

ERICKA BRASIL WANDERLEI

**AVALIAÇÃO DA MACROFAUNA BÊNICA EM ÁREAS COM INFLUÊNCIA DE
EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS NO ESTUÁRIO DO RIO ARIQUINDÁ
(TAMANDARÉ – PERNAMBUCO)**

RECIFE, PE

2015

ERICKA BRASIL WANDERLEI

**AVALIAÇÃO DA MACROFAUNA BÊNICA EM ÁREAS COM INFLUÊNCIA DE
EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS NO ESTUÁRIO DO RIO ARIQUINDÁ
(TAMANDARÉ – PERNAMBUCO)**

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Dra. Paula Braga Gomes
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Co-orientadores:

Dr José Roberto Botelho de Souza
(Universidade Federal de Pernambuco)

Dr. Carlos Augusto França Schettini
(Universidade Federal de Pernambuco)

RECIFE, PE

2015

Ficha catalográfica

W245a Wanderlei, Ericka Brasil
Avaliação da macrofauna bêntica em áreas com
influência de efluentes domésticos tratados no estuário do
rio Ariquindá (Tamandaré – Pernambuco) / Ericka Brasil
Wanderlei. – Recife, 2015.
55 f. : il.

Orientadora: Paula Braga Gomes.
Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia,
Recife, 2015.
Inclui referências e anexo(s).

1. Bentos 2. Esgoto 3. Matéria orgânica 4. ETE
I. Gomes, Paula Braga, orientadora II. Título

CDD 574.5

**Avaliação da macrofauna bêntica em áreas com influência de efluentes domésticos
tratados no estuário do rio Ariquindá (Tamandaré – Pernambuco)**

Ericka Brasil Wanderlei

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Dissertação apresentada e _____ em ____/____/____.

Orientadora:

Profa. Dra. Paula Braga Gomes – UFRPE

Examinadores:

Prof. Dr. José Souto Rosa Filho – UFPE

Prof. Dr. Jesser Fidelis de Souza Filho – UFPE

Prof. Dr. Carlos Daniel Pérez – UFPE

Suplente:

Dr. José Eriberto Assis

*À Eliane Brasil e Humberto Wanderlei,
com muito carinho dedico.*

*"Que o sol não seque os pensamentos.
Mas a chuva mude os sentimentos.
(...)"*

*Esse mangue de longe que tu vê, É apenas a imagem que é tu.
(...)"*

*Deixar que os fatos sejam fatos naturalmente,
Sem que sejam forçados para acontecer (...)"*

Chico Science e Jorge du Peixe em "Corpo de Lama",
décima faixa do álbum Afrociberdelia da banda Chico Science & Nação Zumbi (1996).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha querida orientadora Paula Braga Gomes por oportunizar meu retorno a academia e enfrentar o desafio de me orientar em uma temática diferente dentro das restrições de tempo que me encontro no momento. Muito obrigada, Paula. Você como sempre me dando as mãos, me conduzindo e me inspirando para sempre continuar. Sou grata de coração.

Aos meus co-orientadores, Beto Botelho e Guto Schettini, por disponibilizar seus aposentos, equipamentos e direcionamentos para que o trabalho fosse efetivado. E em especial a Beto pelos conceitos ecológicos e estatísticos, não esquecendo os incentivos pessoais que sempre me alegraram de ânimo diante do cansaço.

Ao meu amigo Eduardo Elvino, companheiro de trabalho e chefe que, além de sempre me dar as mãos nos assuntos profissionais, abrindo novas portas e desafios para o meu crescimento profissional, foi um grande apoiador nessa caminhada de retorno acadêmico. Muito obrigada Dudu, se não fosse por você sem dúvida esse trabalho não existiria neste momento. E não esquecendo também dos meus queridos Glauber Ramos e Clemildo Torres. A Glauber um carinhoso agradecimento pela ótima companhia nas idas ao Laboratório aos sábados e valiosa ajuda durante a fase de redação, muito obrigada por estar presente em minha vida. E ao Mestre Clemildo, responsável por minha temática, meu inspirador e informal orientador que ainda, sem dúvida, me ajudará mais nesta caminhada.

Aos meus queridos amigos Marcelo Müller e Evandro Sena que me ajudaram no campo com tanto entusiasmo e dedicação. A Marcelo agradeço também sua contribuição no acompanhamento do procedimento dos dados granulométricos sem falar nas belas fotos cedidas de campo, valeu amigo. E Evandro agradeço sempre. A sua presença companheira em vários momentos, sem falar em suas contribuições teóricas e lógicas no decorrer das disciplinas cursadas. Obrigada meu querido.

A Profa. Eliete Zanardi pela paciência em disponibilizar seu laboratório para análises dos meus dados granulométricos, e com carinho a Daniele Marciel, minha outrora colega de turma, que hoje com muita atenção me acompanhou durante minha estadia no laboratório, obrigada Dani. E a todos do Laboratório de Compostos Orgânicos - UFPE que dividiram seu espaço comigo para o processamento dos meus dados. E em especial ao Prof. Jesser Fidelis pela prontidão em identificar os crustáceos, muito obrigada pela atenção sempre dispensada.

A todos do Laboratório de Comunidades Marinhas – UFPE que me ajudaram diretamente e indiretamente, e pelas boas companhias durante os poucos momentos de interação e distração, e em especial a Eriberto pela grande força na identificação dos

Poliquetas. Também agradeço aos meus antigos e queridos colegas do Laboratório de Ecologia de Ecossistemas Marinhos – UFRPE, pelo apoio compartilhado entre intervalos de dias de disciplina, por esse laboratório tenho um carinho inestimável.

À minha querida colega de trabalho Ana Paula, não poderia deixar de citá-la entre esses, pois sua contribuição para efetivação deste trabalho foi de suma importância, não apenas pelo ato e sim pelo empenho e esforço dedicado, isso sem dúvida é o maior espaço que se ocupa. Grata pela tua ajuda, Aninha. Não esquecendo também dos momentos iniciais de incentivos e bons papos com meu amigo Manoel Souto Maior, obrigada amigo! Inclusive por desenrolar o apoio físico durante a coleta. Obrigada também a Rico por disponibilizar esse apoio.

E claro, a minha querida mãe Eliane Brasil pelo seu carinho, incentivo e apoio que, sem dúvida, sempre será a melhor das ajudas. Dificuldades foram muitas para a finalização deste trabalho, mas tenho certeza que valeu a pena e agradeço de coração a todos. Gratidão à Força Maior!

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. Introdução Geral.....	13
2. Fundamentação Teórica.....	15
Referências Bibliográficas.....	18
Artigo 1: Avaliação da macrofauna bêntica em áreas com influência de efluentes domésticos tratados.....	26
Introdução.....	28
Materiais e Métodos.....	30
Resultados.....	33
Discussão.....	40
Agradecimentos.....	44
Referências.....	44
Anexo I: Prancha de Fotos.....	52
Anexo II: Normas para Submissão a Revista.....	53

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1: Avaliação da macrofauna bêntica em áreas com influência de efluentes domésticos tratados em estuário tropical

- Figura 1.** Localização do estuário do rio Ariquindá no município de Tamandaré, com destaque para a região de amostragem próxima ao Ponto de Lançamento (PL)..... **31**
- Figura 2.** Média (± 2 D.P.) da riqueza do macrobentos a diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá. A: a jusante; B a montante..... **35**
- Figura 3.** Mediana (\pm amplitude dos dados) da abundância do macrobentos a diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá. A: a jusante; B a montante..... **35**
- Figura 4.** MDS dos parâmetros bióticos (A) e abióticos (B) do estuário do rio Ariquindá sob influência do lançamento de efluente doméstico. Tamandaré/PE **35**
- Figura 5.** Frequência dos Grupos Funcionais Tróficos ao longo dos pontos amostrais da macrofauna estuarina do rio Ariquindá sob influência de lançamento de efluente doméstico tratado. D: Depositívoros, C: Carnívoros, O: Onívoros, S: Suspensívoros. **39**
- Figura 6.** Abundância da distribuição dos Grupos Funcionais Tróficos nos táxons da macrofauna estuarina do rio Ariquindá sob influência de lançamento de efluente doméstico tratado. D: Depositívoros, C: Carnívoros, O: Onívoros, S: Suspensívoros..... **39**
- Figura 7.** . Estuário do rio Ariquindá – Tamandaré/ PE.A: estuário médio, B e C: regiões a jusante do ponto de lançamento de efluente doméstico após tratamento, D: ponto de lançamento, E e F: regiões a montante do ponto de lançamento, G: Estação de Tratamento de Esgoto e H: Poço de Visita do Lançamento de Efluente..... **52**

LISTA DE TABELAS

Artigo 1: Avaliação da macrofauna benthica em áreas com influência de efluentes domésticos tratados em estuário tropical

Tabela 1. Variáveis abióticas (profundidade, temperatura, salinidade, clorofila a, turbidez, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e granulometria) determinadas em março de 2014 em cada distância a jusante (J) e montante (M) ao ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá, Tamandaré/PE.....	33
Tabela 2. Abundância e Riqueza dos macroinvertebrados benthicos do estuário do rio Ariquindá, Tamandaré/PE, sob influência de lançamento de efluentes tratados em março de 2014.....	36
Tabela 3. Grupos funcionais tróficos e abundância de macroinvertebrados benthicos observados em março de 2014 no estuário do rio Ariquindá sob influência de efluentes domésticos tratados, Tamandaré/PE.....	38
Tabela 4. Valores da correlação de Spearman (pw) com as melhores combinações de variáveis realizadas pelo BIOENV para o rio Ariquindá. K= número de variáveis.....	38

Wanderlei, Ericka Brasil (MSc). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro, 2015. Avaliação da macrofauna bêntica em áreas com influência de efluentes domésticos tratados. Orientadora: Profa. Dra. Paula Braga Gomes (UFRPE). Co-orientadores: Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza (UFPE), Prof. Dr. Carlos Augusto França Schettini (UFPE).

RESUMO O lançamento dos efluentes domésticos, com ou sem tratamento prévio, em ambientes aquáticos, altera as condições ideais para a sobrevivência dos organismos e afeta a saúde humana, sendo a forma mais comum de poluição em áreas costeiras. O presente trabalho avalia a variação da estrutura da comunidade macrobêntica em uma área sob influência de efluentes domésticos tratados lançados no estuário do rio Ariquindá, litoral sul de Pernambuco. Foram escolhidos 10 pontos amostrais triplicados, sendo cinco a montante e cinco a jusante do ponto de lançamento. Para cada lado, os pontos foram distribuídos de acordo com a distância, em metros, do ponto de lançamento sendo eles, P0, P50, P100, P200 e P350, totalizando 30 amostras, coletadas com um cilindro de 10 cm de raio por 20 cm de comprimento, e peneiradas em malha de 0,3 mm de abertura. Os táxons encontrados foram identificados até o menor nível possível e os grupos tróficos a que pertence cada táxon determinado. Foram analisados dados de granulometria, matéria orgânica e parâmetros da água (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, clorofila e a turbidez) registrados com Sonda tipo CTD. Análises uni, bi e multivariadas foram realizadas para descrever e comparar resultados obtidos. Os parâmetros ambientais não apresentaram gradiente ao longo dos pontos amostrais, apenas algumas alterações pontuais próximo a descarga de efluentes. Foram registrados valores de salinidade elevados na área de estudo, baixos valores de matéria orgânica, predominância de areia e teor de oxigênio dissolvido superior ao valor mínimo de contaminação em ambientes aquáticos. Foram identificados 33 táxons em um total de 151 indivíduos da macrofauna bêntica, estando os anelídeos representados em 70% das amostras com destaque para os poliquetas dos gêneros *Aricidea*, seguido de *Scoloplus*, *Heteromastus* e *Prionospio*. Nenhum padrão foi observado para os parâmetros ambientais e bióticos. Os depositívoros predominaram nos pontos amostrais seguidos em menor número dos suspensívoros e carnívoros. No presente estudo foi constatado que mesmo que o despejo dos efluentes tenha contribuído para alterar alguns parâmetros ambientais próximo ao ponto de lançamento, a comunidade da macrofauna residente não se apresentou influenciada por essa carga de matéria orgânica introduzida, e portanto não modificando claramente a estrutura dessa comunidade. Porém, a longo prazo essa interferência pode acentuar o efeito desse enriquecimento orgânico levando a um desequilíbrio na estrutura das comunidades locais.

