



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**



ERIVALDO BAIA DOS SANTOS

**OS EFEITOS DA VARIAÇÃO SAZONAL DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO
SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATOFUNA NA PRAIA DO VAI-QUEM-
QUER, ILHA DE COTIJUBA, ESTUÁRIO DO RIO PARÁ, BRASIL**

**BELÉM-PA
2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**

ERIVALDO BAIA DOS SANTOS

**OS EFEITOS DA VARIAÇÃO SAZONAL DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO
SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATOFUNA NA PRAIA DO VAI-QUEM-
QUER, ILHA DE COTIJUBA, ESTUÁRIO DO RIO PARÁ, BRASIL**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ecologia Aquática e
Pesca da Universidade Federal do Pará,
como requisito para obtenção do título de
Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.**

**Orientadora: Profa. Dra. VIRÁG VENEKEY
Coorientador: Prof. Dr. MARCELO
ROLLNIC**

**BELÉM-PA
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

S237e Santos, Eivaldo Baia dos.

Os efeitos da variação sazonal da pluviosidade e intrusão salina na
meiofauna e nematofauna na Praia do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba,
Estuário do Rio Pará, Brasil / Eivaldo Baia dos Santos. - 2019.

106 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Virág Venekey

Coorientador(a): Prof. Dr. Marcelo Rollnic

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia
Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal
do Pará, Belém, 2019.

1. Chuva. 2. Meiobentos. 3. Nematóides. 4. Região amazônica. 5.
Salinidade. I. Título.

CDD 574. 522209811

ERIVALDO BAIA DOS SANTOS

**OS EFEITOS DA VARIAÇÃO SAZONAL DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO
SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATOFUNA NA PRAIA DO VAI-QUEM-
QUER, ILHA DE COTIJUBA, ESTUÁRIO DO RIO PARÁ, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Banca examinadora:

**Profa. Dra. Virág Venekey
Orientadora**

**Profa. Dra. Patrícia Fernandes Neres
UFAL - Membro externo - Titular**

**Prof. Dr. Raphael Ligeiro Barroso Santos
UFPA - Membro externo - Titular**

**Profa. Dra. Jussara Moretto Martinelli Lemos
UFPA - Membro interno - Titular**

**Profa. Dra. Daiane Evangelista Aviz da Silva
MPEG - Membro externo - Suplente**

**Prof. Dr. César França Braga
UFRA - Membro externo - Suplente**

**BELÉM-PA
2019**

Aos amados pais, Edivaldo e Belinha

*“Quem faz ciência deve ser curioso,
duvidar, estudar, descobrir.
Ciência produz conhecimento.
O conhecimento destrói mitos.”*

Alexandre Beck

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado forças e sabedoria para chegar até aqui.

Ao meu pai, meu maior exemplo de pessoa batalhadora, compreensiva e honesta.

À minha mãe, pelo seu carinho, cuidado, incentivo, por não ter me deixado desanimar diante dos obstáculos e fazendo o possível para que eu concluísse minhas metas com sucesso.

À minha irmã, pelo incentivo, por nunca ter deixado de acreditar no meu potencial, pela ajuda nas coletas e por ter entendido meus momentos de estresse durante mais essa etapa.

Ao meu companheiro Emerson Aleixo, pelo grande incentivo, por acreditar no meu potencial, pela paciência, por ter entendido meus momentos de estresse, e por fim, por ter estado ao meu lado em praticamente todo o mestrado e dando todo apoio possível, desde o apoio emocional até a ajuda nas coletas.

A todos os integrantes da grande família Baia e família Santos, pela força, auxílio e incentivo.

À minha querida orientadora Dr^a Virág Venekey, pela grande orientação, compreensão, amizade, apoio (particularmente agradeço pelo fundamental incentivo, ajuda e todo o apoio para que minha participação nos cursos de identificação de Nematoda de água doce e marinhos, na Ghent University - Bélgica, acontecesse), e finalmente por sempre ter acreditado na minha capacidade e potencial.

Ao meu coorientador Dr Marcelo Rollnic, pela orientação, atenção, disponibilidade e por todo o apoio durante este ciclo.

Aos meus parceiros de trabalho e amigos do Grupo de Estudos de Nematoda Aquáticos (GENAQ), pelas conversas e discussões (das mais sérias as mais engraçadas); em especial a Keuli, Tereza e Jéssica por toda ajuda

durante as coletas; a minha querida Débora por ter ouvido meus dilemas e por ter me dado forças; e ao Tuca (Thuareag) por todos os auxílios e ajuda principalmente durante a análise de dados.

A todos os professores que tive e amigos que fiz ao longo desse curso.

Aos grandes pesquisadores e professores Nic Smol e Aldo Zullini que gentilmente auxiliaram na identificação de alguns gêneros de Nematoda durante os cursos de identificação de Nematoda na Ghent University, Bélgica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro na forma de bolsa durante o mestrado.

Ao Office Navy Research (ONR) pelo apoio financeiro ao projeto “Implantação de um Observatório da Costa Amazônica: Projeto OCA”, que permitiu a coleta das amostras usadas nesse estudo.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é composta por três partes: uma parte introdutória, um artigo científico organizado na forma de capítulo, e uma parte final com conclusões gerais. Este formato está de acordo com o regimento em vigor do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará.

Na primeira parte está incluída uma introdução geral onde são apresentados os principais aspectos do ambiente estuarino, além de uma revisão sobre o estado atual de conhecimento da ecologia da meiofauna, assim como o da nematofauna, em praias estuarinas tropicais e o atual conhecimento da ecologia de Nematoda nos estuários e em ambientes de água doce brasileiros. Além da introdução geral são apresentados os objetivos, hipóteses e o material e métodos de forma mais detalhada.

A segunda parte (Capítulo 1) contém um artigo a ser submetido no “Limnology and Oceanography” visando apresentar e discutir os efeitos da variação sazonal da pluviosidade e intrusão salina na comunidade de meiofauna e associação de Nematoda na praia de mesomaré do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba, zona de mistura do estuário do Rio Pará, Brasil.

Por fim, na terceira parte são apresentadas as principais conclusões e perspectivas para futuros estudos em praias estuarinas tropicais dominadas por água doce.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa indicando o local de estudo (Praia do Vai-Quem-Quer, indicada com o ponto), Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará (Pará, Brasil).	8
Figura 2. Praia do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará (Pará, Brasil) (Arquivo pessoal).....	10
Figura 3. Desenho esquemático do método de amostragem realizado na Praia do Vai-Quem-Quer, mostrando os transectos e as estações (S1, S2, S3 e S4) de coleta no médiolitoral com aproximadamente 30 m de extensão.....	10

CAPÍTULO 1- INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATÓIDES EM UMA PRAIA DE ÁGUA DOCE-OLIGOHALINA TROPICAL

Figura 1. Mapa indicando o local de estudo (Praia do Vai-Quem-Quer, indicada com o ponto), Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará, Brasil.	66
Figura 2. Pluviosidade total e salinidade na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.	66
Figura 3. Densidade média total (ind.10cm ⁻² ± erro padrão) e riqueza da meiofauna e Nematoda e densidade média total (ind.10cm ⁻² ± erro padrão) de Oligochaeta e Copepoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras diferentes indicam diferença significativa (p<0,05) entre meses.....	67
Figura 4. Densidade média total (ind.10cm ⁻² ± erro padrão) e riqueza da meiofauna nas estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.....	68
Figura 5. nMDS para a comunidade de meiofauna [meses (A) e estações (B)] e associação de Nematoda [meses (C) e estações (D)] na Praia do Vai-Quem-Quer. Em A e C, símbolos vazios: amostras dos meses de baixa pluviosidade; símbolos preenchidos: amostras dos meses de alta pluviosidade	69
Figura 6. Número total de gêneros de Nematoda de água salobra, água doce/salobra e água doce na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Os números acima das barras indicam o número de gêneros exclusivos.....	70
Figura 7. Densidade média total (ind.10cm ⁻² ± erro padrão) e riqueza de Nematoda nas estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.....	71
Figura 8. Densidade média total (ind.10cm ⁻² ± erro padrão) dos gêneros mais abundantes de Nematoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras diferentes indicam diferenças significativas (p<0,05) entre meses.....	72
Figura 9. Abundância relativa (%) dos tipos tróficos de Nematoda nas estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados (1A= comedores de depósito seletivos, 1B= comedores de depósito não seletivos, 2A= raspadores, 2B= predadores/onívoros).....	73

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATÓIDES EM UMA PRAIA DE ÁGUA DOCE-OLIGOHALINA AMAZÔNICA

Tabela 1. Fatores ambientais nas estações do médiolitoral e meses estudados na Praia do Vai-Quem-Quer.....	75
Tabela 2. Resultados da ANOVA fatorial avaliando a significância das diferenças na densidade e riqueza da comunidade de meiofauna e associação de Nematoda na Praia do Vai-Quem-Quer. Asterisco representa diferença significativa ($p < 0,05$).	79
Tabela 3. Correlação de Spearman dos grupos meiofaunais e gêneros de Nematoda com salinidade e pluviosidade. Asterisco indica valores de correlação significativa.	80
Tabela 4. Resultados da PERMANOVA na comparação da estrutura multivariada da comunidade de meiofauna e associação de Nematoda entre meses e estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer.....	81

RESUMO

Mudanças na salinidade ao longo de um estuário estão intimamente relacionadas à descarga de água doce para o oceano, que é resultante principalmente da pluviosidade, influenciando assim a extensão do nível de intrusão salina que ocorre nesses ambientes ao longo do tempo. A salinidade nos ambientes estuarinos é um dos fatores controladores mais importantes para a distribuição da fauna intersticial. No entanto, poucos estudos foram feitos em praias estuarinas e aqueles realizados foram feitos na zona costeira de estuários, onde as flutuações na salinidade são mais similares às de praias oceânicas. O presente estudo tem como objetivo verificar a resposta da meiofauna e nematofauna aos efeitos da variação sazonal da pluviosidade e intrusão salina numa praia de água doce-oligohalina (Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba) situada na zona de mistura do estuário do Rio Pará, região amazônica do Brasil. As amostragens ocorreram bimestralmente ao longo de um ano (setembro e novembro de 2017; janeiro, março, maio e julho de 2018). Dois transectos perpendiculares à linha da maré alta de sizígia foram marcados no médiolitoral e em cada transecto quatro estações foram amostradas. A primeira estação (S1) esteve localizada mais próxima à linha de maré alta e a última (S4) esteve localizada mais próxima à linha de maré baixa. Para coletar as amostras foi utilizado um corer de 3 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento, sendo estas conservadas em formaldeído a 4%. Em cada estação uma amostra adicional de sedimento foi obtida para análise granulométrica. Foi ainda aferida a temperatura do sedimento e a salinidade da água. Os dados de precipitação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em laboratório a meiofauna foi extraída do sedimento pelo método de flotação por sílica coloidal, contada e identificada ao nível de grandes grupos. Os 50 primeiros Nematoda de cada amostra foram retirados, diafanizados e montados em lâminas permanentes para sua identificação ao nível de gênero. Para cada amostra foi calculada a densidade e riqueza dos grupos da meiofauna e dos diversos gêneros de Nematoda ($\text{ind.}10\text{cm}^{-2}$). Os descritores foram comparados entre estações e meses utilizando análises univariadas (ANOVA's e correlação de Spearman) e multivariadas (PERMANOVA, MDS, SIMPER, e BIOENV). A meiofauna esteve representada

por 17 grupos, sendo Oligochaeta, Copepoda e Nematoda os mais abundantes. A variação de densidade da meiofauna ao longo dos meses apresentou relação direta com o aumento de pluviosidade e diminuição de salinidade. A estação S1 apresentou as maiores densidades em quatro dos seis meses estudados. A meiofauna total, Oligochaeta e Copepoda apresentaram correlação positiva significativa com pluviosidade e correlação negativa com salinidade. A associação de Nematoda esteve composta por 39 gêneros. Cinco gêneros de Nematoda marinhos estiveram presentes apenas em setembro, mês de menor pluviosidade e maior salinidade. A riqueza total de Nematoda assim como dos gêneros de água salobra foi maior em setembro e seguiu diminuindo até março. A associação de Nematoda esteve predominantemente constituída por predadores (2B), tendo como seu principal representante *Enoplolaimus*. Entre os gêneros mais abundantes, *Limonchulus* apresentou correlação positiva significativa com pluviosidade e correlação negativa significativa com salinidade. Já *Metadesmolaimus* apresentou correlação positiva significativa com salinidade e correlação negativa com pluviosidade. *Enoplolaimus* apresentou as maiores densidades nos meses de maior pluviosidade devido à maior oferta de alimento (ex. Oligochaeta). As maiores densidades de Nematoda ocorreram nas estações extremas da zona intertidal em quatro dos seis meses estudados. Tanto a meiofauna quanto a associação de Nematoda foram fortemente influenciados pelas mudanças sazonais da pluviosidade e salinidade. Além disso, foi possível observar como mudanças sazonais na salinidade podem indiretamente influenciar os organismos através da interação com outros grupos.

Palavras-chave: chuva, meiobentos, nematóides, região amazônica, salinidade, sazonalidade

ABSTRACT

Changes in salinity along an estuary are closely related to the freshwater discharge to the ocean, which is mainly the result of rainfall, thus influencing the extent of the level of salinity intrusion that occurs over time in these environments. The present study aimed to verify the response of meiofauna and nematodes to the effects of rainfall and saline intrusion on a freshwater-oligohaline beach (Vai-Quem-Quer, Cotijuba Island) located in the mixing zone of the Pará River, Amazon region of Brazil. Samplings were carried out bimonthly during one year (September and November, 2017; January, March, May and July, 2018). Two transects perpendicular to the spring tide mark were outlined and in each transect four stations were sampled. The first station (S1) was located close to the high tide mark and the last one (S4) was located near the low tide mark. At each station, three samples were taken using a corer with 3cm diameter, thrust 10cm into the substrate and they were subsequently fixed in 4% saline formalin. In each station one additional sediment sample was collected to granulometric analyses. It was also determined the temperature of the sediment and the water salinity. Rainfall data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET). In laboratory, the meiofaunal organisms were separated from the sediment by the flotation technique with a solution of colloidal silica, counted and identified at the level of major groups. The 50 first Nematoda were removed from each sample, diaphanized, and mounted on permanent slides to their identification at the genus level. For each sample, density and richness of meiofauna groups and Nematoda genera ($\text{ind.}10\text{cm}^{-2}$) were calculated. The descriptors were compared between stations and months using univariate (ANOVA's and Spearman correlation) and multivariate (PERMANOVA, MDS, SIMPER, and BIOENV) analysis. Meiofauna was represented by 17 groups. Oligochaeta, Copepoda and Nematoda were the most abundant groups. The density variation of the meiofaunal community over the months was directly related to the increase of rainfall and decrease of salinity. Station S1 presented the highest densities in four of the six months studied. Spearman's rank correlation coefficient indicated that the total meiofauna, Oligochaeta and Copepoda presented a significant positive correlation with rainfall and a negative correlation with salinity. Nematoda

association was composed by 39 genera. Five genera of marine nematodes were present only in September, month of lowest rainfall and highest salinity. The total richness of Nematoda as well as the brackish genus richness were highest in September and decreased until March, month of highest rainfall. Nematode association was constituted mainly by predators (2B) with *Enoplolaimus* as principal representative. Among the most abundant genera, *Limonchulus* presented a significant positive correlation with rainfall and a significant negative correlation with salinity. On the other hand, *Metadesmolaimus* presented a significant positive correlation with salinity and a negative correlation with rainfall. *Enoplolaimus* presented the highest densities in the months of highest rainfall probably due to higher food supply (eg. Oligochaeta). The highest densities of Nematoda occurred at the extreme stations of the intertidal zone in four of the six months studied. Meiofauna and nematodes were strongly influenced by seasonal change of rainfall and salinity. In addition, it was possible to see how seasonal changes in salinity can indirectly influence organisms due to interaction with other groups.

Keywords: Amazon region, meiobenthos, nematodes, rainfall, salinity, seasonality

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS.....	6
Objetivo geral	6
Objetivos específicos	6
HIPÓTESES.....	7
MATERIAL E MÉTODOS	7
Área de Estudo	7
Procedimentos em Campo	9
Procedimentos em Laboratório	11
Análise de Dados	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 1- INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO SALINA NA MEIOFAUNA E NEMATÓIDES EM UMA PRAIA DE ÁGUA DOCE- OLIGOHALINA TROPICAL	24
RESUMO.....	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAL E MÉTODOS	29
RESULTADOS.....	34
DISCUSSÃO	41
AGRADECIMENTOS.....	50
REFERÊNCIAS.....	51
LISTA DE LEGENDAS DAS FIGURAS.....	62
FIGURAS	65
TABELAS	74
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	83
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
ANEXO 1 - REGRAS GERAIS PARA A FORMATAÇÃO DO ARTIGO (<i>Limnology and Oceanography Author Guidelines</i>)	91

INTRODUÇÃO GERAL

Estuários são corpos d'água costeiros semifechados com uma livre ligação com o oceano aberto, sendo no seu interior a água do mar mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental (Pritchard, 1967). Além destes apresentarem uma reentrância do mar que atinge o vale de um rio, os seus limites se entendem até o local de influência da onda de maré (Dionne, 1963), ou seja, estuários são sistemas que abrangem desde a região onde ocorre mistura da água do mar, até a parte do rio, local estritamente de água doce, que ainda está sujeita à oscilação da maré.

Dionne (1963) foi o primeiro a propor a divisão do estuário em três setores: estuário inferior, médio e superior. Posteriormente foram feitas outras definições semelhantes também dividindo o estuário em três setores. Fairbridge (1980) dividiu este ambiente em: baixo, médio e alto estuário. Já para Kjerfve (1989), o estuário é dividido em zona de maré de rio, a qual representa a parte fluvial com salinidade igual a zero, porém sujeita à oscilação da maré; zona de mistura, setor onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar do oceano adjacente e; finalmente, a zona costeira, que se estende até o limite externo da pluma estuarina.

