.L.T., TAVARES, M., SANTI, L. Taxonomic sufficiency of polychaete taxocenes for estuary monitoring. **Ecological Indicators**, 15(1), 149-156. 2012.

SU, J.S.; DEBINSKI, D.M.; JAKUBAUSKAS, M.E.; KINDSCHER, K. Beyond Species Richness: Community Similarity as a Measure of Cross-Taxon Congruence for Coarser-Filter Conservation. **Conservation Biology**, 18 (1): 167-173. 2004.

TANIWAKI, R.H.; SMITH, W.S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do Reservatório de Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. **J Health Science Institute**, 29(1):7-10, 2011.

ULANOWICZ, R.E. An hypothesis on the development of natural communities. **Journal of Theoretical Biology**, 85:223-245. 1980.

VASCONCELOS, R.P., REIS-SANTOS, P., FONSECA, V., MAIA, A., RUANO, M., FRANÇA, S., VINAGRE, C., COSTA, M.J., CABRAL, H. Assessing anthropogenic pressures on estuarine fish nurseries along Portuguese coast: A multi-metric index and conceptual approach. **Science of the Total Environment**, 374, 199-215. 2007.

WARWICK, R.M.A. new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. **Marine Biology**, 92:557-562. 1986.

WARWICK, R.H., PLATT, H.M., CLARKE, K.R., AGARD, J. GOBIN, J. Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbor, Bermuda. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 138, 119-142. 1990.

WARWICK, R.M. Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations. **Australian Journal of Ecology**, 18, 63–80. 1993.

WARWICK, R.M.; CLARKE, K.R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. **Marine Biology**, 118:739-744. 1994.

WEISBERG, S., RANASINGHE, J., SCHAFFNER, L., DIAZ, R., DAUER, D.E FRITHSEN, J. An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. **Estuaries**, 20:149-58. 1997.

WETZ, M.S; YOSKOWITZ, D.W. An 'extreme' future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. **Marine Pollution Bulletin**, 69, 7–18. 2013.

YSEBAERT, T., HERMANA, P., MEIREC, P., CRAEYMEERSCHD, J., VERBEEKE, H. E HEIPA, C. Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 57: 335-355. 2003.

ANEXO I

Normas da Revista

Estuarine, Coastal and Shelf Science

para submissão do manuscrito

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

Types of paper

Estuarine, Coastal and Shelf Science is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged.

Research areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters.

Up-front rejections of papers submitted to *Estuarine, Coastal and Shelf Science*

ECSS handles about 1000 papers per year and over 3000 reviewers are involved in assisting the journal each year.

As editors we follow the declared guidelines for the journal and we also receive advice and comments from the publishers, and members of the editorial board as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase.

The papers are subject to an initial technical pre-screening process by the publisher. This process checks on submission format and examines matters such as the provision of suitable keywords and legible figures. It also tries to check up on the standard of English, as it is totally inappropriate to expect a reviewer to undertake linguistic revision.

The pre-screening process however makes no judgement on the suitability of the paper for ECSS. This judgement is made by one of the editors who will up-front reject a paper judged unsuitable without going to review. These up-front rejections are due to three principal reasons:

Firstly, we receive several papers each year that have been submitted to the "wrong journal". We have received, for example, papers on inland freshwater lakes or palaeontology, and other topics which are clearly beyond the scope of the journal. As a simple guide, if there is no mention of any previous ECSS paper in the reference list, it strongly suggests that the paper has been submitted to the wrong journal.

Secondly, papers that are "data reports" or "reports of local interest" will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!"

Thirdly, other reasons for up-front rejection can be a lack of a valid Discussion which integrates the study with the peer-reviewed literature or else relies on excessive self-citation, or a lack of appropriate statistical analysis, or purely statistical analyses without considering processes.

We at ECSS seek that all papers are based on hypothesis testing and that the hypotheses should be of general and international interest. We are interested in contributions that add to general knowledge, and move the field forward.