Wanderlei, Ericka Brasil (MSc). Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Fevereiro, 2015. Benthic macrofauna assemblages in areas with influence of wastewater domestic effluent. Orientadora: Profa. Dra. Paula Braga Gomes (UFRPE). Co-orientadores: Prof. Dr. José Roberto Botelho de Souza (UFPE), Prof. Dr. Carlos Augusto França Schettini (UFPE).

ABSTRACT The release of effluents, with or without treatment, in aquatic environments is the most common form of pollution in coastal areas, altering the ideal conditions for the survival of organisms and affecting the human health. This study evaluates changes in the structure of the macrobenthic community near a domestic sewage discharge (after treatment) released in the estuary of Ariquindá river, south coast of Pernambuco. Samples were taken from 10 points (triplicates), five upstream and five downstream of the release point. To each side the points were distributed according to the distance, in meters, from the launch point: P0, P50, P100, P200 and P350, totaling 30 samples collected with a cylinder of 10 cm radius 20 cm length, and sieved through a 0.3 mm mesh opening. Taxa were identified to the lowest possible level and trophic groups were analyzed. Particle size data were analyzed, organic matter and abiotic parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, chlorophyll a and turbidity) recorded with a probe type CTD. Univariate, bivariate and multivariate analyzes were performed to describe and compare differences between the test and the results obtained. The environmental parameters did not show a gradient over the sample points, only a few specific changes near the discharge of effluents. There was high salinity in the study area, low levels of organic matter, sand predominance and dissolved oxygen above the minimum value of contamination in aquatic environments. 33 taxa were identified in a total of 151 individuals of benthic macrofauna, with annelids represented in 70% of samples highlighting the polychaete *Aricidea*, followed by *Scoloplus*, *Heteromastus* and *Prionospio*. No pattern was also observed for the environmental and biotic parameters. The deposit-feeders predominated in sample points followed in smaller numbers of suspension-feeders and carnivores. In the present study it was found that even if the dumping of waste has contributed to change some environmental parameters close to the launch point, community resident macrofauna did not appear influenced by the load of organic matter introduced, and therefore not clearly modifying the structure of this community. But in the long term this interference can enhance the effect of organic enrichment leading to an imbalance in the structure of local communities.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A zona costeira apresenta ecossistemas naturais de grande relevância ambiental, como áreas estuarinas, manguezais, lagunas, restingas, praias e outros ambientes importantes do ponto de vista ecológico. Esta diversidade de ambientes proporciona locais de reprodução, desenvolvimento e crescimento para um elevado número de espécies (PRÓSPERI & NASCIMENTO 2006). Consistem em uma região de notável interesse social e econômico com áreas de intensa urbanização, industrialização e exploração turística (MORAIS 2009). Cerca de 24% da população brasileira habita a zona costeira, estando o Estado de Pernambuco com uma população residente acima de 40% nesta região (IBGE 2012). Como consequência desse crescimento demográfico, observa-se uma acentuada diminuição da qualidade ambiental desses ecossistemas decorrente do elevado desenvolvimento urbano das regiões litorâneas (DUARTE *et al.* 2001).

Entre os ecossistemas costeiros, os estuários consistem em ambientes parcialmente fechados que possuem uma comunicação permanente ou periódica com o mar, apresenta uma salinidade tipicamente menor que a marinha devido a entrada de água doce e inclui uma biota característica (POTTER *et al.* 2010; ELLIOTT & WHITFIELD 2011). São caracterizados por serem altamente produtivos e compostos por uma complexa teia trófica que sustenta uma grande biodiversidade (ESPINO & VERDUGO 1998; ELLIOTT & MCLUSKY 2002). Constituem a base da cadeia alimentar nos mangues, com a associação dos detritos das folhas e microrganismos, fornecendo alimento para a região e para águas adjacentes mais profundas (PRÓSPERI & NASCIMENTO, 2006). O turbilhonamento da água estuarina provocado por ondas e marés mantém altas concentrações de oxigênio dissolvido e ressuspende continuamente nutrientes e matéria orgânica do sedimento de fundo (PINET 1998). Entre os ecossistemas mais produtivos do mundo (LEVINTON 2013), representam 0,25% da superfície da Terra e são responsáveis por 2% da produtividade líquida (SCHMIDT 1988). Apresenta-se como fonte de recurso para população humana, destacando-se como área de produção, criação e reprodução de espécies de importância comercial (ASMUS, 1996). Além de servir de ambiente de recreação, turismo, navegação e atividades portuárias.

Entretanto, é evidente uma diminuição da qualidade ambiental desses ecossistemas decorrente do elevado desenvolvimento urbano das regiões litorâneas, com destaque para a poluição dos corpos d'água por efluentes doméstico, bastante comum em locais populosos (CLARK 2001). O lançamento *in natura* desses efluentes nas zonas costeiras, seja em águas rasas ou profundas, consiste na forma mais comum e generalizada de poluição, induzindo uma série de impactos ambientais negativos, dos quais se destaca a eutrofização, a floração de

algas tóxicas e a bioacumulação (ABESSA 2002). Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após tratamento e em conformidade com os padrões de lançamento estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, seja por meio de emissários submarinos ou por meio do lançamento em um corpo hídrico interior.

O despejo de efluentes domésticos após o tratamento em regiões estuarinas é preferível pelas operadoras de Saneamento devido à maior distância dos corpos d'água continentais sujeitos ao abastecimento público, a viabilidade econômica decorrente da proximidade dos centros urbanos e a própria dinâmica estuarina que permite um maior aporte de matéria orgânica. Entretanto, o lançamento de efluentes domésticos em ambientes aquáticos, com ou sem tratamento prévio, afeta a qualidade da água do sistema receptor e tem reflexos sobre a manutenção das condições ideais para a sobrevivência dos organismos e sobre a saúde humana (CARREIRA *et al.* 2001).

É de grande relevância estudos que analisem a estrutura das comunidades biológicas em áreas sob influência do lançamento de efluentes domésticos, mesmo após tratamento, em ecossistemas estuarinos, fornecendo um conhecimento ecológico bem fundamentado que possibilite a fomentação de ferramentas legais para formulação de novas estratégias de conservação do ecossistema estuarino junto aos órgãos responsáveis. A macrofauna bêntica tem sido amplamente utilizada para demonstrar o estado ambiental de ecossistemas sujeitos a perturbações passíveis de alterações na estrutura das comunidades, respondendo de maneira previsível a variadas perturbações, sejam naturais ou antrópicas (THOUZEAU *et al.* 1991; DAUER 1993; RITTER & MONTAGNA 1999).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Efluente é um termo usado para caracterizar as águas residuárias provindas de diversos usos, podendo ser de natureza industrial, comercial, agrícola ou doméstica. O efluente doméstico possui a parcela mais significativa da geração de efluentes e consiste no produto do uso da água pelo homem em função das atividades diárias, hábitos higiênicos e necessidades fisiológicas (BRAGA 2002). Em sua composição apresentam altos teores de sólidos totais (carbono total, séries nitrogenadas, fósforo orgânico e inorgânico, sulfetos e cloretos), quantidades variáveis de contaminantes (metais, hidrocarbonetos, pesticidas e outras substâncias potencialmente tóxicas) e em adição às partículas podem apresentar grande quantidade de microrganismos (vírus, fungos, leveduras, *Echerichia coli*) (FERNANDES 1997; VON SPERLING 2005).

O lançamento de efluentes domésticos em corpos de água é considerado a forma mais comum e generalizada de poluição em regiões costeiras. Há décadas pesquisadores vêm analisando as alterações ambientais relacionadas com a paralisação do efluente em águas costeiras rasas (MOORE & RODGER 1991; UEDA *et al.* 1994; UNDERWOOD & CHAPMAN 1997). Visando a redução dos possíveis impactos ambientais negativos provindos da poluição e/ou contaminação de cursos d'água, o lançamento de efluentes deverá atender as normas de lançamento, preconizadas pelas Resoluções CONAMA nº 357/05, 430/11 e pelas normas da Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH nº 2002 e 2007, através do processo que promova o tratamento dessas águas residuárias.

A Estação de Tratamento de Esgotos – ETE tem como principal objetivo a garantia da proteção da qualidade da água do corpo receptor, através da remoção dos sólidos em suspensão e do material orgânico e nutrientes (FERNANDES 1997). O tratamento pode ser definido de acordo com a natureza do processo utilizado, podendo o tratamento ser: Preliminar, eficiente para a remoção dos sólidos grosseiros e material arenoso; Primário, através de mecanismos físicos eliminam os sólidos sedimentáveis em suspensão e flutuantes; Secundário, consiste na etapa biológica de remoção dos microrganismos presentes por processos aeróbios ou anaeróbios; Terciário, garante a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo estar associado com o tratamento secundário em Lagoas de Estabilização, e, por último, a desinfecção com a eliminação de microrganismos patogênicos (BRANCO, 1978).

Todas as entradas de nutrientes, sejam naturais ou antrópicas, ocorridas ao longo de uma bacia hidrográfica, provocam alterações químicas, físicas e biológicas na porção estuarina e zona costeira adjacente (GUIMARÃES 2006). Em particular o lançamento de

esgotos domésticos em ambientes aquáticos afeta a qualidade da água do sistema receptor, provocando enriquecimento de nutrientes (GRAY *et al.* 2002; ELIAS *et al.* 2005; CARVALHO *et al.* 2005), redução do oxigênio dissolvido (MONTAGNA & RITTER 2006; STURDIVANT *et al.* 2014), acumulação de contaminantes orgânicos e toxicidade (CHATTERJEE *et al.* 2007), apresentando reflexos sobre a manutenção das condições ideais para a sobrevivência dos organismos e sobre a saúde humana (CARREIRA *et al.* 2001). A degradação dos corpos d'água em regiões costeiras pode ser identificada através de alterações espaciais e temporais na estrutura das comunidades bentônicas, como respostas às perturbações ambientais (KENNISH 1997).

É sabido que o estudo dos efeitos sobre a biota é mais representativo e menos oneroso para a caracterização de impacto ambiental negativo do que a simples investigação através de análises químicas (MÉNDEZ 2002). Dados físicos e químicos refletem apenas as condições existentes no exato momento em que as amostras foram obtidas, em contraste, amostragens da biota dão uma indicação das condições passadas assim como das condições atuais, e os invertebrados bentônicos são os organismos mais recomendados para fins de monitoramento da qualidade das águas (RESH *et al.* 1996). Ressaltando que o uso de uma única espécie como indicadora de poluição pode levar a interpretações equivocadas quanto ao grau de poluição de um ambiente, pois pode ser difícil diferenciar respostas a impactos antrópicos de respostas a distúrbios naturais (HALL *et al.* 1997; ELLIOT & QUINTINO 2007). Uma visão mais realista e ecologicamente mais representativa do que o estudo de uma única espécie indicadora pode ser obtida ao examinar a resposta de toda a comunidade, pois os impactos mais comuns nesses ambientes, como a contaminação orgânica, alteram principalmente as comunidades de sedimento (CLARK 2001; NEGRELLO-FILHO *et al.* 2006; SHIN *et al.* 2008).