Os ambientes estuarinos possuem uma variabilidade espacial e temporal que está relacionada a fatores variados como o fluxo do rio, entrada da maré, balanço sedimentar e ciclos de erosão e deposição (Elliot e Whitfield, 2011). Nesses ambientes, frequentemente ocorrem pronunciados ciclos sazonais na temperatura, ondas, fluxo do rio, estratificação da coluna da água, nutrientes, oxigênio e comunidades de organismos (Prandle, 2009). Esses ciclos sazonais em conjunto com episódios de eventos extremos podem ser extremamente significativos para a ecologia estuarina (Prandle, 2009).

Além dos fatores citados acima, a descarga de água doce também apresenta certa sazonalidade em um estuário. A descarga de água nos estuários é resultante principalmente da pluviosidade e influencia intimamente as variações de salinidade ao longo de um estuário (Wong, 1995; Whitney, 2010; Becker et al., 2010), determinando assim a extensão do nível de intrusão salina que ocorre nesses ambientes ao longo do tempo. Devido aos diferentes graus de salinidade dos ambientes marinhos/costeiros, a salinidade da água pode ser classificada pelo sistema de Veneza em: água doce (<0,5);

oligohalina (0,5-5); mesohalina (5-18); polihalina (18-30) e euhalina (>30) (Anon, 1959).

Os ambientes estuarinos são sistemas complexos (Freire et al., 2007) e quando nestes existe um alto suprimento de sedimento grosseiro (areia e cascalho) e energia de onda suficiente para retrabalhar o sedimento, pode acontecer a formação de praias (Nordstrom, 1992). Praias estuarinas ocorrem em locais como margens de baías, lagoas, bacias estuarinas e ilhas continentais (Jiang et al, 2011). A linha de costa constituída por praias estuarinas é tipicamente mais extensa que aquela formada por praias oceânicas (Nordstrom, 1992; Eliot et al., 2006; Travers, 2007). Praias estuarinas possuem pouca ação de ondas e são afetadas principalmente pelas correntes de maré (Nordstrom, 1992). Particularmente as praias estuarinas amazônicas estão situadas em um ecossistema fluvio-marinho dominado por manguezais e regido por meso- e macromarés, caracterizados por ondas de energia moderada e fortes correntes de maré (Sousa et al., 2017). Devido a estas características diferenciadas, as praias estuarinas amazônicas podem não seguir o padrão conhecido para esses tipos de ambiente (Sousa et al., 2017).

O estuário do Rio Pará, que faz parte da Bacia Hidrográfica Amazônica, é um sistema complexo e peculiar com um corpo d'água de largas extensões (Prestes et al., 2017). É um dos maiores estuários do Brasil com uma boca de aproximadamente 60 Km de largura (Rosário et al., 2016) e apresenta diversas ilhas que exibem praias arenosas. A sazonalidade da descarga ocasionada principalmente pela pluviosidade da região (Borba e Rollnic, 2016) afeta o estuário, ocorrendo maior descarga de janeiro a maio e baixa descarga de agosto a novembro (ANA, 2015). Associada a essa descarga sazonal ocorre uma intrusão salina no estuário do Rio Pará exatamente durante o período de baixa descarga (Baltazar et al., 2011; Bezerra et al., 2011). De acordo com uma simulação realizada através de um modelo 2D empregado por Rosário et al. (2016), não existe salinidade no período de alta descarga em grande parte do estuário (condição de água doce), já no período de baixa descarga a intrusão salina alcança até 130 km da boca do estuário gerando condição de águas oligohalinas.

Dentre os componentes biológicos dos ambientes marinhos e estuarinos está a comunidade bentônica. O bentos é considerado um dos componentes mais importantes da biota aquática, sendo composto por organismos que vivem no substrato obrigatoriamente ao menos durante parte de seu ciclo de vida e apresentam íntima relação com o fundo, seja porque nele estão fixados, andam ou rastejam, vivem em seu interior ou o utilizem como proteção e abrigo, ou dele retirem seu alimento (Levinton, 2009).

A fauna bentônica pode ser dividida em relação ao seu tamanho em pelo menos quatro grupos, microfauna (organismos menores que 0,062 mm), meiofauna (metazoários com dimensão variando entre 0,044-0,5 mm), macrofauna (metazoários com dimensão variando entre 0,5 mm-2 cm), e megafauna (animais maiores que 2 cm) (Soares-Gomes et al., 2009). A meiofauna é composta de aproximadamente 30 filos que ocupam os interstícios dos sedimentos no meio aquático e podem ser encontrados apresentando uma alta diversidade e abundância (Giere, 2009). Em estuários, diferentes comunidades meiofaunais ocupam diferentes habitats; sendo uma comunidade de substrato lamoso diferente daquela que habita sedimento arenoso, assim como aquela presente em locais de baixa salinidade é diferente daquela de ambientes com alta salinidade (Coull, 1999).

A distribuição e estruturação das comunidades meiofaunais nos estuários é influenciada por uma série de fatores abióticos, sendo o tamanho da partícula do sedimento, a temperatura e a salinidade os principais fatores físicos controladores da fauna (Soetaert et al., 1995; Coull, 1999). Além dos fatores físico-químicos, fatores biológicos como predação, também podem afetar a meiofauna de modo leve e mais isolado, mas não controlá-la como ocorre com os fatores abióticos (Coull, 1999). Desse modo, em um nível de meso-escala os fatores abióticos atuam mais fortemente estruturando a meiofauna, já em um nível mais reduzido (micro-escala) os fatores biológicos são os que mais influenciam a estruturação dos organismos meiofaunais (Kapusta et al., 2005).

Assim como para outros organismos estuarinos, o gradiente e a variação de salinidade aparenta ser um dos mais importantes fatores controladores da distribuição da meiofauna nas regiões estuarinas (Giere, 2009). As alterações na salinidade são geralmente seguidas por mudanças nas características do habitat sedimentar, das correntes de água, concentrações de oxigênio, dentre

outros (Little, 2000). Em geral, a abundância e riqueza da fauna tendem a diminuir da direção do mar para a água doce do rio (Coull, 1988). Particularmente quanto às propriedades sedimentares, a característica do grão como tamanho e grau de seleção é influenciada por fatores ambientais como a hidrodinâmica ativa, que também determina outras variáveis como a porosidade e o conteúdo de oxigênio na camada sedimentar (Giere et al., 1988). Geralmente sedimentos estuarinos finos (silte e/ou argila) apresentam uma menor riqueza de espécies comparada a locais estuarinos com sedimentos mais grosseiros (areia e/ou cascalho) (Dye e Furstenberg, 1978).

Quanto à distribuição horizontal da meiofauna em praias, frequentemente a maior abundância se encontra na zona intermediária da região intermareal (Giere 2009). No entanto, este padrão está bem estabelecido para praias oceânicas. Enquanto que para praias estuarinas, particularmente para aquelas localizadas em regiões internas dos estuários, não se tem um padrão conhecido devido à reduzida quantidade de estudos nestes ambientes.

Dentre os variados grupos que compõem a meiofauna, os Nematoda destacam-se como os invertebrados geralmente de maior abundância e contém um número de espécies que é maior do que qualquer outro táxon do bentos (Heip et al., 1982). Tal destaque não se limita apenas ao fato de ser o maior grupo de metazoários em termos de número de indivíduos (Viglierchio, 1991), mas também as suas diferentes estratégias alimentares (níveis tróficos) (Yeates et al., 1993; Traunspurger, 1997) e ao seu papel fundamental no fluxo energético e nas cadeias tróficas bentônicas (Platt e Warwick, 1980; Li et al., 1997; Giere, 2009).

No Brasil até abril de 2017 foram registrados 11 ordens, 72 famílias, 372 gêneros e 450 espécies de Nematoda de vida livre marinhos (Venekey, 2017). O número de trabalhos sobre Nematoda no país ainda é insuficiente para refletir a real riqueza deste filo quando se leva em consideração a grande extensão da costa e a sua heterogeneidade de ambientes (Venekey et al., 2010). Além disso, a um nível regional, a região Norte, apesar do número de trabalhos ter aumentado grandemente nos últimos anos (Venekey, 2017), ainda apresenta poucos trabalhos quando comparada com as regiões Nordeste e Sudeste. Os únicos trabalhos realizados sobre o grupo Nematoda na Região Norte são os de Gomes (2008), Ataíde (2012), Melo et al., (2013), Campelo

(2014), Silva (2014), Santos (2016), Silva (2016) e Venekey e Melo (2016). Considerando-se também os trabalhos de meiofauna somam-se ainda os trabalhos de Paula et al. (2006), Souza (2006), Gomes e Rosa-Filho (2009), Rosa-Filho et al. (2011) e Ataíde et al. (2014).

Em ambientes estuarinos, o número de estudos publicados com Nematoda identificados ao nível de gênero ou de espécie no Brasil é menor comparado com o número de trabalhos feitos em ambientes estritamente de água salgada. Destes trabalhos, a grande maioria foi realizada em estuários meso- e polihalinos (Netto e Gallucci, 2003; Fonseca e Netto, 2006; Meurer e Netto, 2007; Thomas e Lana, 2011; Costa e Netto, 2014; Leite et al., 2014; Cruz et al., 2015; Felix et al., 2015; Venekey e Melo, 2016), sendo apenas dois realizados em estuários com águas oligohalinas (Fonseca e Netto, 2006; Pinto et al., 2006). Dos trabalhos citados, apenas o de Fonseca e Netto (2006) levou em consideração a sazonalidade, tendo sido analisado apenas uma única amostragem no inverno e uma no verão. Além destes, também foram feitos alguns trabalhos taxonômicos por Altherr (1972; 1977) e Gerlach (1957), que identificaram e classificaram espécies de Nematoda coletadas no estuário amazônico. Para ambientes estritamente de água doce esse panorama é ainda mais reduzido visto que se tem registro de apenas dois trabalhos ecológicos nestes ambientes, o de Flach et al. (2012), no qual três lagos na costa Sul do Brasil foram estudados, e o de Netto e Fonseca (2017), em que foram estudados quinze lagos também da costa sul do Brasil com diferentes níveis de conectividade com águas oceânicas, sendo cinco desses lagos sem nenhuma conectividade com o oceano. Considerando-se também trabalhos de meiofauna somam-se ainda estudos como o estudo de Meira et al. (2013), no qual um córrego foi estudado, o estudo de Pereira et al. (2007), em que a meiofauna perifítica de seis lagoas foram estudadas, e o estudo de Ferreira et al. (2008), no qual a micro- e meiofauna perifítica de três lagos, dois reservatórios e três riachos foram estudados.

Poucos estudos sobre organismos intersticiais foram realizados especificamente em praias estuarinas na região tropical (McIntyre, 1968; Chatterji et al., 1995; Ingole e Parulekar, 1998), e destes todos foram realizados na zona costeira de estuários. Deste modo, pouco se sabe sobre a composição e distribuição da meiofauna e nematofauna em praias localizadas

em estuários tropicais, particularmente sobre aquelas localizadas nas regiões mais internas dos ambientes estuarinos como na zona de mistura.

Considerando a lacuna no conhecimento da composição e distribuição da meiofauna e nematofauna em praias estuarinas tropicais, particularmente sobre aquelas localizadas em zonas internas dos sistemas estuarinos, somada a necessidade do entendimento de como estas comunidades intersticiais de ambientes oligohalinos e de água doce respondem a mudanças sazonais de pluviosidade/vazão e intrusão salina, propõe-se o presente trabalho na Praia do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba, situada na região de “limite” da intrusão salina no estuário do Rio Pará (Rosário, 2016).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Verificar os efeitos da variação sazonal da pluviosidade e intrusão salina na meiofauna e nematofauna na Praia do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba, zona de mistura do estuário do Rio Pará, Brasil.

Objetivos específicos

- Determinar as variações temporais na estrutura da comunidade de meiofauna e da associação de Nematoda causadas pela pluviosidade e intrusão salina na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).
- Determinar as variações espaciais (estações do médiolitoral) na estrutura da comunidade de meiofauna e da associação de Nematoda na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).
- Caracterizar a influência dos fatores ambientais (granulometria, temperatura, salinidade, pluviosidade) na estrutura da comunidade de meiofauna e da associação de Nematoda na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).
- Obter uma lista ao nível de gêneros de Nematoda na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).

HIPÓTESES

- A meiofauna e a associação de Nematoda apresentam variação temporal tendo maiores densidades e riqueza nos meses de menor pluviosidade e maior salinidade na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).
- A comunidade de meiofauna e a associação de Nematoda apresentam variação espacial horizontal (níveis no médiolitoral) tendo maiores densidades nas estações centrais na Praia estuarina do Vai-Quem-Quer (Ilha de Cotijuba, Pará, Brasil).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A Praia do Vai-Quem-Quer situa-se na região noroeste da Ilha de Cotijuba (01°13' S, 48°32' W) que ocupa uma área de aproximadamente 16 km² e possui forma alongada de direção NE-SW. A Ilha faz parte da área insular do município de Belém (Pará, Brasil) (Guerra, 2007) e está situada na margem direita do estuário do Rio Pará. A Ilha está limitada ao norte pela baía do Marajó e localizada geograficamente entre o arquipélago do Marajó e as ilhas de Jutuba e Paquetá (Figura 1) (Silva e Lobato, 1997).

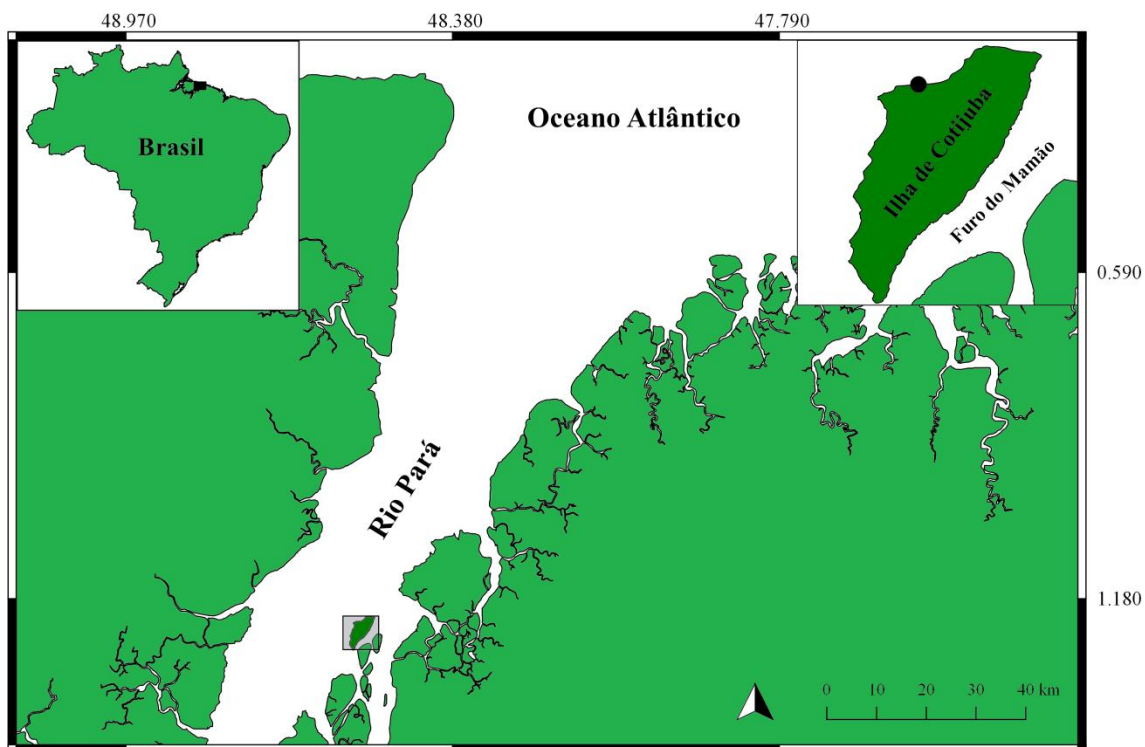


Figura 1. Mapa indicando o local de estudo (Praia do Vai-Quem-Quer, indicada com o ponto), Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará (Pará, Brasil).

A Ilha de Cotijuba é uma área de Proteção Ambiental instituída através da Lei Municipal 5.621, de 27/11/1990, que obriga a manutenção de sua extensa cobertura vegetal e proíbe a utilização de veículos motorizados, exceto os de segurança e saúde. A Ilha apresenta uma costa com 20 km de praias, localizadas nos litorais oeste, noroeste e norte e voltadas para o Rio Pará (Mascarenhas et al., 2009). Devido aos vários atrativos naturais, a Ilha apresenta significativo potencial turístico (Silva e Lobato, 1997).

A Ilha de Cotijuba está localizada na zona de mistura do estuário do Rio Pará que possui cerca de 300 Km de extensão longitudinal (Rosário et al., 2016; Prestes et al., 2017). Esse Rio é um estuário tropical onde a maré diminui em direção à montante, variando de macromaré na sua região costeira à micromaré na sua porção interna (Rosário et al., 2016). A Ilha de Cotijuba está localizada na região do estuário regida por mesomaré (2-4 m) com uma predominância de variações semidiurnais (Prestes, 2016).

O clima na região é do tipo equatorial, quente e úmido, com duas estações bem definidas: seca e chuvosa (Borba e Rollnic, 2016). A precipitação pluviométrica média anual é de 2.800 mm, com período chuvoso de dezembro

a junho e um período de estiagem de julho a novembro (Mascarenhas et al., 2009). A umidade relativa do ar média está em torno de 90% no período chuvoso e 80% no período de estiagem (Mascarenhas et al., 2009).

O estuário do Rio Pará, que faz parte da Bacia Hidrográfica Amazônica, é um sistema complexo e peculiar com um corpo d'água de largas extensões (Prestes et al., 2017), sendo um dos maiores estuários do Brasil. Os rios amazônicos são sustentados pela chuva e o clima é o principal fator responsável pela sazonalidade de seus escoamentos (Borba e Rollnic, 2016). A sazonalidade da descarga da região afeta o estuário, ocorrendo maior descarga nos meses de janeiro a maio e baixa descarga nos meses de agosto a novembro (ANA, 2015). Associada a essa descarga sazonal ocorre uma intrusão salina no estuário do Rio Pará exatamente durante o período de baixa descarga (Baltazar et al., 2011; Bezerra et al., 2011). Não existe salinidade no período de alta descarga na região do estuário onde a Ilha de Cotijuba está situada (condição de água doce) e no período de baixa descarga a salinidade nessa região pode alcançar 4 PSU (águas oligohalinas) (Rosário et al. 2016).