By up-front rejection we hope to give the authors a chance to quickly submit to a more appropriate journal. We do accept that we will sometimes make mistakes in this process, but we do this to protect the reviewers by offering them only relevant papers that are potentially publishable in ECSS. Up-front rejected papers will not be reconsidered for publication and we have a similar policy for papers rejected after review.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

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

Conflict of interest

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

Submission Declaration and Verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The cover letter must include a declaration that all authors agree to the submission

Contributors

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

Changes to authorship

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

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

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

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. More information about this can be found here: <http://www.elsevier.com/authors/article-transfer-service>.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open access and Subscription.

For subscription articles

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

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

For open access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for:

Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>.
Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>.

Role of the funding source

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

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open access

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

Subscription

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

All articles published open access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY): lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine

the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA).

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND): for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide open access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published open access.

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

The open access publication fee for this journal is **\$2500**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language and language services

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

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at <http://epsupport.elsevier.com> for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <http://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

In the case of Special Issues, authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion.

The above represents a very brief outline of this type submission. It can be advantageous to print this "Guide for Authors" section from the site for reference in the subsequent stages of article preparation.

Note: electronic articles submitted for the review process may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below.

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.

After peer review, authors will have a 60 days period for submitting their revised manuscript.

Submit your article

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

When submitting a manuscript, the author must carefully select the type of paper because several options are possible including normal research papers, short contributions, invited feature papers, review papers, invited editorials, and Special Issues. In the case of Special Issues, several Special issues may be in preparation at the same time and therefore authors must be very careful to select the correct Special Issue.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and current email addresses of four experts on the topic of the manuscript. To fit the broad scope of the journal, possible reviewers should include experts from a range of regional and international locations. You may also mention, with a brief reason, persons whom you would prefer not to review your paper.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced and includes page numbers this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

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

Article structure

Subdivision - numbered sections

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

Introduction

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

Material and methods

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

Theory/calculation

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

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature. However, if the paper reads better with a combined section and this prevents an undue amount of repetition then we allow a joint section.

Conclusions

A short Conclusions section can be presented at the end of the Discussion.

Place Acknowledgements, including information on grants received, before the references in a separate section, and not as a footnote on the title page. Figure captions, tables, figures and schemes should be presented in this order at the end of the article. They are described in more detail below.

Glossary

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article if applicable.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Paper length

The paper should not contain more than 8000 words, and not more than 8 figures and 3 tables.

Essential title page information

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

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

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

Highlights

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

Keywords

Authors must provide 4 to 6 keywords plus regional index terms. At least four of the subject keywords should be selected from the Aquatic Science & Fisheries Thesaurus. An electronic version of the Thesaurus can be found at <http://www.csa.com/csa/support/demo.shtml>. You may also find a paper version in your library. The Regional Terms should be provided as a hierarchical string (e.g.: USA, California, Monterey Bay). Authors are also encouraged to submit geographic bounding coordinates at the end of the keyword string. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

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

Acknowledgements

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

Reporting of Salinity Measurements

In articles in ECSS, salinity should be reported using the Practical Salinity Scale. In the Practical Salinity Scale salinity is defined as a pure ratio, and has no dimensions or units. By decision of the Joint Panel of Oceanographic Tables and Standards it does not have any numerical symbol to indicate parts per thousand. Salinity should be reported as a number with no symbol or indicator of proportion after it. In particular, it is not correct to add the letters PSU, implying Practical Salinity Units, after the number.

An example of correct phrasing is as follows: 'The salinity of the water was 34.2'. It is reasonable to state at some point early in the paper that salinity was measured using the Practical Salinity Scale.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry: <http://www.iupac.org/> for further information.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
 - Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
 - Number the illustrations according to their sequence in the text.
 - Use a logical naming convention for your artwork files.
 - Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
 - For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
 - Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.
- A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

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

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

Formats

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

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

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

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

Color artwork

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

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

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

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Responsibility for the accuracy of bibliographic citations lies entirely with the Author(s). Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

All citations in the text should refer to: 1. Single Author's name (without initials) and year of publication. 2. Two Authors' names and the year of publication. 3. Three or more Authors; first Author's name followed by "et al." and the year of publication. In the list of references names of authors and all co-authors must be given in full.