As comunidades macrobentônicas consistem em componentes-chave nos ecossistemas costeiros, desempenhando um papel vital na composição de detritos, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia para níveis tróficos superiores (HEILSKOV & HOLMER 2001; MERMILLOD-BLONDIN *et al.* 2005; CARVALHO *et al.* 2010), sendo portanto vulneráveis a um elevado número de distúrbios. Essas comunidades têm sido amplamente utilizadas como uma ferramenta eficaz para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas litorâneos (PONTI & ABBIATI 2004; MUNARI & MISTRI 2008; CARVALHO *et al.* 2010), e em especial da poluição causada por lançamento de esgoto em corpos d'água (HILTY & MERENLENDER 2000; MUNIZ & VENTURINI 2001; FERRANDO & MENDEZ 2011). Estudos utilizando a resposta da macrofauna bêntica ao lançamento de efluentes revela que descargas orgânicas

não afetam severamente as comunidades, embora provoque alterações em sua estrutura com o favorecimento de espécies oportunistas (HOLTE & OUG 1996; AVIZ *et al.* 2012).

As principais alterações ambientais relacionadas ao enriquecimento orgânico provindas do lançamento de efluentes domésticos em regiões estuarinas foram relatadas ao longo de décadas. Pearson & Rosenberg (1978) apresentaram um modelo da resposta biótica para o enriquecimento orgânico em corpos d'água, o qual define três fases, iniciando com o aumento da carga orgânica e consequente aumento da riqueza, biomassa e abundância, seguida do surgimento de condições anóxicas, o que favorece a competição entre as espécies com predominância de oportunistas, e consequente declínio da comunidade biótica persistindo a deposição de carga orgânica. As mudanças ocasionadas nas comunidades bentônicas nem sempre são decorrentes de causas antrópicas, podendo ser provindas de alguma flutuação natural (BUCHANAN & MOORE 1986). Ainda alguns autores defendem a ideia que nem toda comunidade bentônica marinha segue este modelo proposto por Pearson & Rosenberg (1978) (KHAN & GARWOOD 1995; KARAKASSES *et al.* 1999).

As guildas podem ser consideradas como uma unidade funcional da comunidade, permitindo comparações detalhadas da organização funcional de diferentes comunidades, principalmente quando não estão constituídas de espécies comuns (CALLISTO & ESTEVES, 1998). Vários estudos relatam que o enfoque funcional em estudos ecológicos frequentemente são usados para estimar a qualidade de um ambiente (MERRITT *et al.* 2002; PAGLIOSA 2005; GAMITO & FURTADO 2009) e nos últimos anos foram registrados alguns trabalhos que utilizaram-se da classificação funcional em diferentes ambientes bênticos, entre eles as regiões estuarinas (PABIS & SICINSKI 2009; MAGALHÃES & BARROS 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESSA, D. M. S. **Avaliação da qualidade de sedimentos do sistema estuarino de Santos, SP – Brasil**. 2002. 290p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP.

ASMUS, M. L. Análise e Usos do Sistema Estuário da Lagoa dos Patos. In: 3, 1996, Florianópolis. Anais. Florianópolis, **Reunião Especial da SBPC: Ecossistemas Costeiros, do Conhecimento à Gestão** 1996, p.105-108.

AVIZ D.; CARVALHO I. L. R.; FILHO J. S. R. Spatial and temporal changes in macrobenthic communities in the Amazon coastal zone (Guajará Estuary, Brazil) caused by discharge of urban effluents. **Scientia Marina**, v.76, n. 2, p. 381-390, 2012.

BHATTACHARYA, B. D. Distribution and possible source of trace elements in the sediment cores of a tropical macrotidal estuary and their ecotoxicological significance. **Environment International**, v. 33, n.3, p. 346-356, 2007.

BRAGA, B. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2002. 240p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada a Engenharia Sanitária**. 2 ed. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 620p.

BUCHANAN, J.B.; MOORE, J.J. A broad review of variability and persistence in the Northumberland benthic fauna 1971–85. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.66, p. 641–657, 1986.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). **O ecologia Brasiliensis**, v. 5, n. 5, p. 223-234, 1998.

CARREIRA, R.; WAGENER, A. L. R.; FILEMAN, T.; READMAN, J. W. Distribuição de Coprostanol (5â(H)-Colestan-3â-OL) em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara:

Indicador da poluição recente por esgotos domésticos. **Química Nova**, v.24, n.1, p.37-42, 2001.

CARVALHO, S.; MOURA, A.; GASPAR, M.B.; PEREIRA, P.; CANCELA DA FONSECA, L.; FALCÃO, M.; DRAGO, T.; LEITÃO, F.; REGALA, J. Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. **Acta Oecologica** v.27, p.143 e 159, 2005.

CARVALHO, P.V.V.C.; SANTOS P.J.P.; BOTTER-CARVALHO, M.L. Assessing the severity of disturbance for intertidal and subtidal macrobenthos: The phylum-level meta-analysis approach in tropical estuarine sites of northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin** v.60 p. 873–887, 2010.

CARVALHO, S.; PEREIRA, P.; PEREIRA, F.; PABLO, H.; VALE, C.; GASPAR, M.B. Factors structuring temporal and spatial dynamics of macrobenthic communities in a eutrophic coastal lagoon (Óbidos lagoon, Portugal). **Marine Environmental Research**, v.71, p. 97 e 110, 2011.

CHATTERJEE, M.; SILVA FILHO, E. V.; SARKAR, S. K. SELLA, S. M.; BHATTACHARYA, A.; SATPATHY, K. K.; PRASAD, M. V. R.; CHAKRABORTY, S.; CLARK, R.B. **Marine Pollution**. Edition. Oxford University Press, Inc., New York. 237p. 2007.

CLARK, R.B.; **Marine Pollution**. Edition. Oxford University Press, Inc., New York. 237p. 2001.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acessado em: 30 out. 2013.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente -**

CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>
Acessado em: 30 out. 2013.

COSTELLO, M.J.; READ, P. Toxicity of sewage sludge to marine organisms. **Marine Environmental Research** v.37, p.23–46, 1994.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente – **Instruções Normativa nº 2002 e nº 2007.**
Disponível em: <<http://www.cprh.gov.org.br>>. Acessado em: 30 out. 2013.

DAUER, D. M. Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure. **Marine Pollution Bulletin**. V. 26, n. 5, pp. 249-257, 1993.

DUARTE, A. **Políticas públicas e meio ambiente: o gerenciamento costeiro de São Paulo.** 2001. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ELÍAS, R.; PALACIOS, J.R.; RIVERO, M.S.; VALLARINO, E.A. Short-term responses to sewage discharge and storms of subtidal sand-bottom macrozoobenthic assemblages off Mar del Plata City, Argentina (SW Atlantic). **Journal of Sea Research** v.53, p. 231– 242, 2005.

ELLIOTT, M.; BOYES, S.J.; BURDON, D. Integrated marine management and administration for an island state e the case for a new Marine Agency for the UK. **Marine Pollution Bulletin**. v.5 n.52, p. 469-474, 2006.

ELLIOTT, M.; WHITFIELD A.K. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.94, p. 306-314, 2011.

ELLIOTT, M.; MCLUSKY, D.S. The need for definitions in understanding estuaries. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v.55, p. 815–827, 2002.

ELLIOTT, M.; QUINTINO, V. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Marine Pollution Bulletin**, v. 54, p. 640-645, 2007.

ESPINO, G. L.; VERDUGO, F. F. Nutrient Fluxes in Sediment (NH₄⁺ and PO₄⁻³) in N.W. Coastal Lagoon Mexico Associated with an Agroindustrial Basin. *Water, Air, and Soil Pollution*. v.107, Issue 1-4, p. 105-120, 1998.

FERNANDES, C. **Esgotos Sanitários**, 1. Ed. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB. 1997. 435 p.

FERRANDO, A.; MÉNDEZ, N. Effects of organic pollution in the distribution of annelid communities in the Estero de Urías coastal lagoon, Mexico. **Scientia Marina**, v.75, n.2, p. 351-358, 2011.

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

GRAY J.S.; WU R.S.S.; OR Y.Y. Effects of hypoxia e organic enrichment on the coastal marine environment. **Marine Ecology Progress Series**, p. 238, 2002.

GUIMARÃES, A. G. **Tempo de residência da água e estado trófico da porção interna do estuário do rio Cachoeira, Ilhéus-BA. Universidade Estadual de Santa Cruz**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Santa Cruz, 2006.

HALL, J.A.; FRID, C.L.J.; GILL, M.E. The Response of Estuarine Fish and Benthos to an Increasing Discharge of Sewage Effluent. **Marine Pollution Bulletin**, v.34, n.7, p.527-535, 1997.

HEILSKOV, A.C; HOLMER, M. Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. **ICES Journal of Marine Science**, v.58, p. 427-434, 2001.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. M. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation**, v.92, p. 185-197, 2000.

HOLTE, B.; OUG, E. Soft-bottom macrofauna and responses to organic enrichment in The subarctic waters of Tromsø, northern Norway. **Journal of Sea Research**, v.36, n.3/4, p. 227-237, 1996.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2012**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/indicadores_desenvolvimento_sustentavel/2012/ids2012.pdf>. Acessado em: 30 out. 2013.

KARAKASSIS, I.; HATZIYANNI, E.; TSAPAKIS, M.; PLAITI, W. Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. **Marine Ecology Progress Series**, v.184, p. 205-208, 1999.

KENNISH M.J. **Practical handbook of estuarine and marine pollution**. Boca CRC Press LLC, Florida. 1997. 254 pp.

KHAN M.R.; GARWOOD P.R. Long term changes in the benthic macrofauna of the sewage sludge dumping ground off the coast of Northumberland, England. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 27, p. 353–358, 1995.

LEVINTON, J.S. **Marine biology: function, biodiversity, ecology**. New York: Oxford University Press. 2013. 420p.

MAGALHÃES, W.F., BARROS, F. Structural and functional approaches to describe polychaete assemblages: ecological implications for estuarine ecosystems. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, p. 918-926, 2011.

MÉNDEZ, N. Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Uriás estuary (Sinaloa, Mexico). **Oceanologica Acta**, v.25, p.139-147, 2002.

MERMILLOD-BLONDIN, F.; FRANÇOIS-CARCAILLET, F.; ROSENBERG, R. Biodiversity of benthic invertebrates and organic matter processing in shallow marine sediments: an experimental study. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.315, p.187 e 209, 2005.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B.; NOVAK, J.A.; HIGGINS, M.J.; WESSELL, K.J.; LESSARD, J.L. Development and application of a macroinvertebrate functional-group approach in the bioassessment of remnant river oxbows in southwest Florida. **Journal of the North American Benthological Society**, v.21, p. 290-310, 2002.

MONTAGNA, P. A; RITTER, C. Direct and indirect effects of hypoxia on benthos in Corpus Christi Bay, Texas, U.S.A. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.330, p. 119-131, 2006.

MOORE, D.C.; RODGER, G.K. Recovery of a sewage sludge dumping ground. 2. Macrobenthic community. **Marine Ecology Progress Series**, v.75, p. 301-308, 1991.

MORAIS, L. M. F. A. **Expansão urbana e qualidade ambiental no litoral de João Pessoa-PB**. 2009. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba/PB.

MUNARI, C.; MISTRI, M. The performance of benthic indicators of ecological change in Adriatic coastal lagoons: throwing the baby with the water? **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, p. 95-105, 2008.

MUNIZ, P.; VENTURINI, N. Spatial distribution of the macrozoobenthos in the Soli's Grande Stream estuary (Canelones- Maldonado, Uruguay). **Brazilian Journal of Biology**, v.61. p. 409-420, 2001.

NEGRELLO-FILHO, O.A.; UNDERWOOD, A.J.; CHAPMAN, G.M. Recolonization of infauna on a tidal flat: an experimental analysis of modes of dispersal. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.328, p. 240-250, 2006.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETE's em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 - Análise de Desempenho. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.10, n.4, p. 347-357, 2005.

PABIS, K.; SICINSKI, J. Distribution and diversity of polychaetes collected by trawling in Admiralty Bay: an Antarctic glacial fiord. **Polar Biology**, v.33, p.141-151, 2009.