Procedimentos em Campo

As amostragens ocorreram bimestralmente ao longo de um ano (setembro e novembro de 2017; janeiro, março, maio e julho de 2018) utilizando desenho amostral sistemático no médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer (Figura 2), Ilha de Cotijuba, Rio Pará. Dois transectos perpendiculares à linha da maré alta sizígia foram marcados no médiolitoral e em cada transecto quatro estações distando 10 m uma da outra foram demarcadas, sendo a primeira estação (S1) localizada mais próxima à linha de maré alta e a última (S4) localizada mais próxima à linha de maré baixa (Figura 3). Em cada local foram tomadas três amostras com auxílio de um corer de 3 cm de diâmetro, sendo este enterrado 10 cm no substrato e posteriormente as amostras foram fixadas em formol a 4%.



Figura 2. Praia do Vai-Quem-Quer, Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará (Pará, Brasil) (Arquivo pessoal).

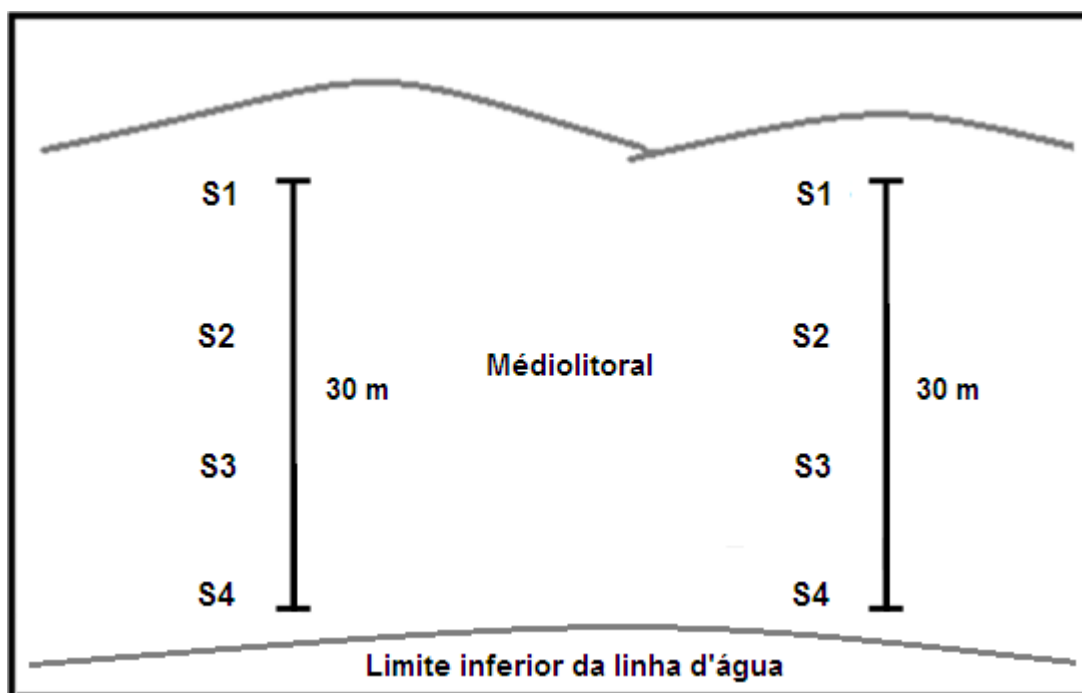


Figura 3. Desenho esquemático do método de amostragem realizado na Praia do Vai-Quem-Quer, mostrando os transectos e as estações (S1, S2, S3 e S4) de coleta no médiolitoral com aproximadamente 30 m de extensão.

Paralelo a coleta de material biológico, em cada ponto de coleta foi tomada uma amostra de sedimento para determinação da granulometria utilizando amostrador cilíndrico de 3 cm de diâmetro sendo enterrado 10 cm no

substrato. Foi ainda determinada a salinidade da água de superfície (utilizando refratômetro manual) e temperatura do substrato a 10 cm de profundidade (utilizando termômetro de solo com bulbo). Os dados de precipitação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) considerando a estação climatológica de Belém, Pará.

Procedimentos em Laboratório

Em laboratório os organismos que compõem a meiofauna foram extraídos do sedimento pelo método de flotação por sílica coloidal de densidade de 1,18 g/cm³ (Sommerfield et al., 2005), sendo a fauna passada em peneiras com malha de 0,044 a 0,5 mm de abertura. A fauna retida na peneira de 0,044 mm foi corada com Rosa Bengala e os organismos triados ao nível de grandes grupos zoológicos em placa de Dollfus com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Quando necessário, lâminas semipermanentes foram montadas para observação em microscópio óptico.

Os 50 primeiros Nematoda de cada amostra foram retirados, diafanizados e montados em lâminas permanentes para sua identificação seguindo o protocolo proposto por De Grisse (1969), que consiste em introduzi-los sequencialmente em três soluções: Solução 1: 99% de Formol a 4% mais 1% de Glicerina (12 horas de repouso em dessecador com Álcool em sua base); Solução 2: 95% de Etanol mais 5% de Glicerina (adicionada três vezes a cada duas horas na amostra dentro da estufa a 40°C); Solução 3: 50% de Etanol mais 50% de Glicerina (adicionada uma vez). Quando o número de Nematoda foi menor que 50, todos os indivíduos foram retirados da amostra e diafanizados. Aproximadamente dez animais foram destinados à montagem de cada lâmina, previamente preparada com dois círculos de parafina, contendo uma gota de glicerina. A lâmina foi fechada com duas lamínulas, sendo o conjunto levado ao aquecimento até a parafina derreter.

A identificação de Nematoda ao nível de gênero foi feita com o auxílio de um microscópio óptico e utilizando-se as chaves pictóricas de Warwick et al. (1998) e Zullini (2010), assim como a bibliografia específica da Seção de Biologia Marinha da Universidade de Ghent (Bélgica) e do 'website' Nemys (Bezerra et al. 2018). Após a identificação, os gêneros encontrados foram classificados em relação ao tipo de água/ambiente em que habitam com base

em informações disponíveis no Nemys (Bezerra et al. 2018) e Eyualem-Abebe et al. (2006) em: água salobra (marinho), água salobra/água doce e água doce). Os gêneros também foram agrupados em quatro tipos tróficos baseando-se na estrutura da cavidade bucal dos Nematoda segundo Wieser (1953): 1A - detritívoros seletivos - cavidade bucal reduzida ou ausente, denotando organismos que se alimentam seletivamente de partículas pequenas, como bactérias, detritos e microalgas; 1B - detritívoros não seletivos - cavidade bucal ampla e sem dentição, característica das espécies que se alimentam de forma não seletiva de detritos, diatomáceas e clorofila; 2A - raspadores - cavidade bucal provida de dentes pequenos, alimentam-se de bactérias, flagelados e diatomáceas e 2B - predadores/onívoros - cavidade bucal ampla com fortes dentes e/ou mandíbulas móveis e glândulas, habilitando predação, alimentam-se de Nematoda, Rotifera, além de Bryozoa, algas e detritos. A classificação trófica dos gêneros de Nematoda de água doce foi feita com base nas informações sobre dieta e estrutura da cavidade bucal (Yeates et al., 1993; Traunspurger, 1997).

A análise granulométrica foi feita por peneiramento dos grosseiros e pipetagem dos finos (Suguio, 1973) e os parâmetros estatísticos (média do diâmetro dos grãos, selecionamento e proporções de areia, silte e argila) foram calculados utilizando as equações propostas por Folk e Ward (1957). O tamanho do grão sedimentar foi determinado através do peneiramento do sedimento usando um agitador automático e classificados seguindo a escala Wentworth (Buchanan, 1984).

Análise de Dados

Para cada amostra foi calculada a densidade da meiofauna e seus principais grupos, assim como a densidade dos diversos gêneros de Nematoda (representados em ind.10cm⁻²) e riqueza (simples contagem de número dos grupos meiofaunísticos e gêneros de Nematoda). Foram considerados como fatores para comparação: meses (setembro e novembro de 2017; janeiro, março, maio e julho de 2018) e estações de coleta (S1, S2, S3 e S4).

Para descrever as variações espaço-temporais das comunidades de meiofauna e das associações de Nematoda, foram utilizadas Análises de Variância (ANOVA's), para comparar os valores das variáveis bióticas

relacionadas à estrutura da comunidade meiobêntica (abundância e riqueza entre as estações da praia e entre meses de amostragem). O teste de Tukey foi utilizado como método de comparação das médias *a posteriori* sempre que registrada diferença significativa (Underwood, 1997; Zar, 1998). A análise de correlação de Spearman foi utilizada para relacionar a densidade média total dos meses da meiofauna, seus grupos e gêneros de Nematoda com precipitação e salinidade.

Os padrões espaciais e temporais das variáveis foram investigados com o auxílio de estatísticas multivariadas seguindo a metodologia proposta por Clarke e Warwick (1994) e Clarke e Gorley (2001). Os dados abióticos foram transformados ($\log x+1$) e normalizados para homogeneizar as variâncias (Clarke e Warwick, 1994). Uma matriz de similaridade foi construída utilizando-se o índice de Pearson. Correlações foram realizadas entre a estrutura da comunidade da meiofauna e associações de Nematoda com os parâmetros ambientais por meio da BIO-ENV (Biota-Environment Matching), para verificar quais foram os fatores abióticos que melhor explicam o padrão biológico da comunidade/associação.

Visando descrever e comparar a estrutura das comunidades de meiofauna e associações da nematofauna entre meses de amostragens e estações na zona intertidal, foram utilizadas análises de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), baseada em uma matriz de similaridade após dados transformados em $\log (x+1)$, calculada utilizando o índice de similaridades de Bray-Curtis (Clarke e Warwick, 2001). O teste de Tukey *a posteriori* foi feito quando existiram diferenças significativas. A formação de grupos devido ao efeito dos fatores na estrutura das comunidades e associações foi visualizada através da análise de ordenação do tipo 'Non-Metric Multidimensional Scaling' (nMDS). As contribuições de cada táxon para a dissimilaridade entre meses e pontos de coleta foram analisadas utilizando-se a porcentagem de similaridade (SIMPER). Foram consideradas significativas as diferenças com $p < 0,05$. Para análises dos dados foi utilizado os softwares PRIMER 6.1.3 e PERMANOVA+ 1.0.3®, STATISTICA® e CANOCO® 4.0. Para o processamento dos dados granulométricos foi utilizado o SysGran® 3.0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altherr, E. 1972. Contribution a la connaissance des Nematodes de l'estuaire de l'Amazonie. **Amazoniana, Kiel**, 3, 141-174.
- Altherr, E. 1977. Contribution a la connaissance des Nematodes de l'estuaire de l'Amazonie. **Amazoniana (2 me partie), Kiel**, 6, 145-159.
- ANA, Agência Nacional de Águas. 2015. HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/HidroWeb.asp>.
- Anon. 1959. Symposium on the classification of brackish waters, Venice, 8-14 April 1958. **Archivio di Oceanografia e Limnologia 11** (Suppl.).
- Ataide, M. B. 2012. **Efeitos estruturadores de recifes arenosos do Polychaeta Sabellaria wilsoni na comunidade de Meiofauna e na associação de Nematoda**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Ataide, M. B.; Venekey, V.; Rosa-Filho, J. S. & Santos, P. J. P. 2014. Sandy reefs of *Sabellaria wilsoni* (Polychaeta: Sabellariidae) as ecosystem engineers for meiofauna in the Amazon coastal region, Brazil. **Marine Biodiversity**.
- Baltazar, L.R.S.; Menezes, M.O.B., & Rollnic, M., 2011. Contributions to the Understanding of Physical Oceanographic Processes of the Marajó Bay - PA, North Brazil. Proceedings of the 11th International Coastal Symposium. **Journal of Coastal Research**, 64, 1443-1447.
- Becker, M. L., Luettich, R. A. & Mallin, M. A. 2010. Hydrodynamic Behaviour of the Cape Fear River and Estuarine: A Synthesis and Observational Investigation of Discharge–Salinity Intrusion Relationships. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 88, 407-418.
- Bezerra, T.N.; Decraemer, W.; Eisendle-Flöckner, U.; Hodda, M.; Holovachov, O.; Leduc, D.; Miljutin, D.; Mokievsky, V.; Peña Santiago, R.; Sharma, J.; Smol, N.; Tchesunov, A.; Venekey, V.; Zeng, Z. & Vanreusel, A. 2018.

Nemys: World Database of Nematodes. Disponível em: <http://nemys.ugent.be>. Acessado em: 2018-12-01.

- Bezerra, M. O.; Medeiros, C.; Krelling, A. P. M.; Rosário, R. P. & Rollnic, M. 2011. Physical oceanographic behavior at the Guama/Acara-Moju and the Paracauari river mouths, Amazon coast (Brazil). **Journal of Coastal Research**, 64, 1448-1452.
- Borba, T. A. C. & Rollnic, M. 2016. Runoff quantification on Amazonian Estuary based on hydrodynamic model. **Journal of Coastal Research**, 75, 43-47.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. In: Holme, N. A. & McIntyre, A. D. (eds.). **Methods for the Study of Marine Benthos**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 41-65.
- Campelo, K. R. N. 2014. **Nematoda marinhos na coleção do Museu Paraense Emílio Goeld, Belém, Pará, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará, Belém.
- Chatterji, A.; Ansari, Z. A.; Mishra, J. K. & Parulekar, A. H. 1995. Seasonality in meiofaunal distribution on a tropical beach at Balramgari, northeast coast of India. **Indian Journal of Marine Sciences**, 24, 49-55.
- Costa, K. G. & Netto, S. A. 2014. Effects of small-scale trawling on benthic communities of estuarine vegetated and non-vegetated habitats. **Biodiversity Conservation**, 23, 1041-1055.
- Coull, B. C. 1988. Ecology of the marine meiofauna. In: Higgins, R. P. & Thiel, H. (eds.). **Introduction to the study of meiofauna**. Smithsonian Institution Press, Washington, 18-38.
- Coull, B. C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. **Australian Journal of Ecology**, 24, 327-343.
- Clarke, K. R. & Gorley, R. N. 2001. **PRIMER v5: user manual/tutorial**. Plymouth Marine Laboratory, Primer-E-Ltd, Prospect Place, West Hoe, Plymouth PL1 3 DH. U.K.

- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 1994. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd Ed. PRIMER-E. **Plymouth**. p.144.
- Cruz, M. C. S; Costa, S. F. F.; Ferreira, R. C.; Nascimento, R. L. & Pinto, T. K. O. 2015. Avaliação do impacto do cultivo de ostras sobre o ambiente bentônico. **Boletim do Instituto de Pesca**, 41, 207-218.
- De Grisse, A.T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisés dans l'étude des nématodes phytoparasitaires. **Mededelingen Rijksfakulteit Landbouwwetenschappen Gent**, 34, 351-369.
- Dionne, J. C. 1963. Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary. **Zeithschr. F. Geomorph**, Stuttgart, 1, 7, 36-44.
- Dye, A. H. & Furstenberg, J. P. 1978. An ecophysiological study of the meiofauna of the Swartkops Estuary. 2. The meiofauna: composition, distribution, seasonal fluctuation and biomass. **Zoologica Africana**, 13, 19-32.
- Eliot M. J.; Travers, A. & Eliot, I. 2006. Morphology of a low-energy beach, Como Beach, Western Australia. **Journal of Coastal Research**, 22, 63-77.
- Elliott, M. & Whitfield, A. K. 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 94, 306-314.
- Eyualem-Abebe; Traunspurger, W. & Andrassy, I. 2006. **Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy**. CABI.
- Fairbridge, R. W. 1980. The estuary: its definition and geochemical role. In: Olausson, E. & Cato, I. (eds.). **Chemistry and Geochemistry of Estuaries**. John Wiley, New York, 1-35.

- Felix, G.; Candido, T.F.; Silveira, C.B. & Netto, S.A. 2015. Resposta de associações bênticas ao lançamento de resíduos de drenagem urbana. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 19, 47-56.
- Ferreira, H. L. M.; Gomes, M. B. & López, C. M. 2008. Avaliação dos métodos de amostragem para fauna perifítica em macrófitas na Reserva da Biosfera, Serra do Espinhaço, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Acta Scientiarum, Biological Sciences**, 30, 253-259.
- Freire, P.; Taborda, Rui & Silva, A. M. J. 2007. Sedimentary Characterization of Tagus Estuarine Beaches (Portugal): A contribution to the sediment budget assessment. **Journal of Soils Sediments**, 7, 296-302.
- Flach, P. Z. S.; Ozorio, C. P. & Melo, A. S. 2012. Alpha and beta components of diversity of freshwater nematodes at different spatial scales in subtropical coastal lakes. **Fundamental Applied Limnology**, 180, 249-258.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of 475 grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27, 3-26.
- Fonseca, G. & Netto, S. A. 2006. Shallow sublittoral benthic communities of the Laguna Estuarine System, South Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 54, 41-54.
- Gerlach, S. A. 1957. Die Nematodenfauna Des Sandstrandes an Der Küste von Mittelbrasilien (Brazilianische Meeres-Nematoden IV). **Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologisches Museum und Institut für Spezielle Zoologie (Berlin)**, 33, 411-459.
- Giere, O. 2009. **Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments**. 2nd Ed. Springer-Verlag. Berlin.
- Giere, O.; Eleftheriou, A. & Murison, D. J. 1988. Abiotic factors. In: Higgins, R.P. & Thiel, H. (eds.). **Introduction to the study of meiofauna**. Smithsonian Inst. Press, Washington, 61-78.