References in the text should be arranged chronologically.

References in the Reference List should be arranged first alphabetically, and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same Author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

References to a journal publication:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Journal name (given in full), volume number: first and last page numbers of the paper.

Gooday, A.J., Bett, B.J., Shires, R., Lambshead, P.J.D., 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep Sea Research Part II* 45, 165-201.

References to a book:

Names and initials of all authors, year. Title of the book. Publisher, location of publisher, total number of pages.

Fennel, W. and Neumann, T., 2004. *Introduction to the Modelling of Marine Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 297 pp.

Reference to a chapter in an edited book:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Names and initials of the volume editors, title of the edited volume. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Thomas, E., 1992. Middle Eocene-late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddell Sea): faunal changes and implications for ocean circulation. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), *Eocene Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 245-271.

Conference proceedings papers:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Name of the conference. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Smith, M.W., 1988. The significance of climatic change for the permafrost environment. Final Proceedings International Conference on Permafrost. Tapir, Trondheim, Norway, pp. 18-23.

Unpublished theses, reports, etc.: Use of unpublished theses and reports is strongly discouraged. If they are essential and the editors agree, you must supply:

Names and initials of all authors, year. Title of item. All other relevant information needed to identify the item (e.g., technical report, Ph.D. thesis, institute, current status i.e. in press/unpublished etc.).

Moustakas, N., 1990. Relationships of Morphological and Physiochemical Properties of Vertisols under Greek Climate Conditions. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greece, unpublished.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. Titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a note such as '(in Russian)' or '(in Japanese, with English Abstract)' should be added at the end of the reference.

The following provide examples of appropriate citation formats for non-text and electronic-only information. However, it is requested that a Web site address or list server message is given as a reference ONLY where the information is unavailable in a more permanent form. If such sources are given, then please give as complete information as possible.

Jones, P., 1996. Research activities at Smith Technology Institute. WWW Page, http://www.sti.com/about_us/research.

Smith, F., Peabody, A.N., 1997. Hydrographic data for the Sargasso Sea, July-September 1993, SarSea mission. (Deep-Sea Data Centre, Hull, UK), online, dataset, 740 MB, <http://www.dcdc.gov>.

Green, A., 1991. Deformations in *Acanthaster planci* from the Coral Sea, observed during UEA Special Project 7, July 1978. Journal of Pollution Research 14 (7) suppl., CD-ROM, photographic images, 240 MB.

James, Z., 1997. Ecological effects of sea wall construction during 1994 at Bridlington, UK. List server Message, Eco-list, 20 October 1995.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

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

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including

ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

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

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

MATLAB FIG files

MATLAB FIG files (optional): You can enrich your online articles by providing supplementary MATLAB figure files with the .FIG file extension. These files will be visualized using an interactive viewer that allows readers to explore your figures within the article. The FIG files can be uploaded in our online submission system, and will be made available to download from your online article on ScienceDirect. For more information, please see <http://www.elsevier.com/matlab>.

Interactive plots

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

Submission checklist

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

Ensure that the following items are present:

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

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

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

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

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

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

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

Online proof correction

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

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

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

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

Author's Discount

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

Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

Please contact the Journal Manager for any queries on manuscript, offprints and special issues. For technical help, please contact the support team at support@elsevier.com.

© Copyright 2014 Elsevier | <http://www.elsevier.com>

ANEXO II

Normas da Revista

Journal of Coast Research

para submissão do manuscrito

Full Author Instructions Journal of Coastal Research

SCOPE OF THE JOURNAL

The Journal of Coastal Research (JCR), covering the entire field of coastal research, encompasses all subjects relevant to natural and engineered environments (freshwater, brackish or marine) and the protection - management of their resources in the vicinity of coastlines of the world.