PAGLIOSA, P.R. Another diet of worms: The applicability of polychaete feeding guilds as a useful conceptual framework and biological variable. **Marine Ecology**, v.26, p. 246-254, 2005.

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

PINET, P.R. **Invitation to oceanography**. London: Jones and Bartlett Publishers, 1998. 508p.

PONTI, M.; ABBIATI, M. Quality assessment of transitional waters using a benthic biotic index: the case study of the Pialassa Baiona (northern Adriatic Sea). **Aquatic Conservation of Marine and Freshwater Ecosystems**, v.14, p. S31-S41, 2004.

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 & Shelf Science**, v.87, p. 497-500, 2010.

PRÓSPERI, V.A.; NASCIMENTO, I.A. Avaliação ecotoxicológica de ambientes marinhos e estuarinos. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Ed.). **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos, SP.: RIMA Editora, p. 269-346. 2006.

RESH, V.H.; MYERS, M.J.; HANNAFORD, M. Macroinvertebrates as biotics indicators of environmental quality. In: Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (eds.). **Methods in stream ecology**. San Francisco: Academic Press. p.647-667. 1996.

RITTER, C.; MONTAGNA P. A. Seasonal Hypoxia and Models of Benthic Response in a Texas Bay. **Estuaries**, v.22, n.1, p. 7-20, 1999.

SCHMIDT, G. **Manguezal de Cananéia: concentração dos elementos químicos carbono, nitrogênio, cálcio, fósforo, manganês, ferro e cinzas, em folhas de mangue e sua correlação com taxa de decomposição e salinidade**. 1988. Vol. 1. 199p. Tese (Doutorado), Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo/SP.

SHIN, C.H.; CHUNG, W.S.; HONG, S.K.; OBER, E.A.; VERKADE, H.; FIELD, H.A.; HUISKEN, J.; STAINIER, D.Y **Developmental Biology**, v.317, n.2, p. 467-479, 2008. Multiple roles for Med12 in vertebrate endoderm development.

SILVA, C.F.; & AMARAL, A.C.Z. 2012. **Grupos funcionais de alimentação de poliquetas associados a bancos de mexilhão**. 3º Simposio Latino-Americano de Polychaeta. 2012, p.80.

STURDIVANT S. K.; DÍAZ R. J.; LLANSÓ R; DAUER D. M. Relationship between Hypoxia and Macrobenthic Production in Chesapeake Bay. **Estuaries and Coasts**, 2014.

THOUZEAU, G.; ROBERT, G.; UGARTE, R. Faunal assemblages of benthic mega-invertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in relation to environmental factors. **Marine Ecology Progress Series**, v.74, p.61-82, 1991.

UEDA, N.; TSUTSUMI, H.; YAMADA, M.; TAKEUCHI, R.; KIDO, K. Recovery of the marine bottom environment of a Japanese bay. **Marine Pollution Bulletin**, v.28, p. 676–682, 1994.

UNDERWOOD, A.J.; CHAPMAN, M.G. Subtidal assemblages on rocky reefs at a cliff-face sewage outfall (North Head, Sydney, Australia): What happened when the outfall was turned off? **Marine Pollution Bulletin**, v.33, p. 293-302, 1997.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1). Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

WALDICHUK, M. **Sewage pollution in British Columbia in perspective**. Presented in The Workshop on Municipal Marine Discharges – 1984. Canadian Environmental Protection Service, Pacific Region, Vancouver, 1984 .365 pp. Nutrient Fluxes in Sediment (NH₄⁺ and PO₄⁻³) in N.W. Coastal Lagoon Mexico Associated with an Agroindustrial Basin.

Artigo 1

**MACROFAUNA BÊNICA EM ÁREAS COM INFLUÊNCIA DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS TRATADOS EM ESTUÁRIO TROPICAL**

Normas para publicação em Brazilian Journal of Oceanographic

(Anexo II)

Com o objetivo de facilitar a leitura, nesta dissertação, as figuras foram inseridas ao longo do texto.

MACROFAUNA BÊNICA EM ÁREAS COM INFLUÊNCIA DE EFLUENTES DOMÉSTICOS TRATADOS EM ESTUÁRIO TROPICAL - BRASIL

ERICKA BRASIL WANDERLEI

Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Marinhos, Departamento Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE. E-mail: erickawanderlei@hotmail.com

RESUMO: O presente estudo investigou a hipótese de que o lançamento de efluentes domésticos, mesmo que tratados, afeta a estrutura da macrofauna bêmica, usando como modelo um estuário tropical (rio Ariquindá) no Nordeste do Brasil. Foram escolhidos 10 pontos amostrais triplicados, sendo cinco a montante e cinco a jusante do ponto de lançamento. Os táxons encontrados foram identificados até o menor nível possível e os grupos tróficos a que pertence cada táxon determinado. Dados de granulometria, matéria orgânica e parâmetros abióticos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, clorofila a e turbidez) foram analisados. Análises uni, bi e multivariadas foram realizadas para descrever e comparar resultados obtidos. Os parâmetros ambientais não apresentaram gradiente ao longo dos pontos amostrais, apenas algumas alterações pontuais próximo a descarga de efluentes. Foram identificados 33 táxons em um total de 151 indivíduos da macrofauna bêmica, estando os anelídeos representados em 70% das amostras. Nenhum padrão foi observado também para os parâmetros ambientais e bióticos. Os depositívoros predominaram nos pontos amostrais seguidos em menor número dos suspensívoros e carnívoros. No presente estudo foi constatado que mesmo que o despejo dos efluentes tenha contribuído para alterar alguns parâmetros ambientais próximo ao ponto de lançamento, a comunidade da macrofauna residente não se apresentou influenciada por essa carga de matéria orgânica introduzida, e portanto não modificando claramente a estrutura dessa comunidade. Porém, a longo prazo essa interferência pode acentuar o efeito desse enriquecimento orgânico levando a um desequilíbrio na estrutura das comunidades locais.

Palavras Chave: Bentos Estuarinos, Eutrofização, Ariquindá, Estação de Tratamento de Efluentes.

INTRODUÇÃO

É evidente uma diminuição da qualidade ambiental nos ecossistemas costeiros decorrente da ocupação acelerada e urbanização das regiões litorâneas. A descarga excessiva de efluentes domésticos e industriais nessas regiões tem intensificado a contaminação do ambiente marinho, principalmente em águas relativamente rasas e áreas confinadas, induzindo uma série de distúrbios responsáveis pela atual perda de diversidade biológica, destacando a diminuição do oxigênio dissolvido decorrente do processo de eutrofização (GUERRA-GARCIA AND GARCIA-GOMEZ, 2009; VAN COLEN ET AL, 2010; GERN AND LANA, 2013) e o enriquecimento orgânico (GRAY ET AL 2002, RAKOCINSKI 2012). Um modelo conceitual de resposta do macrobentos ao acréscimo gradativo de carga orgânica em corpos d'água propõe inicialmente um aumento progressivo de condições anóxicas, ocasionando a diminuição da riqueza de espécies somada a um elevado número de abundância, resultado das altas densidades de oportunistas, e uma redução da biomassa (PEARSON AND ROSENBERG 1978).

Organismos bênticos são componentes chave nos ecossistemas costeiros, desempenhando um papel vital na composição de detritos, ciclagem de nutrientes e fluxo de energia para níveis tróficos superiores (HEILSKOV AND HOLMER 2001; MERMILLOD-BLONDIN ET AL 2005; CARVALHO ET AL. 2011), sendo portanto vulneráveis a um elevado número de distúrbios, muitas vezes de difícil identificação da origem, seja natural ou induzidas pelo homem (ELLIOT AND QUINTINO 2007). Comunidades macrobênticas têm sido amplamente utilizadas como uma ferramenta eficaz para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas litorâneos (PONTI AND ABBIATI 2004; MUNARI AND MISTRI 2008, CARVALHO ET AL 2010), e em especial da poluição causada por lançamento de esgoto em corpos d'água (HILTY AND MERENLENDER 2000, MUNIZ AND VENTURINI 2001, FERRANDO AND MENDEZ 2011), por apresentar uma visão mais

realista e ecologicamente mais representativa ao examinar a resposta em nível de comunidade (CLARK 2001; NEGRELLO-FILHO ET AL 2006; SHIN ET AL 2008).

O litoral de Tamandaré faz parte da Área de Proteção Ambiental de Guadalupe (APA de Guadalupe), Unidade de Conservação de Uso Sustentável, cuja gestão está a cargo da Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco – CPRH. Consiste em um dos polos turísticos mais importantes do Estado, caracterizando-se por uma acentuada pressão antrópica provinda principalmente do turismo e deficiência no serviço de saneamento local. Para sanar essa deficiência a companhia de saneamento do Estado construiu recentemente no município uma Estação de Tratamento de Esgoto – ETE, que atende a Zona Turística de Tamandaré e da Praia dos Carneiros, em funcionamento há pouco mais de dois anos e que atende atualmente a uma população de 47.772 habitantes, gerando uma vazão média de efluentes tratados em torno de 100,38 l/s, com nível secundário de tratamento.

Estudos utilizando a resposta da macrofauna bêntica ao lançamento de efluentes revelam que descargas orgânicas leves não afetam severamente as comunidades, embora provoque alterações em sua estrutura com o favorecimento de espécies oportunistas (HOLTE AND OUG 1996, AVIZ ET AL 2012). É de grande relevância a realização de estudos que analisem a estrutura das comunidades biológicas em ecossistemas estuarinos sob influência do lançamento de efluentes domésticos, mesmo após tratamento, fornecendo um conhecimento ecológico que possibilite a fomentação de ferramentas legais para formulação de novas estratégias de conservação dos ecossistemas costeiros junto aos órgãos responsáveis. O presente estudo testou a hipótese de que o lançamento de efluentes domésticos, mesmo que tratados, afeta a estrutura da macrofauna bêntica, usando como modelo um estuário tropical (rio Ariquindá) no Nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O estuário do rio Ariquindá (08°41'22.74''S 35°06'08.22''W) integra o Sistema Estuarino do Rio Formoso, situado no município de Tamandaré, no Estado de Pernambuco (Fig. 1). O estuário do rio Ariquindá tem sua desembocadura na foz do Rio Formoso e possui largura aproximada de setenta metros, chegando até seis metros de profundidade.

No período de estudo apresentou uma elevada salinidade da foz a aproximadamente 9 km rio adentro (entre 35 e 20), evidenciando um aporte fluvial pequeno. A vegetação predominante observada consiste em manguezais presente ao longo das margens, com dominância de *Rhizophora mangle* L. A temperatura média do ar é de 24°C, variando entre a mínima de 20°C e máxima de 32°C.

O rio recebe o efluente de uma ETE, que atende a Zona Turística de Tamandaré e da Praia dos Carneiros, em funcionamento há pouco mais de dois anos e que atende atualmente a uma população de 47.772 habitantes, gerando uma vazão média de efluentes tratados em torno de 100,38 l/s, com nível secundário de tratamento. A descarga do efluente tratado no rio é feita a cada 30 minutos no ponto de lançamento de coordenadas 8°44'2.13''S, 35°6'19,61''W.

Amostragem

Com a proposta de analisar a estrutura da macrofauna bentônica ao longo de um gradiente de diluição do efluente doméstico tratado foram demarcados 10 pontos amostrais com coletas por triplicado em março de 2014, sendo cinco a montante e cinco a jusante do ponto de lançamento. Para cada lado os pontos foram distribuídos de acordo com a distância, em metros, do ponto de lançamento sendo eles, P0, P50, P100, P200 e P350, totalizando 30 amostras.