- Gomes, T. P. 2008. **Meiofauna costeira da Reserva Biológica do Lago Piratuba**. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental). Universidade Federal do Pará, Bragança.
- Gomes, T. P. & Rosa-Filho, J. S. 2009. Composição e Variabilidade Espaço-Temporal da Meiofauna de uma Praia Arenosa na Região Amazônica (Ajuruteua, Pará). **Iheringia Serie Zoológica**, 99, 210-216.
- Guerra, G. A. 2007. **Os efeitos da ocupação urbana no extrativismo vegetal da Ilha de Cotijuba**. Universidade da Amazônia, Editora Unama, Belém.
- Heip, C.; Vincx, M.; Smol, N. & Vranken, G. 1982. **The systematics and ecology of free-living marine nematodes**. Helminthological Abstracts Series B, Plant Nematology, 1, 1-31.
- Ingole, B. S. & Parulekar, A. H. 1998. Role of salinity in structuring the intertidal meiofauna of a tropical estuarine beach: Field evidence. *Indian Journal of Marine Sciences*, 27, 356-361.
- INMET, Instituto de Meteorologia. Dados de pluviosidade. 2018. Disponível em: www.inmet.gov.br. Acessado em: 10-09-2018.
- Jiang, A. W.; Ranasinghe, R. & P. Cowell. 2011. Hydrodynamic variability along a low-energy estuarine beach located in an open estuary. **Australian Journal of Civil Engineering**, 9, 113-128.
- Kapusta, S. C.; Würdig, N. L.; Bemvenuti, C. E. & Ozorio, C. P. 2005. Meiofauna structure in Tramandaí-Armazém estuary (South of Brazil). **Acta Limnológica Brasiliensia**, 17, 349-359.
- Kjerfve, B. 1989. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: Day, J. W.; Hall, C. A. S.; Kemp, W. M. & Yáñez-Arancibia (eds.). **Estuarine ecology**, Wiley, New York, 47-78.
- Leite, D. S.; Sandrini-Neto, L.; Camargo, M. Z.; Thomas, M. C. & Lana, P. C. 2014. Are changes in the structure of nematode assemblages reliable indicators of moderate petroleum contamination? **Marine Pollution Bulletin**, 83, 38-47.

- Levinton, J. 2009. **Marine Biology. Function, biodiversity, ecology.** 3rd Ed. Oxford University Press. Oxford.
- Li, J.; Vincx, M. & Herman, P. M. J. 1997. Carbon flows through meiobenthic nematodes in the Westerschelde Estuary. **Fundamental and applied Nematology**, 20, 487-494.
- Little, C. 2000. **The biology of soft shores and estuaries.** Oxford University Press, Oxford. 252p.
- Mascarenhas, B. M.; Guimarães, D. G.; Brígida, M. S.; Pinto, C. S.; Gomes neto, H. A. & Pereira, J. D. B. 2009. Estudo de anofelinos antropofílicos peridomiciliares da Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém, Pará. **Acta Amazonica**. 39, 453-458.
- Meira, J. R.; Moura, F. R. & Garraffoni, A. R. S. 2013. Lotic meiofauna communities as bioindicators of aquatic pollution in the State Park, Minas Gerais State, Brazil. **Australian Journal Basic Applied Science**, 7, 991-1003.
- Melo, T. P. G.; Rosa Filho, J. S. & Venekey, V. 2013. Marine nematoda from ajuruteua beach, Amazon coast, Brazil. **Atlântica, Rio Grande**, 35, 67-70.
- Meurer, A. Z. & Netto, S. A. 2007. Seasonal dynamics of benthic communities in a shallow sublittoral site of Laguna estuarine system (South, Brazil). **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 11, 53-62.
- McIntyre, A. D. 1968. The meiofauna and macrofauna of some tropical beaches. **Journal of Zoology**. 156: 377-392.
- Netto, S. A. & Fonseca, G. 2017. Regime shifts in coastal lagoons: Evidence from free-living marine nematodes. **PloS one**, 12, e0172366.
- Netto, S. A. & Gallucci, F. 2003. Meiofauna and macrofauna communities in a mangrove from the Island of Santa Catarina, South Brazil. **Hydrobiologia**, 505, 159-170.
- Nordstrom, K. F. 1992. **Estuarine Beaches**, Elsevier Applied Science.

- Paula, J. H. C.; Rosa Filho, J. S.; Souza, A. L. B. & Aviz, D. E. 2006. A meiofauna como Indicadora de Impactos da Carcinocultura no Estuário de Curuçá (PA). **Boletim do Labohidro**, 19, 61-72.
- Pereira, S. R. S.; Bonecker, C. C. & Rodrigues, L. 2007. Influence of water level on periphytic meiofaunal abundance in six lagoons of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 19, 273-283.
- Pinto, T. K.; Austen, M. C. & Bemvenuti, C. E. 2006. Effects of macroinfauna sediment disturbance on nematode vertical distribution. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 86, 227-233.
- Platt, H. M. & Warwick, R. M. 1980. The significance of free-living Nematodes to the littoral ecosystem, In: Price, J. H.; Irvine, D. E. G. & Farnham, W. F. (eds.). **The shore environment. 2. Ecosystems**. London & New York: Academic Press, 729-759.
- Prandle, D. 2009. **Estuaries: Dynamics, Mixing, Sedimentation and Morphology**. Cambridge University Press, New York.
- Prestes, Y. O. 2016. **Interações físicas entre o estuário do Rio Pará e a Plataforma Continental no Norte do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Prestes, Y. O.; Silva, A. C.; Rollnic, M. & Rosário, R. P. 2017. The M_2 and M_4 tides in the Pará River Estuary. **Tropical Oceanography**, 45, 26-37.
- Pritchard, D. W. 1967. What is an estuary: a physical viewpoint. **American Association for the Advancement of Science**, 83, 3-5.
- Rosa-Filho, J. S.; Gomes, T. P.; Almeida, M. F. & Silva, R. F. 2011. Benthic fauna of macrotidal Sandy beaches along a small-scale morphodynamic gradient on the Amazon coast (Algodual Island, Brazil). **Journal of Coastal Research**, 64, 435-439.
- Rosário, R. P.; Borba, T. A. C.; Santos, A. S. & Rollnic, Marcelo. 2016. Variability of Salinity in Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. **Journal of Coastal Research**, 75, 128-132.

- Santos, E. B. 2016. **Meiofauna e nematofauna da praia da caixa d'água, Ilha de Algodual, Pará, Brasil: composição e padrões de distribuição.** Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará, Belém.
- Silva, D. C. M. 2014. **Caracterização da meiofauna e nematofauna da praia da Princesa, Ilha de Algodual, Pará, Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará, Belém.
- Silva, S. E. L. 2016. **Caracterização espaço-temporal da meiofauna e nematofauna da praia do Farol, Ilha de Algodual, Pará, Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas). Universidade Federal do Pará, Belém.
- Silva, I. D. & Lobato, L. 1997. **A. Impactos do Ecoturismo na Belém Insular: Análise Comparativa das Ilhas do Combú e Cotijuba.** Universidade Federal do Pará. Núcleo de meio Ambiente. Programa de Formação Interdisciplinar em Meio Ambiente III.
- Soares-Gomes, A; Pitombo, F. B. & Paiva, P. C. 2009. Bentos de sedimentos não consolidados. In: Pereira, R. C. & Soares-Gomes, A. (eds.). **Biologia Marinha.** Interciência. Rio de Janeiro. 319-238.
- Soetaert, K.; Vincx, M.; Wittoeck, J. & Tulkens, M. 1995. Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries. **Hydrobiologia**, 311, 185-206.
- Somerfield, P. J.; Warwick, R. M. & Moens, T. 2005. Meiofauna techniques. In: Eleftheriou, A. & McIntyre, A. (eds.). **Methods for the Study of Marine Benthos.** 3rd Ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, pp. 229-272.
- Sousa, R. C.; Pereira, L. C. C.; Costa, R. M. & Jimenez, J. A. 2017. Management of estuarine beaches on the Amazon coast through the application of recreational carrying capacity indices. **Tourism Management**, 59, 216-225.

- Souza, A. L. B. 2006. **Biodiversidade da meiofauna em zonas de médio-litoral no estuário do Rio Curuçá (Pará-Brasil)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Oceanografia). Universidade Federal do Pará, Belém.
- Suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. Edgard Blucher, São Paulo.
- Thomas, M. C. & Lana, P. C. 2011. A new look into the small-scale dispersal of free-living nematodes. **Zoologia**, 28, 449-456.
- Traunspurger, W. 1997. Bathymetric, seasonal and vertical distribution of feeding types of nematodes in an oligotrophic lake. **Vie Milieu**, 47, 1-7.
- Travers, A. 2007. Low-energy beach morphology with respect to physical setting: a case study from Cockburn Sound, Southwestern Australia. **Journal of Coastal Research**, 23, 429-444.
- Underwood, A. J. 1997. **Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Venekey, V. 2017. Updates on information about free-living marine nematodes in Brazil: new records and comments on problems in taxonomic studies. **Zootaxa**. 4337, 38-72.
- Venekey, V.; Fonsêca-Genevois, V. G. & Santos, P. J. P. 2010. Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: a review. **Zootaxa**, 2568, 39-66.
- Venekey, V. & Melo, T. P. G. 2016. Nematodes as indicators of shrimp farm impact in an Amazonian estuary (Curuçá, Pará, Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography**, 64, 83-95.
- Viglierchio, D. R. 1991. **The world of nematodes**.
- Warwick, R. M.; Platt, H. M. & Somerfield, P. J. 1998. **Free-living marine nematodes**. Part III: Monhysterids. Synopsis of the British fauna (New series) no. 53. Shrewsbury Field Studies Council.

- Whitney, M. M. A. 2010. Study on River Discharge and Salinity Variability in the Middle Atlantic Bight and Long Island Sound. **Continental Shelf Research**, 30, 305-318.
- Wieser, W. 1953. Die Beziehung zwischen Mundlohlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen beifreilebenden marinen Nematoden. **Arkiv fur Zoologie**, 4, 439-484.
- Wong, K. C. 1995. On the relationship between long-term salinity variations and river discharge in the middle reach of the Delaware estuary. **Journal Geophysics Research**, 100, 20705-20713.
- Yeates, G.W.; Bongers, T.; De Goede, R. G. M.; Freckman, D.W. & Georgieva, S. S. 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, 25, 315-331.
- Zar, J. H. 1998. **Biostatistical Analysis**. 4th ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Zullini, A. 2010. Identification Manual for Freshwater Nematode Genera. Università di Milano-Bicocca.

**CAPÍTULO 1- INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE E INTRUSÃO SALINA NA
MEIOFAUNA E NEMATÓIDES EM UMA PRAIA DE ÁGUA DOCE-
OLIGOHALINA AMAZÔNICA**

Este capítulo foi elaborado de acordo com as normas do periódico *Limnology and Oceanography* disponíveis em anexo.

1 Influência da pluviosidade e intrusão salina na meiofauna e nematóides em uma praia de
2 água doce-oligohalina amazônica

3 Erivaldo Baia^{1*}, Marcelo Rollnic², Virag Venekey¹

4 Email institucional (Erivaldo Baia): (erivaldo.santos@icb.ufpa.br)

5 Email institucional (Marcelo Rollnic): rollnic@ufpa.br

6 Email institucional (Virag Venekey): venekey@ufpa.br

7 ¹ Grupo de Estudos de Nematoda Aquáticos (GENAQ), Laboratório de Pesquisa em
8 Monitoramento Ambiental Marinho, Universidade Federal do Pará (Av. Augusto
9 Corrêa, 01. Guamá - Belém - PA, Brazil)

10 ² Laboratório de Oceanografia Física, Laboratório de Pesquisa em Monitoramento
11 Ambiental Marinho, Universidade Federal do Pará (Av. Augusto Corrêa, 01. Guamá -
12 Belém - PA, Brazil)

13 ‘Corresponding author’: eri.baia@yahoo.com.br

14 ‘Running head’: Influência da intrusão salina na meiofauna

15 Palavras-chave: sazonalidade, intrusão de água salgada, chuva, meiobentos, Nematoda,
16 estuário, praia, água doce, região amazônica

17

18

19

20

21 Resumo

22 Os efeitos da variação sazonal da pluviosidade e intrusão salina na meiofauna e
23 nematóides em uma praia de mesomaré localizada na zona de mistura de um estuário
24 amazônico foram analisados. As amostragens ocorreram bimestralmente ao longo de
25 um ano em quatro estações no médiolitoral. Em cada estação foram tomadas três
26 amostras com auxílio de um corer de 3 cm de diâmetro, sendo este enterrado 10 cm no
27 substrato. A variação de densidade da comunidade meiofaunal ao longo dos meses
28 apresentou relação direta com o aumento de pluviosidade e diminuição de salinidade.
29 Oligochaeta apresentou maior densidade nos meses de maior pluviosidade e menor
30 salinidade. Cinco gêneros de Nematoda marinhos estiveram presentes somente em
31 setembro, mês de menor pluviosidade e maior salinidade. A riqueza total de Nematoda
32 assim como a riqueza de gêneros de água salobra foi maior em setembro e seguiu
33 diminuindo até março, mês de maior pluviosidade. O gênero *Limonchulus* apresentou
34 correlação positiva significativa com pluviosidade e uma correlação negativa
35 significativa com salinidade. Já *Metadesmolaimus* apresentou o padrão inverso.
36 *Enoplolaimus*, um típico predador, apresentou as maiores densidades nos meses de
37 maior pluviosidade provavelmente em decorrência da maior oferta de alimento (ex:
38 Oligochaeta). As maiores densidades de Nematoda ocorreram nas estações extremas do
39 médiolitoral em quatro dos seis meses estudados. A meiofauna foi fortemente
40 influenciada pela mudança sazonal da chuva e da salinidade tanto ao nível de grandes
41 grupos quanto ao nível de gênero de Nematoda. Além disso, foi possível observar como
42 mudanças sazonais na salinidade podem influenciar organismos de forma indireta
43 através da interação com outros grupos.

44

45 Introdução

46 A descarga de água doce continental para o oceano é o resultado da precipitação
47 que excede a evaporação e evapotranspiração que somados também à água residual
48 fluem em conjunto em direção ao oceano (Dai e Trenberth 2002). Essa descarga de água
49 doce para o oceano resulta principalmente da pluviosidade e influencia intimamente as
50 variações na salinidade ao longo de um estuário (Wong 1995; Becker et al. 2010;
51 Whitney 2010), determinando assim a extensão do nível de intrusão salina que ocorre
52 nos ambientes estuarinos ao longo do tempo.

53 Assim como para outros organismos, a salinidade nos ambientes estuarinos
54 aparenta ser um dos fatores controladores mais importantes para a distribuição da fauna
55 intersticial (Giere 2009). Em geral, a abundância e riqueza da meiofauna tendem a
56 diminuir da direção do mar para a água doce do rio (Coull 1999) e a riqueza da
57 nematofauna geralmente segue este mesmo padrão ao longo dos estuários (Coull 1988).

58 Estudos sobre a distribuição da meiofauna e nematofauna ao longo dos estuários
59 seguindo gradientes de salinidade (ex: Adão et al. 2009; Alves et al. 2009; Hourston et
60 al. 2009; Hourston et al. 2011; Patrício et al. 2012; Alves et al. 2013) e em locais
61 específicos destes ambientes (Li et al. 1997; Rzeznik-Orignac 2003; Chen et al. 2012)
62 têm sido feitos. No entanto, a grande maioria foi realizada em apenas um momento do
63 ano (ex.: Alves et al. 2009; Hourston et al. 2011; Patrício et al. 2012; Chen et al. 2012),
64 proporcionando informações limitadas sobre o comportamento das comunidades sob
65 efeito das constantes mudanças de salinidade em uma escala de tempo mais longa
66 (Alves et al. 2013).

67 Estuários são sistemas complexos (Freire et al. 2007) e quando existe um alto
68 suprimento de sedimento grosseiro e energia de onda suficiente para retrabalhar o
69 sedimento, ocorre a formação de praias (Nordstrom 1992). As praias estuarinas ocorrem

70 em locais como margens de baías, lagoas, bacias estuarinas e ilhas continentais (Jiang et
71 al. 2011). Essas praias possuem pouca ação de ondas e são afetadas principalmente
72 pelas correntes de maré (Nordstrom 1992). As praias estuarinas amazônicas estão
73 situadas em um ecossistema fluvio-marinho dominado por manguezais regido por
74 meso- e macromarés, caracterizado por ondas de energia moderada e fortes correntes de
75 maré (Souza et al. 2017). Devido estas características peculiares, estas praias podem não
76 seguir o padrão conhecido para esses tipos de ambiente (Souza et al. 2017).

77 Vários estudos foram realizados sobre a composição e distribuição de
78 organismos intersticiais em praias arenosas na região tropical. No entanto, a maioria
79 destes foi realizada em praias oceânicas (ex.: Pattnaik e Rao 1990; Bezerra et al. 1996;
80 Bezerra et al. 1997; Calles et al. 2005; Gomes e Rosa-Filho 2009; Venekey et al. 2014a;
81 Venekey et al. 2014b) com uma flutuabilidade da salinidade variando de águas meso- a
82 euhalinas. Poucos estudos foram feitos em praias estuarinas (McIntyre 1968; Chatterji
83 et al. 1995; Ingole e Parulekar 1998) e estes foram realizados na zona costeira de
84 estuários, onde as flutuações na salinidade foram similares às de praias oceânicas (águas
85 meso- a euhalinas).

86 A maioria dos estudos em praias (estuarinas e oceânicas) na região tropical
87 avaliando a meiofauna ao longo do tempo mostrou que chuva e salinidade são os
88 principais fatores influenciadores destes organismos (Pattnaik e Rao 1990; Chatterji et
89 al. 1995; Ingole e Parulekar 1998; Gomes e Rosa-Filho 2009; Venekey et al. 2014a;
90 Venekey et al. 2014b). Nesses ambientes, o maior índice de chuva e a diminuição da
91 salinidade geralmente atuaram de forma negativa nos organismos intersticiais
92 diminuindo suas densidades (Pattnaik e Rao 1990; Ingole e Parulekar 1998; Gomes e
93 Rosa-Filho 2009; Venekey et al. 2014b) e riquezas (Gomes e Rosa-Filho 2009).

94 Quanto à distribuição horizontal da meiofauna em praias, frequentemente a
95 maior abundância se encontra na zona intermediária da região intermareal (Giere 2009).
96 No entanto, este padrão está bem estabelecido para praias oceânicas. Enquanto que para
97 praias estuarinas, particularmente para aquelas localizadas em regiões internas dos
98 estuários, não se tem um padrão conhecido devido à reduzida quantidade de estudos
99 nestes ambientes.