The journal broadly focuses on shorelines but embraces coastal environments that reach some indefinite distance inland and that extend seaward beyond the outer margins of the sublittoral (neritic) zone.

EDITORIAL POLICY

The Journal of Coastal Research is published in English by the Coastal Education & Research Foundation [CERF]. The following main departments are included in most issues: Professional Papers, Technical Communications, Notes, Discussions and Replies, Meeting Reports, News and Announcements, Letters to the Editor, Coastal Photographs, Book Reviews, and Books Received.

Manuscripts received are normally reviewed, in a timely manner, by at least two referees. The referees assist the Editor-in-Chief in obtaining comments and suggestions for improvement of manuscripts. The Editor-in-Chief is ultimately responsible for the material that is selected for publication.

Before submitting a manuscript, please read the following rules carefully. Electronic submission of contributions is mandatory. Contributions that differ from the specifications will be returned for correction before review. Revised manuscripts are assumed to be in final form when received at the website.

Editors and peer reviewers are not supposed to rewrite a poorly written or sloppy manuscript. If you have difficulty writing scientific English, please consult a colleague whom you know well, or seek out the services of a professional editor who will help you for a fee. Manuscripts may be rejected due to poor English.

PUBLICATION CHARGES

Page Charges: CERF depends, in part, on the payment of page charges for its operation. For CERF members, JCR requests payment of the page charge of \$50.00 USD per printed page. Non-members pay \$70.00 USD per printed page. Payment of page charges is voluntary.

Color Charges: Color figures cost \$600 per figure for all color figures published in an article for non-CERF members and \$500 for CERF members. Online-only color is an option at \$85 per figure (members and nonmembers). This cost must be paid in full before a paper is scheduled for publication. Please be sure to indicate at the time of submission whether figures submitted in color should print in color or grayscale. Unless noted otherwise, figures will be processed in grayscale. **Revisions and Remakes:** Once a manuscript is accepted for publication and sent in for typesetting, it is expected to be in its final form. Authors will be billed \$5.00 per revision for changes in proofs above the allowed one revision per two printed pages. Charges will be assessed for all changes with the exception of printer and editor errors. In addition, the following charges will apply to figure revisions: \$24.75 per halftone (B&W) figure remake, \$19.00 per line art (B&W) figure remake, and \$150.00 per color figure remake. Charges for alterations made at the proof stage will be billed separately after publication.

PROFESSIONAL PAPERS

Original contributions dealing with all aspects of coastal and environmental problems are of prime interest to the JCR. Manuscripts dealing with theory, methodology, applied topics, engineering, thematic reviews, and case studies are also appropriate for publication. Periodic reviews of history, state-of-the-art summaries, and progress on specific topics or problems are also welcome.

TECHNICAL COMMUNICATIONS AND NOTES

Brief reports and notes dealing with a new or improved technique, procedure, or methodology are treated similarly to professional papers. These short reports may contain line drawings, photographs, and references. Although generally shorter and more limited in scope compared to a professional paper, they should follow the same format of longer papers. Technical communications are grouped together after the professional papers in a separate department of the JCR.

DISCUSSIONS AND REPLIES

Discussion of professional papers or technical communications is encouraged. This department is provided as a forum for the exchange of ideas. Commentaries should identify, in JCR format, the report title and authors as well as the issue in which the paper appeared. Copies of discussion papers are normally sent to senior or first authors so that their replies may be printed following the discussions. Rejoinders and further discussion are permitted, should the author(s) or responders wish extended debate.

NEWS AND ANNOUNCEMENTS

Announcements, discussions, and progress reports of supporting organizations and other associations with coastal themes and interests will highlight this section. Brief descriptions of representative professional activities and news items of international, national, or regional interest are also relevant here. Also included are news features about people, honors, and awards and opportunities for fellowships, scholarships, and research funds.