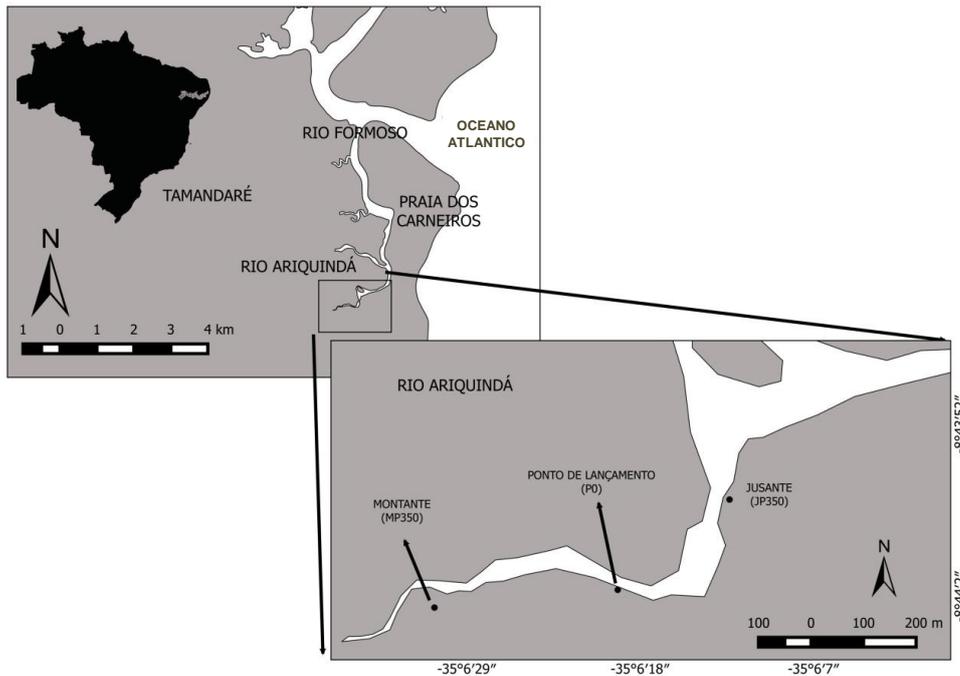


Figura 1. Localização do estuário do rio Ariquindá no município de Tamandaré, com destaque para a região de amostragem próxima ao Ponto de Lançamento (PL).

Para as análises biológicas foram coletadas amostras de sedimento utilizando um amostrador em PVC, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, e fixadas em formalina a 4%. Em laboratório, os sedimentos das amostras foram lavados através de uma malha de 0,3 mm de abertura (BEMVENUTI 1994), para garantir uma retenção mais efetiva dos juvenis da macrofauna bentônica. Os detritos com a fauna retida foram preservados em etanol a 70% e identificados ao menor nível taxonômico possível.

Os organismos foram classificados nos seguintes grupos tróficos de acordo com os hábitos alimentares, descritos na literatura: Carnívoros (C), Onívoros (O), Depositívoros (D) e Suspensívoros (S). O cálculo da porcentagem de grupos funcionais tróficos foi baseado no número de indivíduos amostrados.

Em cada ponto amostral foi coletada uma amostra de sedimento utilizando o mesmo amostrador em PVC, para estudo da granulometria e matéria orgânica. Em laboratório as análises granulométricas foram realizadas pelo método de peneiramento (SUGUIO 1973) e o teor de matéria orgânica foi obtido a partir do método descrito por DEAN (1974).

Para obtenção dos parâmetros abióticos da água em cada ponto amostral (temperatura, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido e clorofila a) foi utilizado uma Sonda tipo CTD da marca JFE Advantech modelo Rinko Protiler.

Análise Estatística

Foram realizadas análises uni e multivariadas para descrever e comparar os resultados obtidos. Os índices univariados de Riqueza (S), Equitatividade de Pielou (J') e Diversidade de Shannon-Wiener (H' pelo \log_e) foram estimados e comparados ANOVA após ter sido aplicado o teste de homogeneidade e variância de Bartlett.

Para análises de variações espaciais de agrupamento foram utilizadas técnicas de ordenação não paramétrica de Escalonamento Multidimensional (MDS) utilizando o Índice de Similaridade de Bray-Curtis.

A análise BIO-ENV foi utilizada para identificar o conjunto de variáveis que explica melhor a variação da macrofauna do estuário do rio Ariquindá, mas antes foi analisada a correlação entre as variáveis e retiramos % areia e % cascalho que apresentaram correlações maiores que 0,95 com o tamanho médio do grão. Os dados foram normalizados e foi utilizada a distância euclidiana como coeficiente de associação.

Para todas as análises foi utilizado o nível de significância de $\alpha=0,05$. As análises foram realizadas nos programas PRIMER[®] (versão 6) e STATISTICA[®] 8. Para o processamento dos dados granulométricos foi utilizado o SYSGRAN[®] 3.0 (CAMARGO, 2006).

RESULTADOS

Dados Ambientais

Foram registradas profundidades de até 1,5 m, com temperatura praticamente constante, entre 28 e 30°C. A salinidade não apresentou grande variação ao longo do estuário, com valores entre 23 e 26 ao longo dos pontos amostrais, e com valor de salinidade 24 na região mais interna do estuário. A turbidez variou de 28 a 91 FTU e o oxigênio dissolvido não apresentou um padrão definido, com valores de 3,15 a 5,80 mg/l (Tabela 1).

Os maiores teores de matéria orgânica no sedimento foram registrados nos pontos amostrais JP200, MP200 e MP50. O sedimento esteve representado na maioria dos pontos amostrais por areia, com exceção ao ponto localizado a 200 m a montante do ponto de lançamento do efluente que apresentou predominância de cascalho (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis abióticas (profundidade, temperatura, salinidade, clorofila a, turbidez, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e granulometria) determinadas em março de 2014 em cada distância a jusante (J) e montante (M) ao ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá, Tamandaré/PE.

Amostras	PROF. [m]	TEMP. [deg C]	SAL. []	Chl,-A [ug/l]	TURB. [FTU]	OD [mg/l]	MO[%]	MED GRAO mm	% Cascalho	% Areia	% Silte
JP350	0.30	30.59	26.62	7.28	50.01	5.49	2.24	0.19	0.63	98.44	0.75
JP200	0.50	30.06	24.27	10.43	73.77	5.79	7.89	0.53	43.03	55.40	1.31
JP100	0.40	29.80	24.05	11.17	28.73	5.60	3.41	0.18	1.98	96.79	1.03
JP50	0.70	29.68	23.37	10.88	46.73	4.34	2.20	0.15	0.93	98.25	0.66
JP0	1.50	28.88	26.98	5.33	30.96	3.15	1.62	0.24	1.77	97.27	0.79
MP0	1.50	28.88	26.98	5.33	30.96	3.15	1.28	0.24	0.48	96.75	2.48
MP50	0.00	28.91	24.91	14.99	91.85	4.63	6.42	0.19	2.42	95.93	1.41
MP100	0.30	28.76	23.55	9.81	30.42	3.34	0.37	0.18	2.26	95.52	1.95
MP200	0.70	29.23	23.12	10.44	36.45	3.88	5.24	1.48	71.05	28.03	0.78
MP350	0.00	30.88	24.42	10.11	50.80	5.80	2.30	0.36	9.33	89.16	1.25

Dados da Macrofauna Bêntica

Foram identificados 33 táxons em um total de 151 indivíduos da macrofauna bêntica, distribuídos entre poliquetas (21 táxons), bivalves (6 táxons), crustáceos (4 táxons) e outros (2 táxons) (Tabela 2). Os anelídeos representaram mais de 70% da abundância (112 indivíduos), *Aricidea*, seguido de *Scoloplus*, *Heteromastus* e *Prionospio* foram os mais abundantes entre os poliquetas (totalizando 59% dos indivíduos), e o Bivalve *Tagelus plebeius* entre os Moluscos.

Em termos de ocorrência, todas as espécies apresentaram uma baixa frequência entre as amostras (menos de 40%), sendo *T. plebeius* a melhor distribuída entre os moluscos (frequente em nove amostras) e *Aricidea* (frequente em seis amostras) entre os poliquetas.

A riqueza por amostra variou de um a onze táxons, com mediana de três espécies por amostra. As amostras a jusante do ponto de lançamento dos efluentes apresentaram riqueza média significativamente maior que a montante ($F_{(1,26)} = 5,278$; $p = 0,030$). Entretanto, esta diferença não foi significativa nas diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes, tanto a jusante quanto montante (Fig. 2).

A abundância por amostra variou de um a vinte e sete espécimes, com mediana de três e meio indivíduos. As amostras a jusante do ponto de lançamento dos efluentes apresentaram abundância média maior que a montante, ainda que não significativa ($F_{(1,26)} = 3,0969$; $p = 0,09020$). Também não foi significativa nas diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes, tanto a jusante quanto montante (Fig. 3).

Foi observado que tanto a riqueza quanto a abundância, a montante do ponto de lançamento, diminuiu até a distância de 100 m e volta a aumentar até 350 m da descarga de efluente. Já a jusante observou-se um leve aumento da riqueza e abundância nos primeiros 50 m de afastamento, com um declínio na riqueza nos 100 m e aumento elevado da abundância causado pelo gênero *Aricidea*, e posterior declínio a partir de 200 m do lançamento, tanto na riqueza quanto na abundância.

A análise de escalonamento multidimensional dos dados bióticos e abióticos não apresentou nenhum padrão, nem em relação às áreas a montante e a jusante e nem em relação às distâncias do ponto de lançamento do efluente (Fig. 4). Esta ausência de padrão dispensa análise complementar para discriminar melhor os resultados.

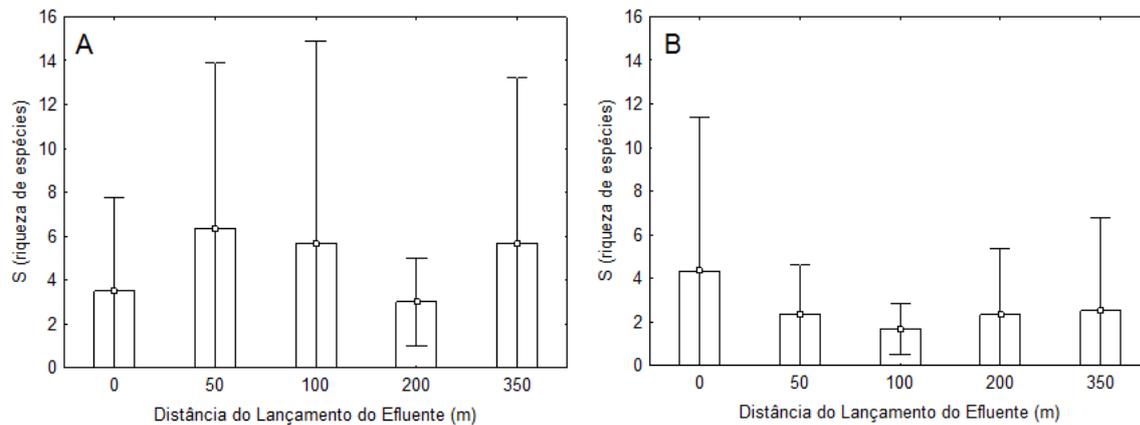


Figura 2. Média (± 2 D.P.) da riqueza do macrobentos a diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá. A: a jusante; B a montante.

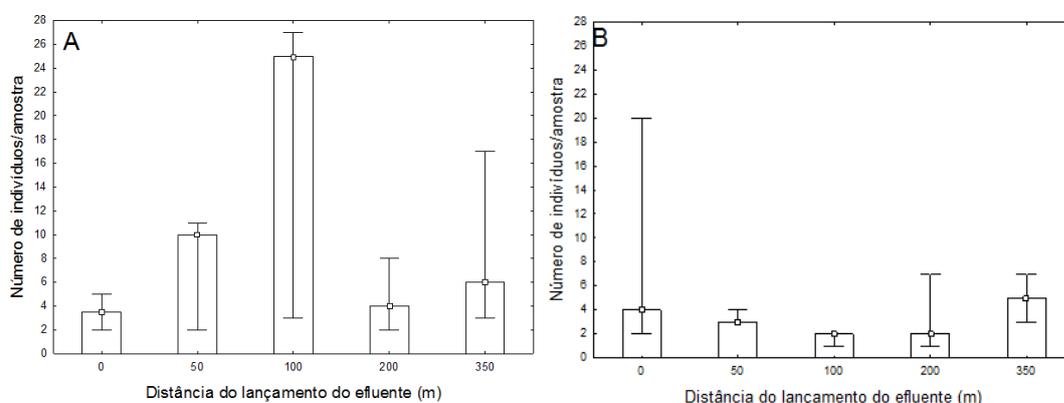


Figura 3. Mediana (\pm amplitude dos dados) da abundância do macrobentos a diferentes distâncias do ponto de lançamento de efluentes domésticos tratados do rio Ariquindá. A: a jusante; B a montante.