100 O presente estudo busca verificar quais os efeitos da variação sazonal da
101 pluviosidade e intrusão salina na comunidade de meiofauna e associação de Nematoda
102 em uma praia de água doce-oligohalina de mesomaré (Vai-Quem-Quer, Ilha de
103 Cotijuba), localizada na zona de mistura de um estuário amazônico no Brasil. Além
104 disso, este estudo também busca caracterizar os padrões de distribuição horizontal da
105 meiofauna e de Nematoda nesta praia. Nossa primeira hipótese foi de que a comunidade
106 de meiofauna e a associação de Nematoda apresentam maiores densidades e riqueza no
107 período de menor pluviosidade e maior salinidade; e nossa segunda hipótese foi de que
108 as maiores densidades se encontram nas estações localizadas na região intermediária da
109 zona intertidal.

110

111 Material e Métodos

112 A região amazônica apresenta um ecossistema estuarino altamente complexo e
113 peculiar (El-Robrini et al. 2006) e o Rio Pará, onde está o local estudado, situa-se
114 exatamente entre a região da costa que está sob influência direta do maior rio do mundo
115 em comprimento e descarga de água e sedimento, o Rio Amazonas (Mendes 2004;
116 Souza-Filho et al. 2008); e a região com a maior linha contínua de manguezais do
117 mundo (Souza-Filho 2005; Souza-Filho et al. 2008; Dominguez 2008).

118 A Praia do Vai-Quem-Quer situa-se na região noroeste da Ilha de Cotijuba
119 (01°13' S, 48°32' W) que ocupa uma área de aproximadamente 16 km² e possui forma
120 alongada de direção NE-SW. A Ilha faz parte da área insular do município de Belém
121 (Pará, Brasil) (Guerra 2007) e está situada na margem direita do estuário do Rio Pará. A
122 Ilha está limitada ao norte pela Baía do Marajó e localizada geograficamente entre o
123 arquipélago do Marajó e as ilhas de Jutuba e Paquetá (Figura 1) (Silva e Lobato 1997).

124 A Ilha de Cotijuba está localizada na zona de mistura estuário do Rio Pará que
125 possui cerca de 300 Km de extensão longitudinal (Rosário et al. 2016; Prestes et al.
126 2017). Este sistema não apresenta uma nascente propriamente dita e recebe aporte
127 fluvial do Rio Amazonas através de pequenos canais (Callede et al. 2010; Costa 2014),
128 além de toda a descarga proveniente dos Rio Tocantins e outros tributários (Prestes
129 2016). O Rio Pará é um estuário tropical onde a maré diminui em direção à montante,
130 variando de macromaré na sua região costeira à micromaré na sua porção interna
131 (Rosário et al. 2016). O local estudado está localizado na região do estuário regida por
132 mesomaré (2-4 m) com uma predominância de variações semidiurnais (Prestes et al.
133 2016).

134 O clima na região é do tipo equatorial, quente e úmido, com duas estações bem
135 definidas: seca e chuvosa (Borba e Rollnic 2016). Na estação seca (período de baixa
136 pluviosidade) a precipitação total chega a ser mais baixa que 230 mm, enquanto que na
137 estação chuvosa (período de alta pluviosidade) chega até 2744 mm (Moraes et al. 2005).
138 O período chuvoso ocorre de dezembro a junho e o período de estiagem de julho a
139 novembro (Mascarenhas et al. 2009). A umidade média relativa do ar está em torno de
140 90% no período chuvoso e 80% no período de estiagem (Mascarenhas et al. 2009).

141 No local estudado ocorre uma variabilidade sazonal na entrada da salinidade
142 devido a mudanças na descarga do rio que ocorrem durante o ano (Rosário et al. 2016)

143 em resposta a pluviosidade da região (Borba e Rollnic 2016); com a intrusão salina
144 acontecendo no estuário exatamente durante o período de baixa descarga (período de
145 baixa pluviosidade) (Baltazar et al. 2011; Bezerra et al. 2011). De acordo com uma
146 simulação realizada através de um modelo 2D empregado por Rosário et al. (2016), não
147 existe salinidade no período de alta descarga na região do estuário onde a Ilha de
148 Cotijuba está situada, já no período de baixa descarga a salinidade nessa região pode
149 alcançar 4 psu (águas oligohalinas).

150

151 Coleta e Processamento das amostras

152 As amostragens ocorreram no médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer
153 bimestralmente ao longo de um ano (setembro e novembro de 2017; janeiro, março,
154 maio e julho de 2018). Dois transectos perpendiculares à linha da maré alta de sizígia
155 foram marcados no médiolitoral e em cada transecto quatro estações distando 10 m uma
156 da outra foram demarcadas, sendo a primeira estação (S1) localizada mais próxima à
157 linha de maré alta e a última (S4) localizada mais próxima à linha de maré baixa. Em
158 cada estação foram tomadas três amostras com um corer de 3 cm de diâmetro, sendo
159 este enterrado 10 cm no substrato. Além disso, foi coletada uma amostra de sedimento
160 em cada estação usando o mesmo corer para determinação da granulometria. Foi ainda
161 determinada a salinidade da água de superfície (utilizando refratômetro manual) e
162 temperatura do substrato a 10 cm de profundidade (utilizando termômetro de solo com
163 bulbo). Os dados de precipitação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia
164 (INMET - www.inmet.gov.br. Acessado em: 10-09-2018) considerando a estação
165 climatológica de Belém, Pará.

166 Em laboratório a meiofauna foi extraída do sedimento pelo método de flotação
167 por sílica coloidal de densidade de $1,18 \text{ g/cm}^3$ (Sommerfield et al. 2005), sendo a fauna

168 passada em peneiras com malha de 0,044 a 0,5 mm de abertura. A fauna retida na
169 peneira de 0,044 mm foi corada com Rosa Bengala e triada em placa de Dollfus ao nível
170 de grandes grupos zoológicos com o auxílio de um microscópio estereoscópico.

171 Os 50 primeiros Nematoda de cada amostra foram retirados, diafanizados e
172 montados em lâminas permanentes para sua identificação seguindo o protocolo
173 proposto por De Grisse (1969). A identificação de Nematoda ao nível de gênero foi feita
174 com o auxílio de um microscópio óptico e utilizando-se as chaves pictóricas de
175 Warwick et al. (1998) e Zullini (2010), assim como a bibliografia específica da Seção
176 de Biologia Marinha da Universidade de Ghent (Bélgica) e do website Nemys (World
177 Database of Nematodes. Disponível em: <http://nemys.ugent.be>. Acessado em: 01-12-
178 2018.). Os gêneros foram classificados em relação ao tipo de água/ambiente em que
179 habitam com base em informações disponíveis no Nemys e Eyualem-Abebe et al.
180 (2006) em: água salobra (marinho), água salobra/água doce e água doce. Os gêneros
181 encontrados também foram agrupados em quatro tipos tróficos baseando-se na estrutura
182 da cavidade bucal dos Nematoda segundo Wieser (1953): comedores de depósitos
183 seletivos (1A), comedores de depósitos não-seletivos (1B), raspadores (2A) e
184 predadores/onívoros (2B). A classificação trófica dos gêneros de Nematoda de água
185 doce foi feita com base nas informações sobre dieta e estrutura da cavidade bucal
186 (Yeates et al. 1993; Traunspurger 1997).

187 A análise granulométrica foi feita por peneiramento dos grosseiros e pipetagem
188 dos finos (Sugio 1973) e os parâmetros estatísticos (média do diâmetro dos grãos,
189 selecionamento e proporções de areia, silte e argila) foram calculados utilizando as
190 equações propostas por Folk e Ward (1957). O tamanho do grão sedimentar foi
191 determinado através do peneiramento do sedimento usando um agitador automático e
192 classificados seguindo a escala Wentworth (Buchanan 1984).

193 Análise estatística

194 Para cada amostra foi calculada a densidade e riqueza da meiofauna e dos
195 diversos gêneros de Nematoda (ind.10cm^{-2}). O teste de Cochran foi utilizado para
196 verificar a homogeneidade das variâncias e quando necessário, os dados foram
197 transformados em $\log(x + 1)$. Diferenças entre densidade e riqueza da meiofauna e
198 Nematoda entre meses (setembro, novembro, janeiro, março, maio e julho, 2017-2018)
199 e estações intertidais (S1, S2, S3 e S4) foram testadas através da análise de variância
200 (ANOVA Fatorial). Além disso, foi realizado a ANOVA Unifatorial para detectar
201 diferenças na densidade média total da meiofauna, seus grupos mais abundantes e os
202 gêneros mais abundantes de Nematoda. O teste de Tukey a posteriori foi realizado
203 quando foram detectadas diferenças significativas entre os fatores. A análise de
204 correlação de Spearman foi utilizada para relacionar a densidade média total da
205 meiofauna nos meses, densidade dos seus grupos principais e dos gêneros de Nematoda
206 com pluviosidade e salinidade.

207 Após os dados serem transformados ($\log x+1$), foram produzidas matrizes de
208 similaridade, utilizando-se o índice de Bray Curtis. Para a comparação da estrutura da
209 comunidade de meiofauna e associação de Nematoda, as matrizes foram utilizadas para
210 as análises de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) para cada fator. A
211 formação de grupos devido ao possível efeito dos fatores na estrutura das comunidades
212 foi visualizada através das figuras de Ordenação Não-Métrica Multidimensional
213 (nMDS). As contribuições de cada grupo da meiofauna e gêneros de Nematoda para a
214 dissimilaridade entre meses e estações intertidais foram analisadas utilizando-se a
215 porcentagem de similaridade (SIMPER). Correlações foram realizadas entre a estrutura
216 da comunidade da meiofauna e associações de Nematoda com os parâmetros ambientais
217 por meio do 'Biota-Environment Matching' (BIO-ENV), para verificar quais foram os

218 fatores abióticos que melhor explicam o padrão biológico da comunidade/associação.
219 Para os testes estatísticos foram usados os programas STATISTICA 8, PRIMER 6.1.13
220 e PERMANOVA+ 1.0.3 (Anderson et al. 2008) e o nível de significância adotado foi de
221 0,05. Para o processamento dos dados granulométricos foi utilizado o SYSGRAN 3.0.

222

223 Resultados

224 Variáveis ambientais

225 Os valores das variáveis ambientais registrados podem ser visualizados na
226 Tabela 1. A pluviosidade foi menor no mês de setembro e seguiu aumentando até março
227 (mês de maior pluviosidade), em maio ela apresentou uma diminuição e em julho esteve
228 próxima a novembro (Figura 2 e Tabela 1). Setembro, novembro e julho foram os meses
229 de menor pluviosidade por tanto períodos de menor descarga, já janeiro, março e maio
230 os meses de maior pluviosidade, conseqüentemente período de maior descarga do rio
231 (Figura 2 e Tabela 1). A salinidade foi maior em setembro (2 psu) e seguiu diminuindo
232 ao longo dos meses com os meses de janeiro, março, maio e julho não apresentando
233 salinidade, portanto condição de água doce (Figura 2 e Tabela 1).

234 O sedimento variou de areia média a areia grossa e pobremente a
235 moderadamente selecionado. Setembro e novembro foram caracterizados por areia
236 média moderadamente selecionada em todas as estações do médiolitoral. Março
237 também foi caracterizado por areia média em todas as estações, mas a S4 apresentou
238 areia pobremente selecionada, enquanto que as outras estações tiveram sedimento
239 moderadamente selecionado. Em janeiro, maio e julho o tamanho médio do grão e o
240 grau de seleção do sedimento variou entre as estações. A temperatura variou de 29,4°C
241 na S3 em Janeiro a 34,0°C na S1 em setembro (Tabela 1).

242

243 Comunidade meiofaunal

244 A meiofauna esteve representada por 17 grupos (Material suplementar 1),
245 variando de 10 táxons no mês de setembro a 13 nos meses de novembro e março
246 (Figura 3). Entre os grupos de meiofauna encontrados, Cladocera foi exclusiva dos
247 meses de menor pluviosidade, presente apenas em novembro. Collembola e Gastropoda
248 se apresentaram apenas nos meses maior pluviosidade, o primeiro esteve presente em
249 janeiro e em março enquanto o segundo foi exclusivo de março. Entre as estações do
250 médiolitoral, o menor número de táxons foi registrado na S3 e S4 em setembro (7
251 táxons) e o maior na S3 em novembro, S1 e S2 em março e S4 em maio (11 táxons)
252 (Figura 4). Considerando todo o estudo, Oligochaeta foi o táxon mais representativo da
253 meiofauna (39%), seguido de Copepoda (23%) e Nematoda (21%).

254 A variação de densidade da meiofauna ao longo dos meses apresentou relação
255 direta com o aumento de pluviosidade e diminuição de salinidade (Figura 3). As
256 menores densidades ocorreram em julho (98,07 ind.10cm⁻²) e setembro (100,55
257 ind.10cm⁻²). Entre setembro e março a densidade aumentou, sendo que nesse último
258 ocorreu o pico de maior densidade (268,51 ind.10cm⁻²). Após março, a densidade
259 diminuiu (em maio: 229,54 ind.10cm⁻²) (Figura 3). Entre os grupos meiofaunais mais
260 abundantes, Copepoda e principalmente Oligochaeta apresentaram as maiores
261 densidades nos meses de maior pluviosidade (Figura 3). Oligochaeta foi o grupo mais
262 abundante nos meses analisados, com exceção de setembro em que Nematoda foi o mais
263 abundante (Figura 3). Oligochaeta apresentou as maiores densidades na maioria das
264 estações em todos os meses, com poucas exceções quando Nematoda e Copepoda foram
265 os mais abundantes.

266 Entre as estações do médiolitoral, a menor densidade foi na S3 em março (43,7
267 ind.10cm⁻²) enquanto a maior foi na S1 também em março (560,74 ind.10cm⁻²) (Figura

268 4). Em todos os meses a estação S1 apresentou as maiores densidades, com exceção dos
269 meses de maio e julho, quando a maior densidade ocorreu na S3 (Figura 4).

270 Densidade e riqueza da meiofauna variaram significativamente entre meses e
271 estações (Tabela 2). Quanto à densidade média total da meiofauna, as diferenças foram
272 significativas ($df = 5$; $p < 0,001$) dentre os meses de setembro, novembro e julho quando
273 comparados com os meses de janeiro, março e maio. Durante os meses de alta
274 pluviosidade/menor salinidade a meiofauna apresentou significativamente maiores
275 densidades (Figura 3). A densidade de Oligochaeta diferiu significativamente entre
276 meses ($df = 5$; $p < 0,001$) devido a maior densidade nos meses de março e maio (Figura
277 3). Já a densidade de Nematoda diferiu significativamente ($df = 5,35$; $p = 0,006$) entre
278 os meses de setembro, novembro e maio quando comparado com os meses de janeiro,
279 março e julho (Figura 3). Ao contrário dos outros dois grupos, a densidade de Copepoda
280 não diferiu significativamente entre meses ($df = 5$; $p = 0,164$) (Figura 3). A meiofauna
281 total, Oligochaeta e Copepoda apresentaram correlação positiva significativa com
282 pluviosidade e correlação negativa com salinidade (Tabela 3).

283 A S1 em março, com alta densidade de meiofauna (Figura 4), foi a estação que
284 apresentou maiores diferenças em relação as demais estações, principalmente durante os
285 meses de baixa pluviosidade com poucas exceções. Já quanto a riqueza, novamente a S1
286 em março apresentou as maiores diferenças (Figura 4), devido aos altos valores de
287 riqueza.

288 Com relação à estrutura da comunidade meiofaunal, a PERMANOVA mostrou
289 diferenças significativas entre meses e estações (Tabela 4). As diferenças entre os meses
290 e estações podem ser visualizadas nas figuras ordenação não-métrica multidimensional
291 (nMDS) (Figura 5a, b). Com relação aos meses, o nMDS, apesar de mostrar alguma
292 mistura de amostras entre os meses, ainda assim demonstrou uma diferença entre os

293 meses de menor pluviosidade (setembro, novembro e julho) e os meses de maior
294 pluviosidade (janeiro, março e maio) (Figura 5a). Quanto à estrutura horizontal, o
295 nMDS não mostrou um agrupamento claro entre as estações (Figura 5b).

296 A análise SIMPER para meses mostrou que a maior dissimilaridade entre a
297 comunidade foi entre os meses de setembro e março (49,11%). Oligochaeta (21,86%),
298 Copepoda (14,62%) e Rotifera (14,52%) foram os grupos que mais contribuíram para a
299 dissimilaridade entre os meses. Quanto a estações, a análise SIMPER revelou que a
300 maior dissimilaridade entre a comunidade foi entre as estações S2 e S4 (44,23%).
301 Oligochaeta (18,71%), Copepoda (16,36%) e Nematoda (13,55%) foram os grupos que
302 mais contribuíram para a dissimilaridade entre as estações. A análise de BIO-ENV
303 mostrou que salinidade, temperatura, porcentagens de cascalho e areia foram as
304 variáveis ambientais que melhor explicaram as variações ($r_s = 0,955$) na comunidade
305 meiofaunal.

306

307 Associação de Nematoda

308 A associação de Nematoda esteve composta por um total de 39 gêneros
309 (Material suplementar 2). Quatro gêneros contabilizaram 79% da densidade total de
310 Nematoda: *Enoplolaimus* (50%, família Thoracostomopsidae), *Metadesmolaimus* (19%,
311 família Xyalidae), *Limonchulus* (7%, família Onchulidae) e *Oncholaimellus* (3%,
312 família Oncholaimidae). O gênero mais comum foi *Enoplolaimus*, presente em todas as
313 estações em todos os meses.

314 O número de gêneros foi maior nos meses de menor pluviosidade/ baixa
315 descarga (35 gêneros) que nos meses de maior pluviosidade/ alta descarga (30 gêneros).
316 Entre os gêneros encontrados, 9 gêneros (*Cephalobus*, *Crocodyrlaimus*,
317 *Dasyneoides*, *Gammanema*, *Mesodorylaimus*, *Prorhynchonema* *Ptycholaimellus*,

318 *Sabatieria* e *Zygonemella*) foram exclusivos dos meses de baixa pluviosidade enquanto
319 que 3 gêneros (*Euteratocephalus*, *Mesacanthoides* e *Nygolaimellus*) foram exclusivos
320 dos meses de alta pluviosidade. O maior número de gêneros ocorreu em setembro (27
321 gêneros) e seguiu diminuindo até março em que ocorreu o menor número de gêneros
322 (15) (Figura 3). Setembro foi o mês com maior número de gêneros exclusivos (6
323 gêneros, sendo 5 destes marinhos/água salobra) enquanto que novembro e março
324 apresentaram 2 gêneros exclusivos e os outros meses apresentaram 1 gênero exclusivo
325 (Figura 6). O número de gêneros de água salobra foi maior em setembro (15 gêneros) e
326 seguiu diminuindo até março; o maior número de gêneros de água doce/salobra ocorreu
327 também em setembro (6 gêneros); já o número de gêneros de água doce foi maior em
328 janeiro (7 gêneros) (Figura 6). Com relação as estações do médiolitoral, o menor
329 número de gêneros foi registrado na S3 em janeiro e S2 em julho (4 gêneros) e o maior
330 na S1 em setembro (15 gêneros) (Figura 7).