LETTERS TO THE EDITOR

Critical observations (pro and contra) and clarifying discussions of articles appearing in the JCR will be published as soon as possible along with the author's reply. Brief and pertinent responses are encouraged. Editorials providing informative commentaries on any aspect of coastal technology, research, management, or policy are welcome.

LITERATURE REVIEWS, BOOKS RECEIVED

Topical reviews in specialized subjects should feature classical interpretations of contentious issues as well as modern developments. Selected book reviews and shorter listings of books received are included.

COASTAL PHOTOGRAPHS

Black and white photographs of general interest will be published as a single page entry with an appropriate caption (it is helpful to include location and date). Refer to previous issues for photo proportions and submit contributions to the Editor-in-Chief. Color printing of Coastal Photographs is available for \$500 for CERF members and \$600 for non-members. If you would like to pay for color printing, please make sure to indicate this when you submit the photograph.

FOUND MARKING

Manuscript Requirements

Manuscripts must be original and not submitted for publication elsewhere. Contributions in general should be organized in the following order: (A) title (include a short running head), (B) names and affiliations of authors (with complete addresses and e-mail), (C) abstract, (D) additional index words (words not included in the title), (E) introduction, (F) methods, techniques, materials, study area, (G) results, (H) discussion, (I) conclusions, (J) acknowledgments, (K) literature cited, (L) summary or extended abstract in native language (if different from English), (M) tables, and (N) figure captions.

For general guides to manuscript layout and style, contributors are referred to: A Manual of Style (1982), The University of Chicago Press, Chicago, Illinois; Suggestions to Authors of the Reports of the United States Geological Survey (1958), U.S. Government Printing Office, Washington, DC; Geowriting -A Guide to Writing, Editing, and Printing in Earth Science (1973), American Geological Institute, Washington, DC; and Style Manual: For Authors and Printers of Australian Government Publications (1966), Commonwealth Government Printing Office, Canberra, A.C.T., Australia. These books contain useful details of grammar, punctuation, table preparation, figure layout, and other style matters.

Authors are responsible for making their contributions clear, concise, and accurate.

Contributors to the JCR should consult guidelines, previous issues of the Journal, and general style manuals (indicated above). Manuscripts that are not properly prepared will be returned to the authors for corrections.

Manuscripts must be typed in readable font, arial or times roman, and in a popular word processor such as Word or WordPerfect. Copy may be single spaced throughout. The following standard headings are set up to accommodate the majority of situations that will normally be encountered in the JCR. Please follow the following system for heads and banners:

FIRST ORDER HEADINGS ARE BOLD TYPE

IN CAPITALS AND CENTERED

Second Order Headings Are Upper and Lower Case, Flush Left

Third Order Headings Are Upper and Lower Case, Indented

Fourth Order Headings Are Upper and Lower Case Indented As A

Paragraph and Running into Copy. The typographical requirements of headings identify their level or order. In exceptional circumstances they may be further stipulated by a numbering system, but the use of numbering systems is discouraged. Manuscripts should be prepared using a popular printer font. Do not use oversize letters or fancy fonts for headings or text. Book or journal titles and foreign words and phrases, etc. should be italicized. Symbolization used in mathematical formulae must be accompanied by marginal notes that identify the foreign characters (first occurrence only) for the typesetter, Marginal notes must be made in a manner that is easily separated from the text.

TITLE PAGE

The first page should contain: (1) a concise title; (2) a short running head; (3) full name(s) of the author(s), under the title in one line; (4) complete postal addresses and other contact information. Footnotes for new affiliations, contribution numbers from institutions, and financial support from research contracts and grants may be added

to this page. Abstract The abstract will be read by 50 to 500 times more people than will read the full paper.

Therefore, the abstract should convey information itself, not just promise it. Always begin the abstract with rationale and objective statements; never jump directly into the materials and methods.