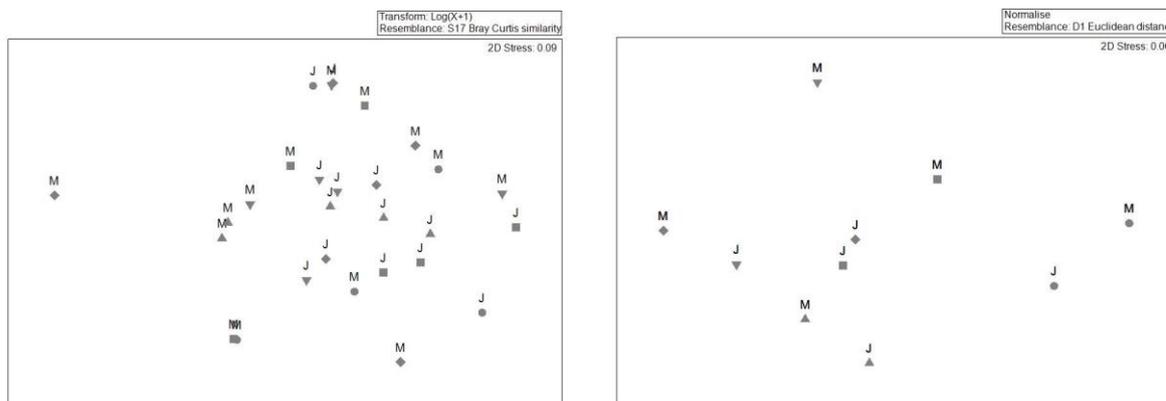


Figura 4. MDS dos parâmetros bióticos (A) e abióticos (B) do estuário do rio Ariquindá sob influência do lançamento de efluente doméstico. Tamandaré/PE. (Distâncias [m]: 0 50 100 200 350). ∇ \blacktriangle

Tabela 2. Abundância e Riqueza dos macroinvertebrados bênticos do estuário do rio Ariquindá, Tamandaré/PE, sob influência de lançamento de efluentes tratados em março de 2014.

TAXA			ABUNDÂNCIA		
			Montante	Jusante	Total
Annelida					
Polychaeta	Ampharetidae	<i>Isolda</i> spp	0	1	1
	Capitellidae	<i>Heteromastus</i> spp	7	3	10
	Capitellidae	<i>Mediomastus</i> spp	1	2	3
	Capitellidae	<i>Notomastus</i> spp	0	1	1
	Eunicidae	<i>Marphysa</i> spp	0	1	1
	Goniadidae	<i>Glycinde multicens</i>	4	3	7
	Hesionidae	<i>Gyptis</i> spp	1	5	6
	Nereididae	<i>Neanthes</i> spp	1	1	2
	Nereididae	<i>Nereis</i> spp	1	1	2
	Nereididae	<i>Laeonereis</i> spp	4	0	4
	Orbiniidae	<i>Scoloplos</i> spp	0	11	11
	Paraonidae	<i>Aricidea</i> spp	2	33	35
	Paraonidae	<i>Paradoneis</i> spp	0	1	1
	Pilargidae	<i>Pilargis</i> spp	0	1	1
	Pilargidae	<i>Sigambra grubii</i>	0	5	5
	Sabellidae	<i>Fabricinae</i> spp	3	3	6
	Spionidae	<i>Aonides</i> spp	1	0	1
	Spionidae	<i>Laonice</i> spp	1	0	1
	Spionidae	<i>Prionospio</i> spp	9	1	10
	Sternaspidae	<i>Petersenaspis</i> spp	0	1	1
	Syllidae	<i>Typosillis</i> spp	0	1	1
Annelida					
Oligochaeta	Tubificidae	<i>Pelosclex</i> spp	0	2	2
Nemertea					
	Família NI		4	2	6
Artropoda					
Crustacea					
	Alpheidae	<i>Alpheus</i> spp	1	0	1
	Aoridae	<i>Grandidierella</i> spp	1	3	4
	Palaemonidae	<i>Macrobrachium</i> spp	0	1	1
	Panopeidae	<i>Cyrtoplax spinidentata</i>	1	0	1
Mollusca					
Bivalvia					
	Lucinidae	<i>Lucina pectinata</i>	2	6	8
	Solecurtidae	<i>Tagelus plebeius</i>	3	10	13
	Tellinidae	<i>Tellina aequistriata</i>	1	0	1
	Tellinidae	<i>Macoma constricta</i>	0	1	1
	Veneridae	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	1	0	1
	Família NI		2	0	2
			ABUNDANCIA	51	100
			RIQUEZA	21	33

Estrutura Trófica da Comunidade Macrobentônica

Foram encontradas 24 famílias distribuídas entre os grupos tróficos: depositívoros, carnívoros, onívoros e suspensívoros de acordo com a literatura (Tabela 3). A distribuição dos grupos tróficos ao longo dos pontos amostrais está representada na Figura 5.

O grupo depositívoros esteve melhor representado nas amostras, tanto a jusante quanto montante, abrangendo mais de 50% dos táxons encontrados, em sua grande maioria representados por poliquetas. Os suspensívoros apresentaram mais de 20% das ocorrências, destacando que na amostra a 200 m a jusante do ponto de lançamento esse grupo apresentou uma maior ocorrência comparada aos depositívoros.

O grupo dos depositívoros também apresentou uma abundância maior em relação aos demais grupos tróficos, tanto a montante quanto a jusante do ponto de lançamento, destacando um pico de abundância na amostra a 100 m jusante do ponto de lançamento (Fig. 6), representado pelo gênero *Aricidea*.

Correlação entre Fatores Ambientais e Macrofauna

A análise BIOENV indicou o conjunto de variáveis ambientais que melhor explicam a variação na distribuição das comunidades de macrofauna neste estudo, apresentando os parâmetros profundidade, oxigênio dissolvido na água e tamanho médio do grão no sedimento como os principais ($p=0,196$), embora os valores de correlação tenham sido fracos e não significativos (Tabela 4).

Tabela 3. Grupos funcionais tróficos e abundância de macroinvertebrados bênticos observados em março de 2014 no estuário do rio Ariquindá sob influência de efluentes domésticos tratados, Tamandaré/PE.

GRUPO TAXONÔMICO	GRUPO FUNCIONAL TRÓFICO	ABUNDÂNCIA		
		Montante	Jusante	
Annelida				
Polychaeta				
	Ampharetidae	Depositívoros	0	1
	Capitellidae	Depositívoros	8	6
	Eunicidae	Depositívoros	0	1
	Goniadidae	Carnívoros	4	3
	Hesionidae	Depositívoros	1	5
	Nereididae	Depositívoros	6	2
	Orbiniidae	Depositívoros	0	11
	Paraonidae	Depositívoros	2	34
	Pilargidae	Onívoros	0	6
	Sabellidae	Depositívoros/Suspensívoros	3	3
	Spionidae	Depositívoros	11	1
	Sternaspidae	Depositívoros	0	1
	Syllidae	Carnívoros	0	1
Annelida				
Oligochaeta				
	Tubificidae	Depositívoros	0	2
Artropoda				
Crustacea				
	Alpheidae	Carnívoros	1	0
	Aoridae	Suspensívoros	1	3
	Palaemonidae	Onívoro	0	1
	Panopeidae	Carnívoros	1	0
Mollusca				
Bivalvia				
	Lucinidae	Suspensívoros	2	6
	Solecurtidae	Suspensívoros	3	10
	Tellinidae	Depositívoros/Suspensívoros	1	1
	Veneridae	Suspensívoros	1	0
	Lucinidae	Suspensívoros	2	6
	Solecurtidae	Suspensívoros	3	10
		ABUNDANCIA TOTAL	45	98

Tabela 4. Valores da correlação de Spearman (pw) com as melhores combinações de variáveis realizadas pelo BIOENV para o rio Ariquindá. K= número de variáveis.

K	Melhor combinação de variáveis	Pw
3	Profundidade, O.D., med. grão	0,196
4	Profundidade, temperatura, O.D., med. grão	0,187
4	Profundidade, O.D., med. grão, % silte	0,185
2	Profundidade, O.D	0,185
2	O.D., med. Grão	0,184

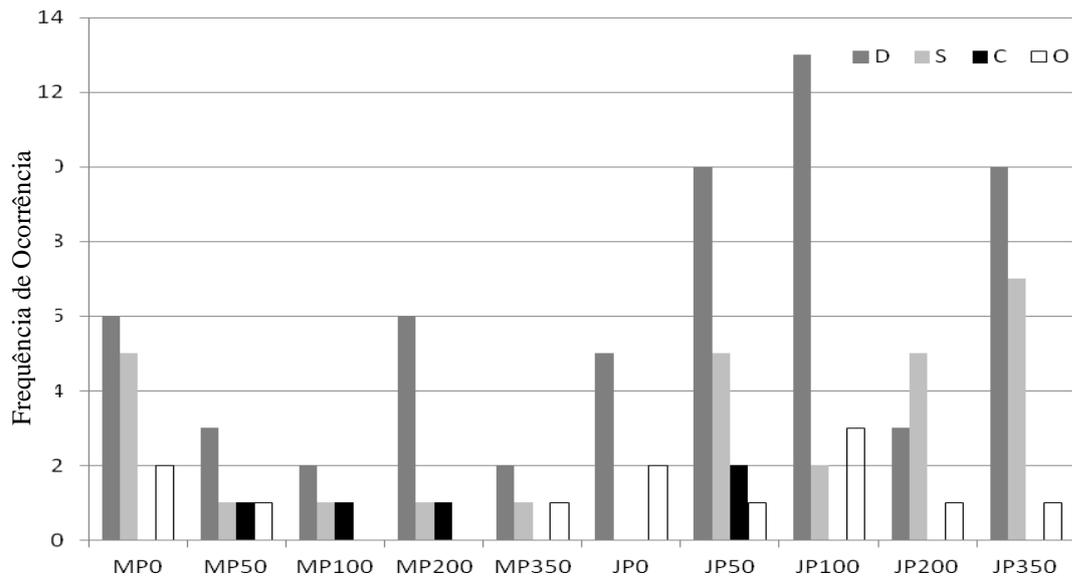


Figura 5. Frequência dos Grupos Funcionais Tróficos ao longo dos pontos amostrais da macrofauna estuarina do rio Ariquindá sob influência de lançamento de efluente doméstico tratado. D: Depositívoros, C: Carnívoros, O: Onívoros, S: Suspensívoros.