331 A menor densidade de Nematoda ocorreu em julho (18,87 ind.10cm⁻²) e a maior
332 ocorreu em maio (40,87 ind.10cm⁻²) (Figura 3). Entre as estações do médiolitoral, a
333 menor densidade foi registrada na S2 em julho (4,95 ind.10cm⁻²) e a maior na S1 em
334 março (50,48 ind.10cm⁻²) (Figura 7). Em todos os meses S1 e S4 apresentaram as
335 maiores densidades, com exceção nos meses de maio, onde S3 também apresentou uma
336 alta densidade; e julho, em que a maior densidade ocorreu na S3 (Figura 7).

337 O gênero *Enoplolaimus* foi o mais abundante nos meses analisados, com
338 exceção de setembro e novembro em que *Metadesmolaimus* foi mais abundante (Figura
339 8). Entre os gêneros mais abundantes, *Enoplolaimus* apresentou as maiores densidades
340 nos meses de maior pluviosidade, *Limonchulus* apresentou um aumento na densidade a
341 partir de janeiro enquanto que *Oncholaimellus* e *Metadesmolaimus* apresentaram as
342 maiores densidades em setembro e novembro (Figura 8). *Enoplolaimus* também

343 apresentou as maiores densidades em todas as estações em todos os meses, com exceção
344 na S1 em setembro; S1, S2 e S3 em novembro e S2 em janeiro, onde *Metadesmolaimus*
345 apresentou as maiores densidades e na S1 em julho, onde *Limonchulus* teve maior
346 densidade.

347 Densidade e riqueza de Nematoda variaram significativamente entre estações e
348 meses (Tabela 2). A densidade de *Enoplolaimus* diferiu significativamente ($df = 5$; $p <$
349 $0,001$) quando comparado maio com setembro, novembro e julho (Figura 8). A
350 densidade de *Limonchulus* também diferiu significativamente entre meses ($df = 5$; $p <$
351 $0,001$) devido a maior densidade em maio (Figura 8). A densidade de *Oncholaimellus*
352 diferiu significativamente entre meses ($df = 5$; $p < 0,001$) devido à maior densidade em
353 setembro (Figura 8). Já a densidade de *Metadesmolaimus* diferiu significativamente
354 entre meses ($df = 5$; $p = 0,013$) devido à maior densidade em setembro e novembro
355 (Figura 8). O coeficiente de correlação de Spearman demonstrou que *Limonchulus*
356 apresentou correlação positiva significativa com pluviosidade e correlação negativa
357 significativa com salinidade (Tabela 3). Já *Oncholaimellus* e *Metadesmolaimus*
358 apresentaram correlação positiva significativa com salinidade e correlação negativa com
359 pluviosidade (Tabela 3).

360 A S1 em novembro e em março com alta densidade de Nematoda (Figura 7) foi
361 a estação que apresentou maiores diferenças em relação às demais estações. A S2 em
362 julho com baixa densidade também foi uma das estações que apresentou maiores
363 diferenças em relação às demais estações. Já quanto à riqueza, a S1 em novembro e em
364 maio e a S4 em julho apresentaram as maiores diferenças (Figura 7), devido aos altos
365 valores de riqueza.

366 Com relação à estrutura das associações de Nematoda, a PERMANOVA
367 mostrou diferenças significativas entre meses e estações (Tabela 4). A figura de nMDS

368 não mostrou uma formação clara de grupos para meses, mas pode ser observado uma
369 maior separação das amostras de setembro e novembro, meses de baixa pluviosidade,
370 das amostras dos outros meses (Figura 5c). Quanto à estrutura horizontal, o nMDS,
371 apesar de mostrar alguma mistura de amostras entre as estações, é possível observar um
372 certo agrupamento das amostras da S1 (Figura 5d).

373 A análise SIMPER para meses mostrou que a maior dissimilaridade entre a
374 comunidade foi entre os meses de setembro e julho (71,45%). *Metadesmolaimus*
375 (17,17%), *Enoplolaimus* (16,90%) e *Oncholaimellus* (14,58%) foram os gêneros que
376 mais contribuíram para a dissimilaridade entre os meses. Quanto a estações, a análise
377 SIMPER revelou que a maior dissimilaridade entre as associações foi entre as estações
378 S1 e S2 (70,09%). *Metadesmolaimus* (19,89%), *Enoplolaimus* (16,73%) e *Limonchulus*
379 (13,91%) foram os gêneros que mais contribuíram para a dissimilaridade entre as
380 estações. A análise de BIO-ENV mostrou que salinidade, temperatura, porcentagens de
381 cascalho e areia foram as variáveis ambientais que melhor explicaram as variações ($r_s=$
382 0,955) na associação de Nematoda.

383 A associação de Nematoda esteve predominantemente composta pelos
384 predadores (2B, 71%), sendo essa alta percentagem de predadores composta
385 principalmente por *Enoplolaimus*, seguido dos comedores de depósito não seletivos
386 (1B, 24%) e dos raspadores (2A, 4%). Os comedores de depósitos seletivos (1A)
387 representaram somente 1% do total. Os predadores dominaram em praticamente todas
388 as estações de todos os meses, com exceção da S1 em setembro, S1 e S2 em novembro,
389 S2 em janeiro e S4 em julho. Nessas situações os comedores de depósito não seletivos,
390 compostos principalmente por *Metadesmolaimus*, apresentaram maior
391 representatividade (Figura 9).

392

393 Discussão

394 Durante nosso período de amostragem, a pluviosidade, principal responsável
395 pela sazonalidade da descarga no Rio Pará, foi maior em janeiro, março e maio, e menor
396 nos outros três meses de estudo. Na região onde a Praia do Vai-Quem-Quer está
397 localizada a intrusão salina ocorreu em dois (setembro e novembro) dos três meses de
398 menor pluviosidade e descarga. Em julho (mês de baixa pluviosidade/descarga), assim
399 como janeiro, março e maio, não houve salinidade (condição de água doce). O resultado
400 esperado era que em julho a intrusão salina já alcançasse a Praia devido a diminuição da
401 precipitação, no entanto, deve ser levado em consideração que o Rio Pará é um sistema
402 de largas proporções (Prestes et al. 2017), portanto sua descarga não é resultante apenas
403 da precipitação local, e sim da junção de descarga de seus tributários com a precipitação
404 local.

405 Em geral, a Praia do Vai-Quem-Quer apresentou grãos de sedimentos grosseiros
406 variando de areia média a areia grossa. As praias estuarinas em que a meiofauna já foi
407 estudada por outro lado, apresentavam grãos de sedimento predominantemente
408 composto por areia fina (McIntyre 1968; Chatterji et al. 1995; Ingole e Parulekar 1998).
409 Quanto a rios estritamente de água doce estudados, o sedimento encontrado é variável,
410 porém sedimento fino também domina na maioria desses ambientes (ex: Bongers e Van
411 Der Haar 1990; Eyualem-Abebe et al. 2001; Heininger et al. 2007). Nordsstron (1977)
412 comparando praias estuarinas com diferentes níveis de energia de ondas demonstrou
413 que aquelas de energia moderada apresentam predominância de grãos grosseiros. Deste
414 modo, a dominância de grãos grosseiros no Vai-Quem-Quer pode indicar que esta praia
415 é um ambiente de energia moderada. Com relação à temperatura, esta permaneceu alta
416 ao longo dos meses e estações do médiolitoral assim como já era esperado devido a
417 região tropical ter como característica possuir altas temperaturas durante todo o ano
418 (Nittrouer e DeMaster 1996).

419

420 Meiofauna

421 As maiores densidades totais da meiofauna ocorreram nos meses de alta
422 pluviosidade e a correlação de Spearman demonstrou a relação positiva significativa
423 entre os organismos e a chuva. Oligochaeta foi o principal táxon responsável por esse
424 aumento na densidade nestes meses e foi o táxon mais abundante na praia estudada. Em
425 ambientes de água doce assim como para ambientes marinhos geralmente Nematoda é o
426 grupo de maior abundância (Giere 2009). No entanto, outros grupos como Oligochaeta
427 e Copepoda podem ser muito abundantes (Giere 2009). Em praias oceânicas com
428 sedimentos grosseiros, como é o tipo de sedimento na praia estudada, geralmente
429 Oligochaeta, Polychaeta, Nemertea ou Mollusca apresentam maiores densidades
430 relativas que outros grupos meiofaunais (Giere 2009). A região aonde Vai-Quem-Quer
431 está localizada é caracterizada por possuir ausência de salinidade (água doce) durante os
432 meses mais chuvosos do ano e salinidade baixa (oligohalino) nos meses de menor
433 pluviosidade, o que também explica a maior densidade relativa de Oligochaeta haja
434 vista a sua maior relação com água doce (Erséus 2005). Rosa-Filho e Aviz (2013)
435 estudando a macrofauna da Baía de Guajará, que faz parte da zona de mistura do Rio
436 Pará, também constataram a dominância de Oligochaeta juntamente com Polychaeta.
437 Copepoda, segundo grupo mais abundante em Vai-Quem-Quer, também pode
438 apresentar altas abundâncias em praias oceânicas com areias grosseiras com baixa
439 quantidade de silte (Giere 2009; Santos e Venekey 2017). Além disso, sabe-se que em
440 ambientes de água salobra com sedimentos arenosos Copepoda pode ser o grupo mais
441 abundante (Giere 2009).

442 A maior densidade de Oligochaeta nos meses de maior pluviosidade parece ser
443 uma resposta à ausência de salinidade devido à alta descarga no Rio Pará que ocorre

444 neste período. Oligochaeta é um táxon tipicamente relacionado ao ambiente terrestre
445 visto que este tem origem neste ambiente (Purschke 2002), deste modo são típicos
446 habitantes de ambientes de água doce (Erséus 2005). Além disso, sabe-se que animais
447 intersticiais sobrevivem a uma ampla faixa de salinidade, mas sua reprodução apenas
448 ocorre em um regime restrito (Ingole e Parulekar 1998). No caso de Oligochaeta em
449 Vai-Quem-Quer, eles sobreviveram no período de intrusão salina, haja vista sua
450 presença, porém o período de maior pluviosidade caracterizado pela ausência de
451 salinidade proporcionou um maior sucesso desse grupo refletindo assim no aumento de
452 sua densidade. Adicionalmente a ausência de salinidade, os oligoquetas também podem
453 ter sido favorecidos pelo aumento de matéria orgânica que pode ter ocorrido no período
454 de maior pluviosidade na Praia do Vai-Quem-Quer. Esse mesmo resultado de aumento
455 na densidade de Oligochaeta no período mais chuvoso devido principalmente a
456 ausência/menor salinidade também foi encontrado por Rosa-Filho e Aviz (2013)
457 estudando a macrofauna do infralitoral na zona de mistura do Rio Pará. Rosa-Filho e
458 Aviz (2013) não constataram mudança sazonal na quantidade de matéria orgânica no
459 sedimento, deste modo matéria orgânica não influenciou a mudança sazonal na
460 densidade de Oligochaeta, indicando que a salinidade e características sedimentares
461 foram os principais fatores influenciadores. Por tanto, esses resultados sugerem que esse
462 padrão na densidade de Oligochaeta relacionado à sazonalidade da pluviosidade ocorre
463 tanto no infralitoral quanto na zona intertidal desta região do estuário e que a salinidade
464 é o principal fator controlador da densidade de Oligochaeta.

465 O aumento da densidade meiofaunal com o aumento da pluviosidade e
466 diminuição da salinidade observados no presente trabalho não corroborou com o que foi
467 encontrado na maioria dos trabalhos realizados em outras praias tropicais. Pelo
468 contrário, nestes trabalhos a densidade dos organismos diminuiu (Pattnaik e Rao 1990;

469 Ingole e Parulekar 1998; Gomes e Rosa-Filho 2009; Venekey et al. 2014b). No entanto,
470 deve ser levado em consideração que três destes trabalhos foram realizados em praias
471 oceânicas (Pattnaik e Rao 1990; Gomes e Rosa-Filho 2009; Venekey et al. 2014b) e que
472 no único estudo realizado em ambiente estuarino com este padrão (Ingole e Parulekar
473 1998), a praia era dominada por água salgada com salinidade variando de 8 a 34 psu
474 (meso-euhalina). A exceção foi o resultado encontrado por Chatterji et al. (1995) em
475 uma praia estuarina com salinidade média variando de 17,2 a 24,4 psu (poli-euhalina)
476 em que foi encontrada uma maior densidade no período mais chuvoso devido à alta
477 densidade de Cladocera. A praia estudada no presente trabalho, diferentemente das
478 praias tropicais já estudadas, na maior parte do ano é dominada por água doce, desta
479 forma os organismos respondem a presença de salinidade de forma diferenciada. A
480 intrusão salina que ocorre em certo período do ano atua de forma negativa nos
481 organismos, particularmente nos oligoquetas, os quais provavelmente estão adaptados a
482 viverem em um ambiente sem salinidade. Dessa forma, mesmo o baixo índice de
483 salinidade causado pela intrusão salina no rio, consequência das diminuições da chuva e
484 da descarga do rio, provavelmente provoca danos fisiológicos ou dificulta os processos
485 fisiológicos nestes animais.

486 A ANOVA e PERMANOVA indicaram diferenças significativas entre os meses
487 e a ordenação não-métrica multidimensional (nMDS), apesar de mostrar alguma mistura
488 de amostras entre os meses, também demonstrou essa diferença particularmente entre os
489 meses de baixa e alta pluviosidade/descarga, indicando que a sazonalidade da
490 pluviosidade/descarga e salinidade do Rio Pará estruturam a meiofauna na Praia do Vai-
491 Quem-Quer.

492 Quanto à distribuição da meiofauna no médiolitoral, não se tem um padrão
493 conhecido sobre a distribuição destes organismos em praias de água doce ou em praias

494 estuarinas devido à ausência ou aos poucos estudos realizados nestes ambientes. Em
495 praias oceânicas de regiões temperadas geralmente os organismos intersticiais
496 apresentam as maiores densidades na região central da praia (Giere 2009), fato que
497 ocorreu em apenas dois dos seis meses estudados. No presente trabalho, a estação mais
498 próxima da linha de maré alta (S1) apresentou as maiores densidades dentre todas as
499 outras estações do médiolitoral em quatro dos meses analisados. Na linha de maré alta
500 da Praia do Vai-Quem-Quer constantemente pôde ser observado restos de folhagens e
501 outros detritos deixados pelas ondas na linha de deixa, o que pode ter beneficiado a
502 fauna. Sabe-se que organismos bentônicos comedores de depósitos podem ser
503 favorecidos pelo aporte de matéria orgânica proveniente de rios (Montagna e Kalke
504 1992; Snelgrove e Butman 1994) fato que provavelmente ocorreu na S1 do médiolitoral
505 de Vai-Quem-Quer.

506

507 Nematoda

508 Sabe-se que espécies de Nematoda marinhas predominam nos ambientes
509 estuarinos (Cool 1999), porém muitas desaparecem com a diminuição da salinidade ao
510 longo destes ambientes (Bowman 1983; Heip et al. 1985). Esse desaparecimento de
511 Nematoda marinhos com a diminuição da salinidade foi constatado no presente
512 trabalho. Cinco gêneros marinhos/água salobra estiveram presentes somente em
513 setembro, mês de menor pluviosidade e que apresentou a maior salinidade.
514 Provavelmente estes gêneros marinhos chegam à praia do Vai-Quem-Quer através da
515 dispersão passiva da meiofauna que pode ocorrer por meio do seu transporte, por
516 exemplo, em macroalgas (Ingolfsson 1995; Ólafsson et al. 2001; Arroyo et al. 2006) ou
517 outros detritos naturais flutuantes advindos do Oceano Atlântico durante os meses de
518 maior intrusão salina. Esses nematódeos marinhos provavelmente não conseguem se

519 estabelecer na praia ao longo dos meses devido à diminuição e ausência de salinidade
520 que ocorre devido a não ocorrência de intrusão salina nos meses mais chuvosos,
521 refletindo assim no seu desaparecimento.

522 Quanto à riqueza total de Nematoda, geralmente ela tende a diminuir da direção
523 da água salgada do mar para a água doce do rio (Coull 1988). Essa diminuição da
524 riqueza com a diminuição da salinidade ocorreu na Praia do Vai-Quem-Quer devido à
525 diminuição do número de gêneros marinhos/água salobra. A riqueza total de Nematoda
526 assim como a riqueza de gêneros de água salobra foi maior em setembro e seguiu
527 diminuindo até março (mês de maior pluviosidade). Este resultado sugere que a riqueza
528 de Nematoda diminui não apenas com a diminuição da salinidade ao longo dos
529 estuários, mas também em locais específicos destes que sofrem mudanças sazonais na
530 salinidade.

531 Praias oceânicas com grãos de sedimento grosseiros tendem a possuir altas
532 densidades de Nematoda predadores (2B) como é o caso de *Enoplolaimus* (Moens et al.
533 2013), gênero mais abundante na praia estudada. Este gênero é um típico predador
534 marinho/água salobra (Moens e Vincx 1997), mas com registro de duas espécies
535 também em águas oligohalinas (Smol e Coomans 2006). Por outro lado, a família
536 Xyalidae, família a qual o segundo gênero mais abundante, *Metadesmolaimus*, faz parte,
537 geralmente domina em praias oceânicas com grãos de sedimento fino a médio (Nicholas
538 e Hodda 1999; Gheskiere et al. 2004; Mundo-Ocampo et al. 2007), no entanto alguns
539 de seus gêneros já foram encontrados apresentando alta abundância em praias com
540 sedimento mais grosseiro (Gourbault et al. 1998; Urban-Malinga et al. 2004; Santos e
541 Venekey 2017) como em Vai-Quem-Quer. Como já discutido previamente, espécies de
542 Nematoda marinhas predominam nos ambientes estuarinos (Cool 1999) e a alta
543 abundância de *Enoplolaimus* e *Metadesmolaimus* encontrados no presente estudo pode

544 indicar que estes gêneros marinhos obtiveram sucesso na colonização de praias
545 estuarinas com dominância de água doce ou que apresentam espécies presentes também
546 em ambientes de água doce.