A concise abstract, (never more than 3% of the text or maximum of 250 words) should be on the second page. The content should summarize the work and indicate important research findings or results. The abstract should not contain reference to bibliographic citations, figures, or table materials. Equations, formulas, obscure abbreviations, and acronyms also are inappropriate. The abstract should include reasons for doing the work, objectives of the topics covered, brief description of the methods used, results, and conclusions. For those able to do so, a short summary in French, German, Spanish and/or other language would be appreciated. The summary does not need to be an exact, literal translation of the abstract.

Additional Index Words Provide additional words not found in the title. These key words are useful to abstracting services and indexers who prepare lists for computer searches by subject. They are identified after the abstract as "ADDITIONAL INDEX WORDS" listed in *italic*.

Tables may be submitted at the end of the text file or in a separate file (or files). They should be numbered consecutively, appropriately based, and kept as simple and short as possible.

Longer appendices are exceptionally allowed. The title to a table should not include the units of measurement or take footnotes. Show the units for all measurements in column heads, in spanner heads, or in the field. In general, only horizontal rules are used: a double rule at the top, a single rule below the box head, and a single rule at the bottom just over the footnotes; additional horizontal rules may be needed under spanner heads and subheads. Vertical lines within tables should be avoided. Tables should be submitted in XLS or DOC formats

ALL FIGURES MUST BE UPLOADED AS SEPARATE FILES. Photographs and line drawings are to be numbered in Arabic numerals in a single sequence as "Figure 1," "Figure 2," etc., and so referred to in the text. Each must be clearly captioned and acknowledged when necessary. Legends of figures must be typed on a separate page at the end of the paper in a "List of Figures." The size of a figure, the lettering and lines, must be carefully considered for reduction because these figures will be reduced as much as possible to one column (85 mm) or two columns (175 mm). The length of a column is 230 mm. Larger illustrations may be rotated sideways and printed as a turn-page to take advantage of maximum page size. The minimum size of a reduced letter should be about 2 mm high. For a figure that is to be reduced to 1/4 of its size (1/2 length of size), lines of 0.5 to 0.8 mm and 16 to 18 point bold are recommended.

Computer-generated figures should be used. Magnifications should be given as bar lines in the photograph and defined in the caption or legend. Maps and planimetric drawings should contain scales in bar lines as well as a north sign.

All figures should be mentioned in the text. Figures will not be placed out of numerical order. Figures are assumed to be grayscale or black and white (even if submitted in color), unless otherwise stated. If a figure is to be printed in color, it must be clearly marked for color plate preparation.

Digital Figure Guidelines

Digital Files That Allen Press Can Usually Use: TIFF (.tif), Adobe Illustrator (.ai), Canvas, EPS (.eps), Adobe Photoshop (.psd), Quark documents, PDF (.pdf), Corel

Photo-Paint, PageMaker documents, JPEG (.jpg), Corel Draw, PictureViewer documents, etc.

Many of the above formats are resolution-dependent. The file resolutions that are required for good quality printing is much higher than is required for viewing on a computer screen. Files that are created in programs or at settings that are "low" resolution will always retain the visual characteristics of low-resolution files regardless of what is done to them later. A low-resolution file has a bitmapped (pixilated) appearance. The best file resolution for a figure file depends on the type of figure that it is and what line-screen will be used to print the figure. Using resolutions that are higher than ideal does not serve any advantage. Allen Press recommends the following ideal and minimum resolutions for figure files: Line Bitmap 1200 ppi 600 ppi Color CMYK 350 ppi 200 ppi Color / "line" CMYK 600 ppi 200 ppi 175L b/w halftone Grayscale 350 ppi 200 ppi 300L b/w halftone Grayscale 450 ppi 200 ppi.

Note about time: Allen Press reserves the right to reject digital files if they require excessive time to open. To prevent this from happening, please: Crop excessive white space from around the figure, • submit files in grayscale or bitmap mode unless they are intended to print in color, size the figure to be close to its final print size. Do not exceed the ideal resolution for the kind of figure as indicated in the above table.

Scientific Names Identifiers of plant and animal genera, subgenera, species, and lower taxa need to be in italics, specific and lower epithets being written with a lower case initial letter.