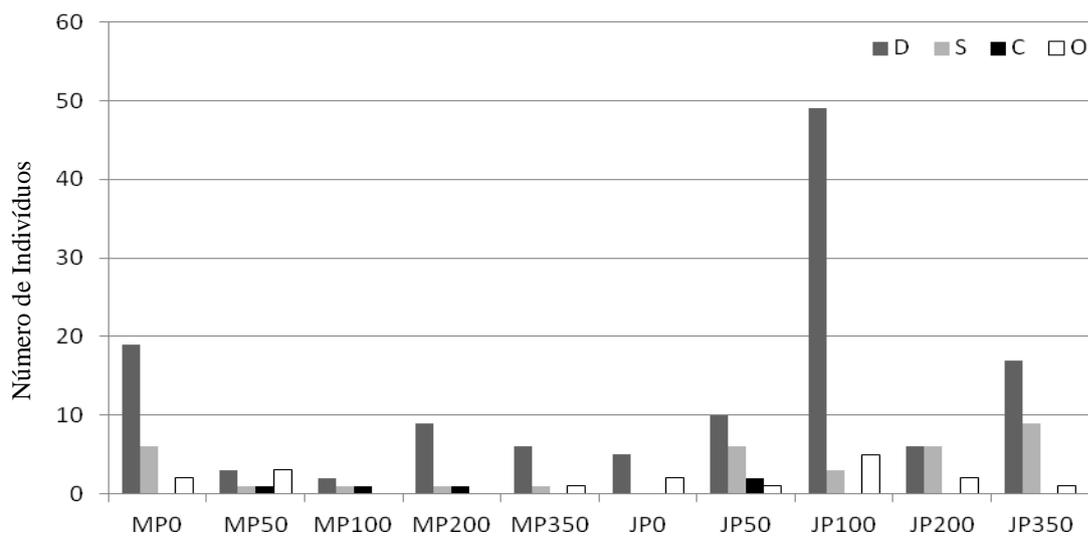


Figura 6. Abundância da distribuição dos Grupos Funcionais Tróficos nos táxons da macrofauna estuarina do rio Ariquindá sob influência de lançamento de efluente doméstico tratado. D: Depositívoros, C: Carnívoros, O: Onívoros, S: Suspensívoros.

DISCUSSÃO

Dentro da área de estudo não foi observada nenhuma alteração específica na estrutura da macrofauna benthica estuarina relacionada a influência do lançamento de efluentes domésticos tratados. Não há diferenças claras e nem um padrão que gere um gradiente relacionado à distância do efluente, nem para abundância nem para a riqueza.

Embora os valores de abundância tenham sido baixos, comparados a outros estuários tropicais (LUCERO ET AL 2006, BARROS ET AL 2008, BRAGA ET AL 2011), os valores de riqueza encontrados não estiveram distantes de estudos da macrofauna estuarina sujeita a influência de efluentes (HATJE ET AL 2008; AVIZ ET AL 2012, VALENÇA AND SANTOS, 2012).

Todavia, é preciso considerar que foi realizada uma única coleta, em uma área inferior a 1 km, no período seco, o qual é considerado um período de diversidade comumente mais baixa, como mostrado nos trabalhos de CARVALHO ET AL (2011) e AVIZ ET AL (2012). A diversidade é, geralmente, mais elevada na estação chuvosa, relacionada a diminuição da salinidade e enriquecimento orgânico da água provindos do aporte de águas continentais na região estuarina (KENNISH 1997, KIMMERER 2002).

Para os resultados observados no presente estudo, existem duas explicações possíveis, a primeira, que o efluente esteja realmente afetando toda a área de estudo, o que talvez signifique uma área amostral pequena para se observar possíveis efeitos na estrutura da comunidade macrobenthica. E a segunda, que a ausência de padrão observado relacionado ao lançamento do efluente seja um reflexo de que o efluente não afeta a comunidade macrobenthica.

A ausência de um gradiente de diluição do efluente lançado em área estuarina pode ser explicado pela hidrodinâmica acentuada dos sistemas estuarinos (AVIZ ET AL 2012), o que leva a uma constante ressuspensão do sedimento ao logo das margens do estuário

(PINHEIRO 1987), atenuando o efeito do efluente a ponto de não influenciar a estrutura da macrofauna bêntica.

Os parâmetros ambientais que estão relacionados com características dos efluentes domésticos, como a matéria orgânica, o oxigênio dissolvido e clorofila a (AVIZ ET AL 2012; SILVA ET AL 2015), apresentaram nos pontos de lançamento (MP0 e JP0) valores inferiores aos demais pontos amostrais a diferentes distâncias, porém sem diferenças significantes e com ausência de um padrão claro entre os pontos amostrais.

Visto isso, evidencia-se que o efluente tem uma interferência muito pontual, mudando alguns parâmetros ambientais basicamente no ponto de lançamento, porém sem afetar a biota local, mesmo próximo a esses pontos. Dificilmente uma possível diferença ocorreria além dos 350 m, seja a jusante ou montante ao ponto de lançamento, nos parâmetros avaliados, uma vez que nesta faixa de 700 m de influência pouco ou nada foi alterado.

Dessa forma, como uma resposta à ausência de padrão dos parâmetros bióticos e ambientais, refutamos a nossa primeira explicação de que o efluente afetaria toda a área de estudo. Se isto ocorresse, deveria ter sido verificada algum padrão ou, ao menos, alterações significativas no ponto de lançamento.

O ponto de lançamento tem uma hidrodinâmica diferenciada, com maior profundidade em relação aos demais. Isto pode favorecer para a pouca influência do efluente sobre a comunidade, uma vez que a profundidade atenua um possível impacto na comunidade residente comparada a regiões mais rasas (DAUER ET AL 2008). Por outro lado, a elevada salinidade encontrada no local pode influenciar na baixa diversidade já que, em determinados ambientes com elevadas salinidades, observa-se uma diminuição da diversidade e abundância de comunidades bênticas (BARROS ET AL 2008, DAUER ET AL 2008, BAOQUAN ET AL. 2010).

A baixa vazão do efluente doméstico despejada no estuário somada as suas características pós tratamento, com valores reduzidos de matéria orgânica e oxigênio

dissolvido, também são fatores responsáveis pela ainda pouca ou nenhuma influência sobre a macrofauna local, principalmente levando em consideração o curto período de tempo (pouco mais de dois anos) de lançamento do efluente no estuário.

Trabalhos recentes com comunidades macrobênticas sob influência de lançamento de esgoto doméstico tem mostrado que granulometria, oxigênio dissolvido e matéria orgânica são influenciados pelo despejo de efluentes (PAGLIOSA ET AL. 2006, FERRANDO AND MENDEZ 2011, AVIZ ET AL 2012), vários estudos mostram que estes mesmos parâmetros estão diretamente relacionados com a mudança na biota (CRUZ-MOTTA ET AL 2004, ELIAS ET AL 2004, UDAYKUMAR ET AL 2013).

Há poucos estudos analisando a influência de efluentes domésticos na macrofauna em estuários tropicais destacando FERRANDO AND MENDEZ (2011), MARTIN ET AL (2011) e AVIZ ET AL (2012). FERRANDO AND MENDEZ (2011) analisaram as possíveis mudanças a longo prazo em comunidades de anelídeos estuarinos no México sujeitos a contaminação industrial e urbanos e constataram que a comunidade não só foi afetada como revelou que mesmo após 11 anos o estudo confirmou que o estuário ainda apresentava um grau de perturbação. O que difere do presente estudo, onde a macrofauna não apresentou nenhuma mudança significativa em sua estrutura, o que talvez seja justificado pelo curto prazo e pontual amostragem, além de pouco tempo de descarga de efluente no estuário.

Ainda MARTIN ET AL (2011) analisaram a influencia da carga antrópica sobre a distribuição dos organismos bentônicos, relacionando o enriquecimento orgânico com a baixa diversidade e aumento da abundância de espécies tolerantes a médio prazo, como mostra o modelo conceitual de PEARSON AND ROSENBERG (1978) que após as fases iniciais de enriquecimento orgânico, há diminuição de oxigênio o que leva a uma maior competição entre as espécies.

Essa ausência de influência observada no estuário do rio Ariquindá para os parâmetros observados corroborou com estudo realizado por AVIZ ET AL (2012) no qual verificou-se

que o lançamento não causou nenhuma mudança negativa significativa na estrutura das comunidades residentes, observando apenas algumas diferenças nos parâmetros ambientais como predominância de areia, baixos níveis de oxigênio e matéria orgânica, valores que também constatamos nos nossos resultados.

Como a distribuição da macrofauna é determinada por fatores ambientais, em consequência o modo de alimentação e sua projeção na composição trófica também são influenciados (SNELGROVE AND BUTMAN 1994). No presente estudo os depositívoros e suspensívoros tiveram maior destaque entre as amostras, característicos de ambientes com elevado teor de matéria orgânica (MARQUES ET AL 1999). Em vários estudos realizados os depositívoros apresentaram-se dominantes, corroborando com os resultados encontrados para o Ariquindá (YSERBAERT ET AL 2003, GLAUDÊNCIO AND CABRAL 2007). Embora seja relatado que alta presença de carnívoros esteja associada a ambientes de elevada salinidade e predominância de areia (CARVALHO ET AL 2011), no presente estudo esse grupo trófico apresentou-se fracamente representado, mesmo com as mesmas características ambientais. O mesmo se observa com os suspensívoros que no mesmo estudo esteve relacionado com a alta produtividade da área, relatados em locais com elevados níveis de clorofila a e partículas em suspensão, diferindo do presente estudo.

Observa-se que, embora os padrões de distribuição dos grupos tróficos já relatados em outros estudos não foram verificados no presente trabalho, houve uma predominância do grupo favorecido pelo enriquecimento orgânico, podendo ter relação com ambientes contaminados. Porém o que se observa é que mesmo o grupo depositívoros sendo um possível indicador de contaminação, ele não apresentou preferência próximo ao ponto de lançamento, assim, se a taxa favorecida pela presença de matéria orgânica não está tendo correlação direta com esse parâmetro, então esse grupo não está relacionado ao lançamento do efluente, e talvez com a própria hidrodinâmica local.

Com os resultados obtidos evidencia-se que, no momento, o emissário não está exercendo efeito significativo sobre a comunidade macrobêntica do estuário do rio Ariquindá, mesmo que o despejo dos efluentes tenha contribuído para alterar alguns parâmetros ambientais próximo ao ponto de lançamento, a comunidade da macrofauna residente não se apresentou influenciada por essa carga de matéria orgânica introduzida, e portanto não modificando claramente a estrutura dessa comunidade. Observamos que embora o local de lançamento do efluente no rio Ariquindá apresente características adequadas para minimização de possíveis interferências nas comunidades locais, a longo prazo essa interferência pode acentuar o efeito desse enriquecimento orgânico levando a um desequilíbrio na estrutura das comunidades locais.

AGRADECIMENTOS

A Profa. Eliete Zanardi por disponibilizar Laboratório de Compostos Orgânicos - UFPE para análises dos dados granulométricos e a todos do laboratório que dividiram seu espaço comigo para o processamento dos dados. Ao Prof. Jesser Fidelis do Museu de Oceanografia Prof. Petrônio Alves Coelho – UFPE pela prontidão em identificar os crustáceos, e Dr. Eriberto José do Laboratório de Comunidades Marinhas – UFPE pela enorme contribuição na identificação dos Poliquetas.

REFERÊNCIAS

AVIZ D., CARVALHO I. L. R., FILHO J. S. R. Spatial and temporal changes in macrobenthic communities in the Amazon coastal zone (Guajará Estuary, Brazil) caused by discharge of urban effluents. **Sci. Mar**, 76(2): 381-390. 2012.

BAOQUAN, LI; XINZHENG, LI; HONGFA, WANG; JINBAO, WANG; QINGXI, HAN; CHAO, DONG; LIN, MA; BAOLIN, ZHANG. The relationship between soft-bottom macrobenthic communities and environmental variables off Ningjin, eastern Shandong Peninsula. **Acta Oceanol. Sin.**, Vol. 29, No. 6, P. 73-82. 2010.

BARROS F., HATJE V., FIGUEIREDO M. B., MAGALHÃES W.F., DÓREA H. S., EMÍDIO E. S. The structure of the benthic macrofaunal assemblages and sediments characteristics of the Paraguaçu estuarine system, NE, Brazil. **Estuar. Coast. Shelf S**, 78: 753-762. 2008.

BEMVENUTI C.E.. O poliqueta *Nephtys fluviatilis* Monro, 1937, como predador da infauna na comunidade de fundos moles. **Atlântica**, 16: 87-98. 1994.

BRAGA, C. F.; MONTEIRO, V. F.; ROSA-FILHO, J. S.; BEASLEY, C. R. Benthic macroinfaunal assemblages associated with Amazonian saltmarshes. **Wetlands Ecol Manage**, 19:257–272. 2011.