547 Não houve um padrão claro na densidade total de nematódeos entre meses
548 menos e mais chuvosos com maio apresentando uma densidade maior que aquela
549 encontrada em todos os outros meses chuvosos. Essa maior densidade em maio se deu
550 em decorrência da alta densidade de *Enoplolaimus* e *Limonchulus* em praticamente
551 todas as estações. Essa alta abundância de *Enoplolaimus* e *Limonchulus* neste mês não
552 pôde ser explicado por nenhum dos fatores avaliados neste estudo, mas o fato de ocorrer
553 em um mês chuvoso mostra que estes gêneros podem ter sido favorecidos pela maior
554 pluviosidade e ausência de salinidade neste mês.

555 Espécies de cada grupo meiofaunal podem apresentar respostas diferenciadas a
556 diferentes fatores abióticos (Ólafsson, 1991). Neste trabalho, essa resposta diferenciada
557 ao longo dos meses foi observada em alguns gêneros de Nematoda, com essa resposta
558 altamente relacionada a mudança no nível de salinidade. Dentre os gêneros mais
559 abundantes, *Limonchulus* apresentou correlação positiva significativa com pluviosidade
560 e uma correlação negativa significativa com salinidade. Por outro lado,
561 *Metadesmolaimus* apresentou um padrão inverso com uma correlação positiva
562 significativa com salinidade e correlação negativa com pluviosidade. Como já discutido,
563 organismos meiofaunais sobrevivem a uma ampla faixa de salinidade, porém se
564 reproduzem apenas em um estreito regime (Ingole e Parulekar, 1998). *Limonchulus* é
565 um gênero típico de água doce e seu aumento a partir de janeiro provavelmente ocorreu
566 pela ausência de salinidade nestes meses. Por outro lado, *Metadesmolaimus* é um
567 gênero relacionado ao ambiente marinho, por tanto suas menores densidades a partir de
568 janeiro provavelmente ocorreu em resposta a ausência da salinidade nestes meses.

569 Apesar dos fatores abióticos serem considerados os principais influenciadores da
570 meiofauna em praias, as interações biológicas, como predação, não podem ser fatores
571 esquecidos visto que os animais intersticiais estão em constante interação no sedimento.
572 Assim como Oligochaeta, *Enoplolaimus* apresentou as maiores densidades nos meses de
573 maior pluviosidade. Membros da família Thorascomopsidae como *Enoplolaimus* são
574 predadores facultativos e se alimentam não somente de outros Nematoda, mas também
575 de Oligochaeta (Moens e Vincx 1997). Maria et al. (2012) também mostrou em seu
576 estudo através de isótopos estáveis que uma espécie de *Enoplolaimus* (*E. litoralis*) é
577 uma espécie predadora verdadeira. Portanto, o aumento da população de *Enoplolaimus*
578 provavelmente ocorreu em decorrência da maior oferta de alimento (maior densidade de
579 Oligochaeta) nos meses de maior pluviosidade. Desta maneira, nossos resultados
580 sugerem que mudanças sazonais na salinidade em praias estuarinas podem influenciar a
581 densidade dos organismos intersticiais não somente de forma direta, mas também de
582 forma indireta através da interação presa-predador entre diferentes grupos taxonômicos
583 meiofaunais.

584 Com relação à distribuição horizontal da nematofauna, as maiores densidades
585 ocorreram nas estações extremas do médiolitoral, S1 e S4 em quatro dos seis meses.
586 Como previamente mencionado, na região da estação mais próxima da linha de maré
587 alta (S1) constantemente ocorria o acúmulo de detritos. Essa área de acumulação de
588 detritos nessa região da praia é chamada 'strandline' (Gheskiere et al. 2006) e fornece
589 um hábitat único com a colonização de invertebrados tanto do ambiente marinho quanto
590 do ambiente terrestre (Gheskiere et al. 2005). Detritos de vegetais podem ser também
591 muito abundantes em praias estuarinas (Jackson et al. 2002). No caso da praia estudada,
592 ambos os Nematoda de água doce e marinhos, assim como terrestres habitam esta região
593 da praia. *Allodorylaimus*, *Cephalobus*, *Crocodylaimus*, *Cobbonchulus* e

594 *Nygolaimellus*, gêneros que ocorrem também no ambiente terrestre, por exemplo,
595 estiveram presentes somente nessa região da praia. Quanto à baixa densidade nas
596 estações centrais da praia (S2 e S3), os organismos meiofaunais procuram escapar da
597 dessecação que ocorre no sedimento (McLachlan 1977). Portanto, a menor densidade de
598 Nematoda nas estações centrais provavelmente se deve a maior dessecação que ocorre
599 nestas regiões devido a maior exposição quando comparado a estação mais próxima da
600 linha de maré baixa (S4).

601 As análises uni e multivariadas indicaram diferenças significativas entre os
602 meses e a ordenação não-métrica multidimensional (nMDS), apesar de mostrar alguma
603 mistura de amostras entre os meses, também demonstrou essa diferença particularmente
604 entre setembro e novembro (baixa pluviosidade/descarga) com janeiro, março, maio
605 (alta pluviosidade/descarga) e julho (baixa pluviosidade/descarga), indicando que a
606 sazonalidade da pluviosidade e descarga do Rio Pará tem influência na estrutura da
607 nematofauna da Praia do Vai-Quem-Quer. Quanto à estrutura horizontal da
608 nematofauna, a ANOVA e PERMANOVA indicaram diferenças nos descritores e
609 estrutura. Além disso, foi possível observar na nMDS que as amostras da S1 se
610 agruparam mais isoladamente das demais (S2, S3 e S4) devido as suas altas
611 abundâncias e presença de gêneros diferentes de Nematoda.

612 Os resultados encontrados neste estudo mostraram que a comunidade de
613 meiofauna e a associação de Nematoda apresentaram maiores densidades nos meses de
614 maior pluviosidade e menor salinidade. Já a riqueza de Nematoda foi maior no mês de
615 menor pluviosidade e maior salinidade (setembro). Com base nesses resultados, a
616 primeira hipótese foi parcialmente aceita. Quanto à distribuição no médiolitoral, a
617 meiofauna total apresentou maior densidade na estação mais próxima da linha de maré

618 alta e a nematofauna apresentou maiores densidades nas estações extremas do
619 médiolitoral. Baseados nesses resultados a segunda hipótese não foi aceita.

620 O presente trabalho mostrou que a intrusão salina está relacionada com a
621 mudança sazonal na pluviosidade e descarga do estuário do Rio Pará e que a fauna
622 intersticial da praia arenosa estudada responde a essas mudanças. A meiofauna foi
623 fortemente influenciada pela mudança sazonal da chuva e da salinidade (intrusão salina
624 periódica) tanto ao nível de grandes grupos (meiofauna total e Oligochaeta
625 apresentaram maior densidade nos meses de maior pluviosidade e na ausência de
626 salinidade) quanto ao nível de gêneros de Nematoda (desaparecimento de gêneros
627 marinhos e diminuição da riqueza com a diminuição da salinidade; aumento na
628 densidade de *Limonchulus* nos meses mais chuvosos e diminuição na densidade de
629 *Metadesmolaimus*). Além disso, foi possível observar como mudanças sazonais na
630 salinidade podem influenciar organismos de forma indireta através da interação com
631 outros grupos (o gênero *Enoplolaimus* aumentou provavelmente devido à maior oferta
632 da sua presa Oligochaeta nos meses de maior pluviosidade).

633

634 Agradecimentos

635 As amostragens ocorreram no âmbito de um projeto financiado pelo Office Navy
636 Research (ONR). O primeiro autor deseja expressar sua gratidão ao CNPq (Conselho
637 Nacional de Pesquisa) pela bolsa de pesquisa de pós-graduação. Um agradecimento
638 especial a E. Aleixo, E. B. Santos, K. R. N. Campelo, J. S. Oliveira e T. B. L. Santos
639 pela ajuda no trabalho de campo e a N. Smol e A. Zullini pela ajuda na identificação de
640 alguns gêneros de Nematoda.

641

642 Referências

- 643 Adão, H., A. S. Alves, J. Patrício, J. M. Neto, M. J. Costa, and J. C. Marques. 2009.
644 Spatial distribution of subtidal Nematoda communities along the salinity gradient
645 in southern European estuaries. *Acta Oecol.* 35: 287-300,
646 doi:10.1016/j.actao.2008.11.007
- 647 Alves, A. S., H. Adão, J. Patrício, J. M., Neto, M. J. Costa, and J.C Marques. 2009.
648 Spatial distribution of subtidal meiobenthos along estuarine gradients in two
649 southern European estuaries (Portugal). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 89: 1529-1540,
650 doi:10.1017/S0025315409000691
- 651 Alves, A. S., H. Adão, T. J. Ferrero, J. C. Marques, M. J. Costa, and J. Patrício. 2013.
652 Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems:
653 The use of nematodes in ecological quality assessment. *Ecol. Indic.* 24: 462-475,
654 doi:10.1016/j.ecolind.2012.07.013
- 655 Anderson, M. J., R. N. Gorley, and K. R. Clarke. 2008. *Permanova+ for Primer: guide*
656 *to software and statistical methods.* Plymouth.
- 657 Arroyo. N. L., M., Maldonado and K. Walters. 2006. Within- and between-plant
658 distribution of harpacticoid copepods in a North Atlantic bed of *Laminaria*
659 *ochroleuca*. *J. Mar. Biol Ass. UK.* 86: 309-316, doi:10.1017/S0025315406013166
- 660 Baltazar, L.R.S., M.O.B. Menezes, and M. Rollnic. 2011. Contributions to the
661 Understanding of Physical Oceanographic Processes of the Marajó Bay - PA,
662 North Brazil. *J. Coastal Res.* 64: 1443-1447.
- 663 Becker, M. L., R. A. Luettich, and M. A. Mallin. 2010. Hydrodynamic Behaviour of the
664 Cape Fear River and Estuarine: A Synthesis and Observational Investigation of
665 Discharge–Salinity Intrusion Relationships. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.* 88: 407-
666 418, doi:10.1016/j.ecss.2010.04.022

- 667 Bezerra, T. N. C., V. G. Fonsêca-Genevois, and B. Genevois. 1996. Distribuição
668 horizontal e vertical da meiofauna em uma região tropical intermareal (Istmo de
669 Olinda–Pernambuco–Brasil). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal*
670 *de Pernambuco*. 24: 249-264.
- 671 Bezerra, T. N. C., B. Genevois, and V. G. Fonsêca-Genevois. 1997. Influência da
672 granulometria na distribuição e adaptação da meiofauna na praia arenosa do Istmo
673 de Olinda-PE. *Oecol. bras.* 3: 107-116.
- 674 Bezerra, M. O., C. Medeiros, A. P. M. Krelling, R. P. Rosário, and M. Rollnic. 2011.
675 Physical oceanographic behavior at the Guama/Acara-Moju and the Paracauari
676 river mouths, Amazon coast (Brazil). *J. Coastal Res.* 64: 1448-1452.
- 677 Bongers, T. and J. Van Der Haar. 1990. On the potential of basing an ecological
678 typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the river
679 Rhine. *Hydrobiol. Bull.* 24: 37-45.
- 680 Borba, T. A. C. and M. Rollnic, 2016. Runoff quantification on Amazonian Estuary
681 based on hydrodynamic model. *J. Coastal Res.* 75: 43-47, doi: 10.2112/SI75-009.1
- 682 Bouwman, L. A. 1983. Systematic, Ecology and Feeding Biology of Estuarine
683 Nematodes. *Onderzoek Ems-Dollard Estuarium*. Ph. D. Thesis. Wageningen
684 Universiteit.
- 685 Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis, p. 41-65. In N. A Holme and A. D. McIntyre
686 [eds.], *Methods for the Study of Marine Benthos*. Blackwell Scientific
687 Publications.
- 688 Callede, J., G. Cochonneau, J. Ronchail, F. V. Alvez, J. L. Guyot, V. S. Guimares, and
689 E. De Oliveira. 2010. Les apports en eau de l'Amazone a l'océan Atlantique. *J.*
690 *Water Sci.* 23: 247-273.

- 691 Calles, A., M. Vincx, P. Cornejo, and J. Calderon. 2005. Patterns of meiofauna
692 (especially nematodes) in physical disturbed Ecuadorian sandy beaches.
693 *Meiofauna Marina*. 14: 121-129.
- 694 Chatterji, A., Z. A. Ansari, J. K. Mishra, and A. H. Parulekar. 1995. Seasonality in
695 meiofaunal distribution on a tropical beach at Balramgari, northeast coast of India.
696 *Indian J. Mar. Sci.* 24: 49-55.
- 697 Chen, C. A., S. M. Long and N. M. Rosli. 2012. Spatial distribution of tropical estuarine
698 nematode communities in Sarawak, Malaysia (Borneo). *Raffles Bull. Zool.* 60:
699 173-181.
- 700 Coull, B. C. 1988. Ecology of the marine meiofauna, 18-38. In Higgins, R. P. and Thiel,
701 H. [eds.], *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press.
- 702 Coull, B. C. 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Aust. J. Ecol.*
703 24: 327-343.
- 704 Dai, A. and K. E. Trenberth. 2002. Estimates of Freshwater Discharge from Continents:
705 Latitudinal and Seasonal Variations. *J. Hydrometeorol.* 3: 660-667,
706 doi:10.1175/1525-7541(2002)003<0660:EOFDfC>2.0.CO;2
- 707 De Grisse, A. T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisés
708 dans l'étude des nématodes phytoparasitaires. *Mededelingen Rijksfakulteit*
709 *Landbouwwetenschappen Gent*. 34: 351-369.
- 710 Dominguez, J. M. L. 2008. The Coastal Zone of Brazil, p. 17-51. In S. R. Dillenburg
711 and P. A. Hesp [eds.], *Geology and geomorphology of Holocene coastal barriers*
712 *of Brazil*. Springer.
- 713 El-Robrini, M.; M. A. M. A. Silva, P. W. M. Souza Filho, M. H. S. El-Robrini, O. G. S.
714 Silva Jr, and C. F. França. 2006. Pará, p. 44-86. In Muehe, D. [eds.], *Erosão e*
715 *Progradação do Litoral Brasileiro*. Ministério do Meio Ambiente.

- 716 Erséus, C. 2005. Phylogeny of oligochaetous Clitellata. *Hydrobiologia*. 535/536: 357-
717 372.
- 718 Eyuaalem-Abebe, J. Mees, and A. Coomans. 2001. Nematode communities of Lake Tana
719 and other inland water bodies of Ethiopia. *Hydrobiologia*. 462: 41-73.
- 720 Eyuaalem-Abebe; W. Traunspurger, and I. Andrásy. 2006. *Freshwater Nematodes:*
721 *Ecology and Taxonomy*. CABI.
- 722 Freire, P., R. Taborda, and A. M. J. Silva. 2007. Sedimentary Characterization of Tagus
723 Estuarine Beaches (Portugal): A contribution to the sediment budget assessment.
724 *J. Soils Sediments*. 7: 296-302, doi:10.1065/jss2007.08.243
- 725 Folk, R. L. and W. C. Ward. 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of 475
726 grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27: 3-26.
- 727 Gheskiere, T., E. Hoste, J. Vanaverbeke, M. Vincx, and S. Degraer. 2004. Horizontal
728 zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a
729 macrotidal, ultra-dissipative sandy beach (De Panne, Belgium). *J. Sea Res.* 52:
730 211-226, 10.1016/j.seares.2004.02.001
- 731 Gheskiere, T., M. Vincx, J. M. Weslawski, F. Scapini, and S. Degraer. 2005. Meiofauna
732 as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. *Mar. Environ. Res.*
733 60: 245-265, doi:10.1016/j.marenvres.2004.10.006
- 734 Gheskiere, T., M. Vincx, P. Greet, and D. Steven. 2006. Are strandline meiofaunal
735 assemblages affected by a once-only mechanical beach cleaning? Experimental
736 findings. *Mar. Environ. Res.* 61: 245-264, doi:10.1016/j.marenvres.2005.10.003
- 737 Giere, O. 2009. *Meiobenthology: The microscopic fauna in aquatic sediments*. 2nd ed.
738 Springer-Verlag.

- 739 Gomes, T. P. and J. S. Rosa-Filho. 2009. Composição e Variabilidade Espaço-Temporal
740 da Meiofauna de uma Praia Arenosa na Região Amazônica (Ajuruteua, Pará).
741 Iheringia, Sér. Zool. 99: 210-216, doi:10.1590/S0073-47212009000200015
- 742 Gourbault N., R. M. Warwick, and M. N. Helléouet. 1998. Spatial and temporal
743 variability in the composition and structure of meiobenthic associations
744 (especially nematodes) in tropical beaches (Guadeloupe, FWI). Cah. Biol. Mar.
745 39: 29-39.
- 746 Guerra, G. A. 2007. Os efeitos da ocupação urbana no extrativismo vegetal da Ilha de
747 Cotijuba. Editora Unama.
- 748 Heininger, P., S. Höss, E. Claus, J. Pelzer, and W. Traunspurger. 2007. Nematode
749 communities in contaminated river sediments. Environ. Pollut. 146: 64-76,
750 doi:10.1016/j.envpol.2006.06.023
- 751 Heip, C., M. Vincx, and G. Vranken. 1985. The Ecology of Marine Nematodes.
752 Oceanogr. Mar. Biol. an Annual Review. 23: 399-489.
- 753 Hourston, M., I. C. Potter, R. M. Warwick, F. J. Valesini, and K. R. Clarke. 2009.
754 Spatial and seasonal variations in the ecological characteristics of the free-living
755 nematode assemblages in a large microtidal estuary. Estuarine, Coastal Shelf Sci.
756 82: 309-322, doi:10.1016/j.ecss.2009.01.018
- 757 Hourston, M., I. C. Potter, R. M. Warwick, and F. J. Valesini. 2011. The characteristics
758 of the nematode faunas in subtidal sediments of a large microtidal estuary and
759 nearshore coastal waters differ markedly. Estuarine, Coastal Shelf Sci. 94: 68-76,
760 doi:10.1016/j.ecss.2011.05.022
- 761 Ingole, B. S. and A. H. Parulekar. 1998. Role of salinity in structuring the intertidal
762 meiofauna of a tropical estuarine beach: Field evidence. Indian J. Mar. Sci. 27:
763 356-361.