Nomenclature should follow the appropriate international code. Geological, ecological and other scientific terms should follow standard usage or be defined the first time they are employed in the paper.

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

Equations Please provide adequate space for entering printing and coding instructions around equations and between lines of a given equation. Identify the Greek letter used in the margin by writing the name, e.g. alpha. Keep in mind that elaborate equations often extend over several lines with many breaks. Alternatively, it may be advantageous to group long equations into a "table," which can run across the full width of the page, thus allowing clearer presentation. Titles A good title (a) briefly defines the subject, (b) indicates the purpose of the contribution, and (c) gives important, high-impact words early. Besides being descriptive, the title should be short, usually less than 12 words except in unusual circumstances. Titles should never contain abbreviations, excessive notation, or proprietary names; and authors should avoid using unusual or outdated terminology.

LITERATURE REFERENCES

InText Citations

Citations are generally treated according to the "Harvard System." In the body of the text, they are cited by naming the author(s) and indicating the year of publication. Please note that for citations with three authors or less, all three author names are given in the in-text citation (Jones, Smith, and Andrews, 2005). For publications with more than three authors, et al. is used (Finkl et al., 2005). Enclose the cite in parentheses if referring to indirectly, or enclose the year of publication in parentheses if referring to

directly, e.g. "(Jones, 1988)" or "(Smith et al., 1989);" "according to Jones (1988)," "from data prepared by Smith et al. (1989)." Multiple citations given together should be listed in alphabetical (not chronological) order, separated by a semicolon. For example: (Andrews and Stewart, 2006; Jones, 2004; Jones, Andrews, and Stewart, 2003).

Literature Cited Section

Papers cited should be grouped together in a list headed "Literature Cited," (not References or Bibliography) alphabetically arranged by first authors' surnames, but unnumbered, at the end of the body of the paper. There all authors' names and initials are required (no space between initials) followed by the year of publication and the full title of the paper. Then follows the full title of the periodical in *italic*, then the volume and issue number in Arabic numerals, and finally the page spread. For books, the title is given in *italic*, and then the bare name of the publisher preceded by the place (city and state or country) of publication. The list of references to journal articles and books, found in the Journal, should be in the following basic format: Giammona, C.P, 1988. Sea surveys. In: Finkl, C.W, (ed.), *The Encyclopedia of Field and General Geology*. New York: Van Nostrand Reinhold, pp. 747-764.

McCave, I.N., 1987. Fine sediment sources and sinks around the East Anglian coast (UK). *Journal Geological Society London*, 144, 149-152.

Thieke, R.J. and Harris, P.S., 1993. Application of longshore transport statistics to the evaluation of sand transfer alternatives at inlets. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 18, pp. 111- 124.

Kundu, PK, 1990. *Fluid Dynamics*. New York: Academic, 638p.

Mehta, A.J. and Montague, C.L., 1991. A Brief Review of Flow Circulation in the Vicinity of Natural and Jettied Inlets: Tentative Observations on Implications for Larval Transport at Oregon Inlet, North Carolina. Gainesville, Florida: Oceanographic Engineering Department, University of Florida, Report UFLICOELIMP91/03, 74p.

Check the accuracy of your references scrupulously. Many papers arrive at a reviewer's desk with incorrect dates, titles, and author names in reference lists; or one year of publication or spelling of the author's name in the reference list and another in the text citation. Responsibility for accuracy rests solely with the author. Examples of variations on the basic citation formula follow.

EXAMPLES OF REFERENCE FORMATS FOR THE JCR

Single-Author Paper in a Journal:

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

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

Multi-Authored Paper in a Journal: Finkl, C.W.; Estebanell Becerra, J.; Achatz, V., and Andrews, J.L., 2008. Geomorphological Mapping along the Upper Southeast Florida Atlantic Continental Platform; I: Mapping Units, Symbolization and Geographic Information System Presentation of Interpreted Seafloor Topography. *Journal of Coastal Research*, 24(6), 1388-1417.