CAMARGO, C. SYSGRAN. **Um sistema de códigos para análises granulométricas**. www.cem.ufpr.br/sysgran. 2006.

CARVALHO S., BARATA M., PEREIRA F., POUSÃO-FERREIRA P., FONSECA DA C, L., GASPAR, M.B. Can macrobenthic communities be used in the assessment of environmental quality of fish earthen ponds? **J. Mar. Biol. Assoc. U. K.**, 90, 135 e 144. 2010.

CARVALHO S., PEREIRA P., PEREIRA F., PABLO DE H., VALE C., GASPAR M. B. Factors structuring temporal and spatial dynamics of macrobenthic communities in a eutrophic coastal lagoon (Óbidos lagoon, Portugal). **Mar. Environ. Res.**, 71: 97-110. 2011.

CLARK R.B. **Mar. Pollut.** Edition. Oxford University Press, Inc., New York. 237pp. 2001.

CRUZ-MOTTA, J.J., COLLINS, J. Impacts of dredged material disposal on a tropical soft-bottom benthic assemblage. **Mar. Pollut. Bull.**, 48, 270–280. 2004.

DAUER, D. M.; LLANSO, R. J.; LANE, M. F. Depth-related patterns in benthic community condition along an estuarine gradient in Chesapeake Bay, USA. **Ecol. Indic.**, n.8 p. 417-424. 2008.

DEAN JR, W.E., Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss of ignition: comparison with other methods. **J. Sed. Petrol.** 44: 242–248. 1974.

ELÍAS R., PALACIOS J.R., RIVERO M.S., VALLARINO E.A. Short-term responses to sewage discharge and storms of subtidal sand-bottom macrozoobenthic assemblages off Mar del Plata city, Argentina (SW Atlantic). **J. Sea Res.** 53: 231-242. 2005.

ELLIOT M., QUINTINO V., The Estuarine quality Paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. **Mar. Poll. Bull.** 54: 640–645. 2007.

FERRANDO A., MENDEZ N. Effects of organic pollution in the distribution of annelid communities in the Estero de Urías coastal lagoon, Mexico. **Sci. Mar.**, 75: 351-358. 2011.

GAUDÊNCIO, M. J.; CABRAL, H. N. Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf. **Hydrobiologia**. Volume 587, Issue 1, pp 241-251. 2007.

GERN, F.R., LANA, P.C. Reciprocal experimental transplantations to assess effects of organic enrichment on the recolonization of benthic macrofauna in a subtropical estuary. **Mar. Pollut. Bull.** 67, 107–120. 2013.

GRAY J.S., WU R.S.S., OR Y.Y. Effects of hypoxia e organic enrichment on the coastal marine environment. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 238pp. 2002.

GUERRA-GARCÍA, J.M., GARCÍA-GOMEZ, J.C., Recolonization of defaunated sediments: fine versus gross sand and dredging versus experimental trays. **Estuar. Coast. Shelf. S** 68, 328–342. 2009.

HATJE V., BARROS F., MAGALHÃES W., RIATTO V. B., AMORIM F. N., FIGUEIREDO M. B., SPANÓ S., CIRANO M. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. *Baseline / Mar. Poll. Bull.*, 56: 348-379. 2008.

HEILSKOV A.C., HOLMER M., Effects of benthic fauna on organic matter mineralization in fish-farm sediments: importance of size and abundance. **Ices J Mar Sci** 58: 427 e 434. 2001.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biol Conserv**, 92: 185-197. 2000.

HOLTE B., OUG E. Soft-bottom macrofauna and responses to organic enrichment in the subarctic waters of Tromsø, Northern Norway. **J. Sea Res.** 36: 227-237. 1996.

KENNISH M.J. Practical handbook of estuarine and marine pollution. **Boca CRC Press LLC**, Florida. 254 pp. 1997.

KIMMERER W.J. Physical, biological, and management responses to variable freshwater flow into the San Francisco estuary. **Estuaries** 25: 1275-1290. 2002.

LUCERO, C. H.R.; CANTERA J. R. K., ROMERO I. C. Variability of macrobenthic assemblages under abnormal climatic conditions in a small scale tropical estuary. **Estuar. Coast. Shelf S**, 68: 17-26. 2006.

MARQUES M. G. S. M., FERREIRA R. L., BARBOSA F. A. R. . Macroinvertebrate community and limnological characteristics of Lagoa Carioca and Lagoa da Barra, State Park of Rio Doce, Minas Gerais, Brazil. **Braz. J. Biol.** v. 59, n. 2, p. 203-210. 1999.

MARTIN, G. D.; NISHA, P. A.; BALACHANDRAN, K. K; MADHU, N. V.; NAIR, M.; SHAIJU, P.; JOSEPH, T.; SRINIVAS, GUPTA, K.; G. V. M. Eutrophication induced changes in benthic community structure of a flow-restricted tropical estuary (Cochin backwaters), India. **Environ. Monit. Assess.** 176:427–438. 2011.

MERMILLOD-BLONDIN F., FRANÇOIS-CARCAILLET F., ROSENBERG R. Biodiversity of benthic invertebrates and organic matter processing in shallow marine sediments: an experimental study. **J. Exp. Mar. Biol.** 315: 187 e 209. 2005.

MUNARI C., MISTRI M. The performance of benthic indicators of ecological change in Adriatic coastal lagoons: throwing the baby with the water. **Mar. Poll. Bull.** 56: 95–105. 2008.

MUNIZ P, VENTURINI N. Spatial distribution of the macrozoobenthos in the Soli's Grande Stream estuary (Canelones-Maldonado, Uruguay). **Braz J Biol** 61:409–420. 2001.

NEGRELLO-FILHO, O.A.; UNDERWOOD, A.J.; CHAPMAN, G.M. Recolonization of infauna on a tidal flat: an experimental analysis of modes of dispersal. **J. Exp. Mar. Biol.**, v.328, p. 240-250, 2006.

Pagliosa P.R., Barbosa F.A.R. Assessing the environment–benthic fauna coupling in protected and urban areas of southern Brazil. **Biol. Conserv.** 129: 408-417. 2006.

PEARSON, T.H., ROSENBERG, R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.** 16, 229– 311. 1978.

PINHEIRO R.V.L. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém (PA).** Universidade Federal do Pará, Belém, 164 pp. 1987.

PONTI M., ABBIATI M. Quality assessment of transitional waters using a benthic biotic index: the case study of the Pialassa Baiona (northern Adriatic Sea). **Aquat Conserv** 14: S31 e S41. 2004.

RAKOCINSKI, C.F. Evaluating macrobenthic process indicators in relation to organic enrichment and hypoxia. **Ecol. Indic.** 13: 1–12. 2012.

SHIN, C.H.; CHUNG, W.S.; HONG, S.K.; OBER, E.A.; VERKADE, H.; FIELD, H.A.; HUISKEN, J.; STAINIER, D.Y. Multiple roles for Med12 in vertebrate endoderm development. **Dev. Biol.**, v.317, n.2, p. 467-479, 2008.

SILVA, M. A. M., SOUZA, M. F. L.; ABREU, P. C. Spatial and temporal variation of dissolved inorganic nutrients, and Chlorophyll-A in a tropical estuary in Northeastern Brazil: Dynamics of nutrient removal. **Braz J Oceanogr.**, 63(1):1-15, 2015.

SNELGROVE, P.V.R.; BUTMAN, C.A. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. **Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.**, 32 (1994), pp. 111–177.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo. 1973.

UDAYKUMAR V. G.; SIVADAS, S. K.; INGOL, B. S. Effect of tropical rainfall in structuring the macrobenthic community of Mandovi estuary, west coast of India. **J. Mar. Biol. Assoc. U. K.**, 93(7), 1727–1738. 2013.

VALENÇA A. P. M. C., SANTOS P. J.P. Macrobenthic community for assessment of estuarine health in tropical areas (Northeast, Brazil): Review of macrofauna classification in

ecological groups and application of AZTI Marine Biotic Index. **Mar. Poll. Bull.** 64: 1809-1820. 2012.

VAN COLEN, C., MONTSERRAT, F., VINCX, M., HERMAN, P.M.J., YSEBAERT, T., DEGRAER, S., Macrobenthos recruitment success in a tidal flat: feeding trait dependent effects of disturbance history. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 385, 79–84. 2010.

YSERBAERT, T., HERMAN, P.M.J., Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, internal soft-sediment environment. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 244, 105–124. 2003.

ANEXO I: PRANCHA DE FOTOS



Figura 7. Estuário do rio Ariquindá – Tamandaré/ PE. A: estuário médio, B e C: regiões a jusante do ponto de lançamento de efluente doméstico após tratamento, D: ponto de lançamento, E e F: regiões a montante do ponto de lançamento, G: Estação de Tratamento de Esgoto e H: Poço de Visita do Lançamento de Efluente..

ANEXO II: NORMAS PARA SUBMISSÃO A REVISTA

Brazilian Journal of Oceanography

Escope and politics

The Brazilian Journal of Oceanography covers the entire spectrum of disciplines within the science of oceanography, publishing articles dealing with the biological oceanography, physical oceanography, marine chemistry, sedimentology and geology, from coastal and estuarine waters out to the open sea. Emphasis is placed on inter-disciplinary process-oriented contributions. BJO also publishes issues dedicated to results of scientific meetings and of large inter-disciplinary studies or topical issues on specific subjects.

The audience is composed by physical, chemical and biological oceanographers, marine sedimentologists, geologists and geochemists, marine biologists and ecologists.

Papers sent to BJO must present results from original research and be written in english.

The manuscript should be sent to the editor who verifies its property in relation to the scope of the periodical. Manuscripts are critically evaluated by two reviewers. The Editor decides on acceptance or rejection. Acceptable manuscripts are usually returned to the author for consideration of comments and criticism.

The BJO publishes articles in three formats, as follows, but review articles are occasionally accepted.

- a) Original article: up to 30 pages, figures and tables included;
- b) Note: up to 07 pages, figures and tables included;
- c) Review article: up to 50 pages, figures and tables included

Important: Authors must submit six (06) names of potential reviewers for the manuscript, among the experts of recognized competence in the area.

Organization of the manuscript

Article and Review

Organization of the manuscript Article and Review

The desirable style of organization of a manuscript is as follows:

Title - Must be brief and indicative of the objective of the paper.

Author(s) - Full name(s) of the author(s) should be provided.

Affiliation(s) - The author(s) affiliation(s) and address for correspondence should be given.

Running title - A brief running title should be provided, not exceeding 50 characters, including spaces.

Abstract - The Article and Review papers should include a brief abstract, not exceeding - 200 words.

Resumo - In Portuguese, located below the Abstract, without paragraphs, should not exceed - 200 words.

Descriptors - A maximum of eight descriptive descriptors should be listed below the "Resumo".

Introduction

Material and Methods

Result

Discussion

Acknowledgements

Organization of the Notes

Title - Should be short and indicative of the objective of the paper.

Author(s) - Full name(s) of the author(s) should be provided.

Affiliation(s) - The author(s) affiliation(s) and address for correspondence should be given.

Running title - Running head of title should be indicated, not exceeding 50 characters including spaces.

Full text

Acknowledgements

References-

- The references must follow Norma ABNT/ NBR 6023. The reference list should be in alphabetical order according to the family name of the first author. A perfect correspondence should exist between citations in the text and the list provided in the Reference section. - References should - be complete, including the family names of the authors cited, year of publication, complete title of the article, standard abbreviation of the journal title, volume, issue and page numbers (beginning and ending). Journal title should be abbreviated according to the World List of Scientific Periodicals.

Note: BJO does not accept bibliographic references of unpublished papers, theses, dissertations, abstracts and reports.

Figures, Tables and Formulas

To include figures, tables, formulas, follow the instructions of the online submission system <http://www.sgponline.com.br/bjo/sgp/>.