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

Paper in a Proceedings Volume with No Editor: Butenko, J. and Barbot, J.P., 1980. Geological hazards related to offshore drilling and construction in the Orinoco River

Delta of Venezuela. Offshore Technology Conference(Houston, Texas), Paper 3395, pp. 323-329.

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

Goda, Y., 1970. The observed joint distribution of periods and heights of sea waves. Proceedings of the 16th International Conference on Coastal Engineering (Sydney, New South Wales, Australia), pp. 227-246.

Book - Commercial Publisher Coleman, J.M., 1981. Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration. Boston, Massachusetts: International Human Resources Development Corporation, 121p.

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

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

University Press - Diaz, H.F. and Markgraf, V., (eds.), 1992. El Niño Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. New York: Cambridge University Press, 321p.

Chapter in an Edited Book - Colin, C. and Bourles, B., 1992. Western boundary currents in front of French Guiana. In: Prost, M.T. (ed.), *Évolution des littoraux de Guyane et de la zone Caribé méridionale pendant le Quaternaire*. Paris, France: Editions de l'ORSTOM Institute Française de Recherche Scientifique pour la Développement en Coopération, pp. 73-91.

Miscellaneous Reports with an Author - McKee, E.D., 1989. Sedimentary Structures and Textures of Río Orinoco channel Sands, Venezuela and Colombia. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper W2326-B, pp. B1-B23.

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

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

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

With No Specified Author - McClelland Engineering Staff, 1979. Interpretation and Assessment of Shallow Geologic and Geotechnical Conditions. Caracas, Venezuela: McClelland Engineering, Inc., Orinoco Regional Survey Areas, Offshore Orinoco Delta, Venezuela, Volume 1, 109p.

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

Theses and Dissertations:

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

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

Special Issues of a Journal - Warne, A.G. and Stanley, D.J., 1995. Sea-level change as a critical factor in development of basin margin sequences: new evidence from late Quaternary record. In: Finkl, C.W. (ed.), *Holocene Cycles: Climate, Sea Levels, and Sedimentation*. Journal of Coastal Research Special Issue No. 17, pp. 231-240. [N.B. Special issues can also be treated like a book because they are discrete and unrelated to each other in a series. The issue should be specified.]

Maps or Charts - Beltran, C., 1993. Mapa neotectónico de Venezuela. Caracas, Venezuela: FUNVISIS Departamento de Ciencias de la Tierra, scale 1:2,000,000, 1 sheet.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Electronic Submission is our method for publishing consideration. Please read about Electronic Submission at the end of these instructions or go to the submission website at: <http://www.editorialmanager.com/jcoastres> The author help section is on the menu.

Proofs Electronic page proofs will be available in PDF format to the first author or a corresponding author. Authors are responsible for the correct spelling of names and for other information given in citations and for citing the references in the proper places in the text. The author is responsible for the accuracy of all facts, dates, statistics, and the position of all parts of mathematical formulas. Proofs should be carefully checked for printing errors and returned promptly.

Excessive changes (more than one author alteration per two printed pages) will be charged back to the author. "Instructions for correcting proofs" should be followed carefully; they will accompany the proofs. Authors should be certain to sign the page "proof approval form" after correcting their proofs because it certifies that all appropriate author-designated corrections have been properly marked.

Reprints The Journal of Coastal Research now uses EzReprint, a user-friendly, automated online system for purchasing article reprints. Prior to publication of the issue, you will receive an e-mail with a unique URL (SmartLink) and information about the reprint order process. Clicking on the SmartLink will take you directly to a web portal where you may place your reprint order. The email will be sent to you from EzReprint@odysseypress.com. You may want to add this to your "safe senders" list to ensure that you receive the message. Reprint orders no longer have to be received in advance. Reprints can be ordered up to six months after the issue is published. If you have questions concerning your reprint order, Please contact EzReprint@odysseypress.com. A complimentary pdf reprint will be sent to the corresponding author of each article after the article has printed.