- 764 Ingolfsson, A. 1995. Floating clumps of seaweed around iceland: natural microcosms
765 and a means of dispersal for shore fauna. *Mar. Biol.* 122: 13-21.
- 766 Jackson, N. L., K. F. Nordstrom, and D. R. Smith. 2002. Geomorphic – Biotic
767 Interactions on Beach Foreshores in Estuaries. *J. Coastal Res.* 36: 414-424,
768 doi:10.2112/1551-5036-36.sp1.414
- 769 Jiang, A. W., R. Ranasinghe, and P. Cowell. 2011. Hydrodynamic variability along a
770 low-energy estuarine beach located in an open estuary. *Aust. J. Civil Engine.* 9,
771 113-128, doi:10.1080/14488353.2011.11463963
- 772 Li, J., M. Vincx, P. M. J. Herman, and C. Heip. 1997. Monitoring Meiobenthos Using
773 cm-, m- and km-Scales in the Southern Bight of the North Sea. *Mar. Environ.*
774 *Res.* 43: 265-278, doi:10.1016/S0141-1136(96)00089-X
- 775 McLachlan, A. 1977. Composition, distribution, abundance and biomass of the
776 macrofauna and meiofauna of four sandy beaches. *Zool. Afr.* 12: 279-306.
- 777 Maria, T. F., J. Vanaverbeke, A. M. Esteves, M. De Troch, and A. Vanreusel. 2012. The
778 importance of biological interactions for the vertical distribution of nematodes in
779 a temperate ultra-dissipative sandy beach. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.* 97: 114-
780 126, doi: 10.1016/j.ecss.2011.11.030
- 781 Mascarenhas, B. M., D. G. Guimarães, M. S. Brígida, C. S. Pinto, H. A. Gomes-Neto,
782 and J. D. B. Pereira. 2009. Estudo de anofelinos antropofílicos peridomiciliares da
783 Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém,
784 Pará. *Acta Amazonica.* 39: 453-458, doi:10.1590/S0044-59672009000200026
- 785 Mendes, A. C. 1994. Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos
786 na Costa do Amapá. Msc. Thesis. Federal University of Pará.
- 787 McIntyre, A. D. 1968. The meiofauna and macrofauna of some tropical beaches. *J.*
788 *Zool.* 156: 377-392.

- 789 Moens, T. and others. 2013. Ecology of free-living marine nematodes, p. 109-152. In
790 Schmidt-Rhaesa, A. [ed.], Handbook of Zoology: Gastrotricha, Cycloneuralia and
791 Gnathifera. De Gruyter.
- 792 Moens, T. and M. Vincx. 1997. Observations on the feeding ecology of estuarine
793 nematodes. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 77: 211-227, doi:10.1017/S0025315400033889
- 794 Montagna, P. A. and R. D. Kalke. 1992. The effect of freshwater inflow on meiofaunal
795 and macrofaunal populations in the Guadalupe and Nueces estuaries, Texas.
796 *Estuaries*. 15: 307-326.
- 797 Moraes, B. C., J. M. N. Costa, A.C. L. Costa, and M. H. Costa. 2005. Variação espacial
798 e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazônica*. 35: 207-214.
- 799 Mundo-Ocampo, M. and others. 2007. Biodiversity of littoral nematodes from two sites
800 in the Gulf of California. *Hydrobiologia*. 586: 179-189, doi: 10.1007/s10750-006-
801 0624-z
- 802 Nicholas, W. L. and M. Hodda. 1999. The free-living nematodes of a temperate. High
803 energy. Sandy beach faunal composition and variation over space and time.
804 *Hydrobiologia*. 394: 113-127.
- 805 Nittrouer, C. A. and D. J. DeMaster. 1996. The Amazon shelf setting: tropical,
806 energetic, and influenced by a large river. *Cont. Shelf Res.* 16: 553-573.
- 807 Nordstrom, K. F. 1977. The Use of Grain Size Statistics to Distinguish Between High-
808 and-Moderate-Energy Beach Environments. *J. Sediment. Petrol.* 47: 1287-1294.
- 809 Nordstrom, K. F. 1992. *Estuarine Beaches*, Elsevier Applied Science. Ólafsson E.
810 1991. Intertidal meiofauna of four sandy beaches in Iceland. *Ophelia*. 33: 55-65.
- 811 Ólafsson, E., Ingólfsson, A. and M. B. Steinarsdottir. 2001. Harpacticoid copepod
812 communities of floating seaweed: controlling factors and implications for
813 dispersal. *Hydrobiologia* 453/454: 189-200, doi:10.1023/A:1013196724039

- 814 189-200.
- 815 Patrício, J., H. Adão, J. M. Neto, A. S. Alves, W. Traunspurger, and J. C. Marques.
816 2012. Do nematode and macrofauna assemblages provide similar ecological
817 assessment information? *Ecological Indicators*. 14: 124-137,
818 doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.027
- 819 Pattnaik, A. and M. V. L. Rao. 1990. Composition and distribution of interstitial
820 meiofauna of the sandy beach at Golpapur South Orissa Coast. *Indian J. Mar. Sci.*
821 19: 165-170.
- 822 Prestes, Y. O. 2016. Interações físicas entre o estuário do Rio Pará e a Plataforma
823 Continental no Norte do Brasil. Msc. Thesis. Federal University of Pernambuco.
- 824 Prestes, Y. O., A. C. Silva, M. Rollnic, and R. P. Rosário. 2017. The M₂ and M₄ tides in
825 the Pará River Estuary. *Trop. Oceanogr.* 45: 26-37, doi:
826 10.5914/tropocean.v45i1.15198
- 827 Purschke, G. 2002. On the ground pattern of Annelida. *Organ. Divers. Evolut.* 2: 181-
828 196, doi:10.1078/1439-6092-00042
- 829 Rosário, R. P., T. A. C. Borba, A. S. Santos, and M. Rollnic. 2016. Variability of
830 Salinity in Pará River Estuary: 2D Analysis with Flexible Mesh Model. *J. Coastal*
831 *Res.* 75: 128-132, doi:10.2112/SI75-026.1
- 832 Rosa-Filho, J. S.; T. P. Gomes, M. F. Almeida, and R. F. Silva. 2011. Benthic fauna of
833 macrotidal Sandy beaches along a small-scale morphodynamic gradient on the
834 Amazon coast (Algadoal Island, Brazil). *J. Coastal Res.* 64, 435-439.
- 835 Rosa-Filho, J. S. and D. Aviz. 2013. Macrobenthic communities of an Amazonian
836 estuary (Guajará Bay, Brazil): temporal and spatial changes. *J. Coastal Res.* 65:
837 123-128, doi:10.2112/SI65-022.1

- 838 Rzeznik-Orignaca, J., Fichet, D. and Boucher, G. 2003. Spatio-temporal structure of the
839 nematode assemblages of the Brouage mudflat (Marennes Oléron, France).
840 Estuarine, Coastal Shelf Sci. 58: 77-88, doi:10.1016/S0272-7714(03)00061-1
- 841 Santos, T.M.T. and V. Venekey. 2017. Meiofauna and free-living nematodes in
842 volcanic sands of a remote South Atlantic, oceanic island (Trindade, Brazil). J.
843 Mar. Biol. Assoc. U. K. 98: 1-16, doi:10.1017/S0025315417001710
- 844 Silva, I. D. and L. Lobato. 1997. A. Impactos do Ecoturismo na Belém Insular: Análise
845 Comparativa das Ilhas do Combú e Cotijuba. Núcleo de meio Ambiente.
- 846 Smol, N. and Coomans, 2006. Order Enoplida, p. 225-292. In A. Eyuaalem-Abebe, W.
847 Traunspurger, and I. Andrassy [eds.], Freshwater Nematodes: Ecology and
848 Taxonomy, CABI.
- 849 Snelgrove, P. V. R. and C. A. Butman. Animal sediment relationships revisited: cause
850 versus effect. Oceanogr. Mar. Biol. 32: 111-117. 1994.
- 851 Somerfield, P. J.; R. M. Warwick, and T. Moens, 2005. Meiofauna techniques, p. 229-
852 272. In A. Eleftheriou, and A. McIntyre [eds.], Methods for the Study of Marine
853 Benthos. 3rd ed. Blackwell Science Ltd.
- 854 Sousa, R. C., L. C. C. Pereira, R. M. Costa, and J. A. Jimenez. 2017. Management of
855 estuarine beaches on the Amazon coast though the application of recreational
856 carrying capacity indices. Tourism Manage. 59: 216-225,
857 doi:10.1016/j.tourman.2016.07.006
- 858 Souza-Filho, P. W. M. 2005. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia:
859 cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de
860 sensores remotos. Rev. Bras. Geof. 23: 427-435, doi:10.1590/S0102-
861 261X2005000400006

- 862 Souza-Filho, P. W. M., G. C. Lessa, M. C. L. Cohen, F. R. Costa, and R. J. Lara. 2008.
863 The subsiding macrotidal barrier estuarine system of the eastern amazon coast,
864 Northern Brazil, p. 347-375. In S.R. Dillenburg, and P.A. Hesp [eds.], *Geology*
865 *and geomorphology of Holocene coastal barriers of Brazil*. Springer.
- 866 Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Edgard Blucher.
- 867 Traunspurger, W. 1997. Bathymetric, seasonal and vertical distribution of feeding types
868 of nematodes in an oligotrophic lake. *Vie Milieu*. 47: 1-7.
- 869 Urban-Malinga, B., Kotwicki, L., T. L. A. Gheskiere, K. Jankowska, K. Opaliński, and
870 M. Malinga. 2004. Composition and distribution of meiofauna, including
871 nematode genera, in two contrasting Arctic beaches. *Polar Biol*. 27: 447-457,
872 doi:10.1007/s00300-004-0618-0
- 873 Venekey, V., V. G. Fonsêca-Genevois, and P. J. P. Santos. 2014 (a). Effect of
874 Environmental Factors on Intertidal Nematoda in a Tropical Sandy Beach
875 (Tamandaré Bay, Pernambuco, Brazil). *J. Coastal Res*. 30: 785-794,
876 doi:10.2112/JCOASTRES-D-12-00041.1
- 877 Venekey, V., P. J. P. Santos. and V. G. Fonsêca-Genevois, 2014 (b). The influence of
878 tidal and rainfall cycles on intertidal nematodes: a case study in a tropical sandy
879 beach. *Braz. J. Oceanogr*. 62: 247-256, doi:10.1590/s1679-87592014061706204
- 880 Warwick, R. M.; H. M. Platt, and P. J. Somerfield. 1998. Free-living marine nematodes.
881 Part III: Monhysterids. *Synopsis of the British fauna (New series) no. 53*.
882 Shrewsbury Field Studies Council.
- 883 Whitney, M. M. A. 2010. Study on River Discharge and Salinity Variability in the
884 Middle Atlantic Bight and Long Island Sound. *Cont. Shelf Res*. 30: 305-318, doi:
885 10.1016/j.csr.2009.11.011

- 886 Wieser, W. 1953. Die Beziehung zwischen Mundlohlengestalt, Ernährungsweise und
887 Vorkommen beifreilebenden marinen Nematoden. *Arkiv fur Zoologie*. 4: 439-
888 484.
- 889 Wong, K. C. 1995. On the relationship between long-term salinity variations and river
890 discharge in the middle reach of the Delaware estuary. *J. Geophys. Res.* 100:
891 20705-20713.
- 892 Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. De Goede, D.W. Freckman, and S. S. Georgieva.
893 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil
894 ecologists. *J. Nematol.* 25: 315-331.
- 895 Zullini, A. 2010. Identification Manual for Freshwater Nematode Genera. Università di
896 Milano-Bicocca.
- 897
- 898
- 899
- 900
- 901
- 902
- 903
- 904
- 905
- 906
- 907
- 908
- 909
- 910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

Lista de legendas das figuras

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934 Figura 1. Mapa indicando o local de estudo (Praia do Vai-Quem-Quer, indicada com o
935 ponto), Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará, Brasil.

936 Figura 2. Pluviosidade total e salinidade na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses
937 estudados.

938 Figura 3. Densidade média total ($\text{ind.10cm}^{-2} \pm$ erro padrão) e riqueza da meiofauna e
939 Nematoda e densidade média total ($\text{ind.10cm}^{-2} \pm$ erro padrão) de Oligochaeta e
940 Copepoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras diferentes indicam
941 diferença significativa ($p < 0,05$) entre meses.

942 Figura 4. Densidade média total ($\text{ind.10cm}^{-2} \pm$ erro padrão) e riqueza da meiofauna nas
943 estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.

944 Figura 5. nMDS para a comunidade de meiofauna [meses (A) e estações (B)] e
945 associação de Nematoda [meses (C) e estações (D)] na Praia do Vai-Quem-Quer. Em A
946 e C, símbolos vazios: amostras dos meses de baixa pluviosidade; símbolos preenchidos:
947 amostras dos meses de alta pluviosidade.

948 Figura 6. Número total de gêneros de Nematoda de água salobra, água doce/salobra e
949 água doce na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Os números acima das
950 barras indicam o número de gêneros exclusivos.

951 Figura 7. Densidade média total ($\text{ind.10cm}^{-2} \pm$ erro padrão) e riqueza de Nematoda nas
952 estações do médiolitoral nos meses estudados na praia do Vai-Quem-Quer.

953 Figura 8. Densidade média total ($\text{ind.10cm}^{-2} \pm$ erro padrão) dos gêneros mais
954 abundantes de Nematoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras
955 diferentes indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre meses.

956 Figura 9. Abundância relativa (%) dos tipos tróficos de Nematoda nas estações do
957 médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados (1A= comedores de

958 depósito seletivos, 1B= comedores de depósito não seletivos, 2A= raspadores, 2B=
959 predadores/onívoros).

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

Figuras

994

995

996

997

998

999

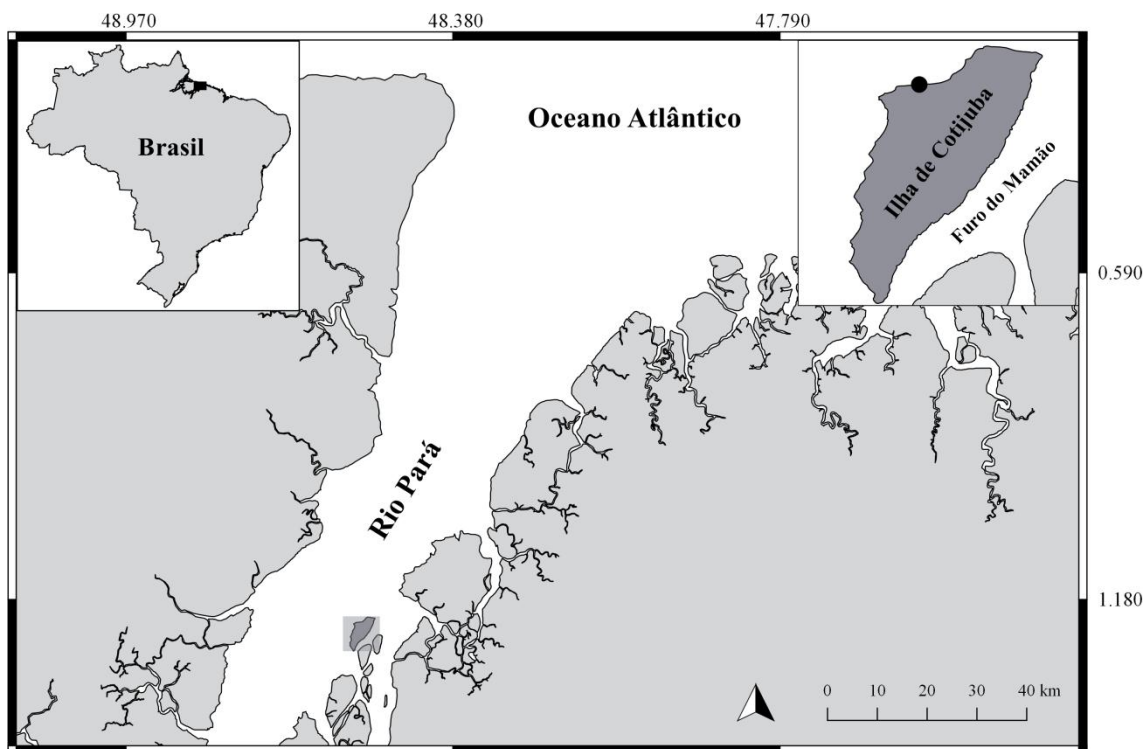
1000

1001

1002

1003

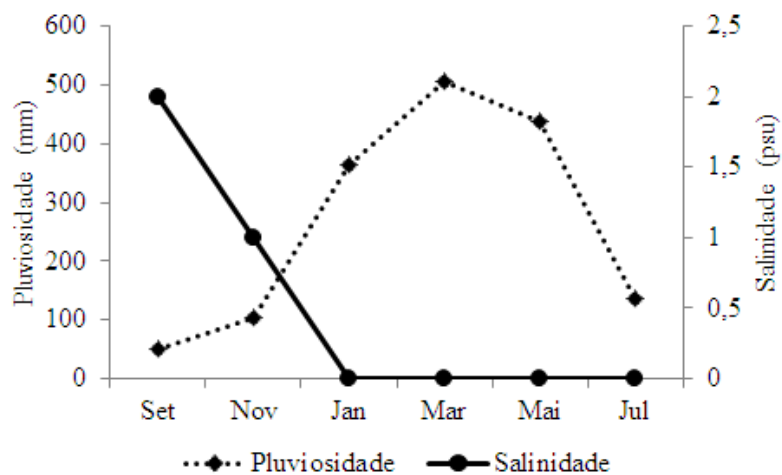
1004



1005

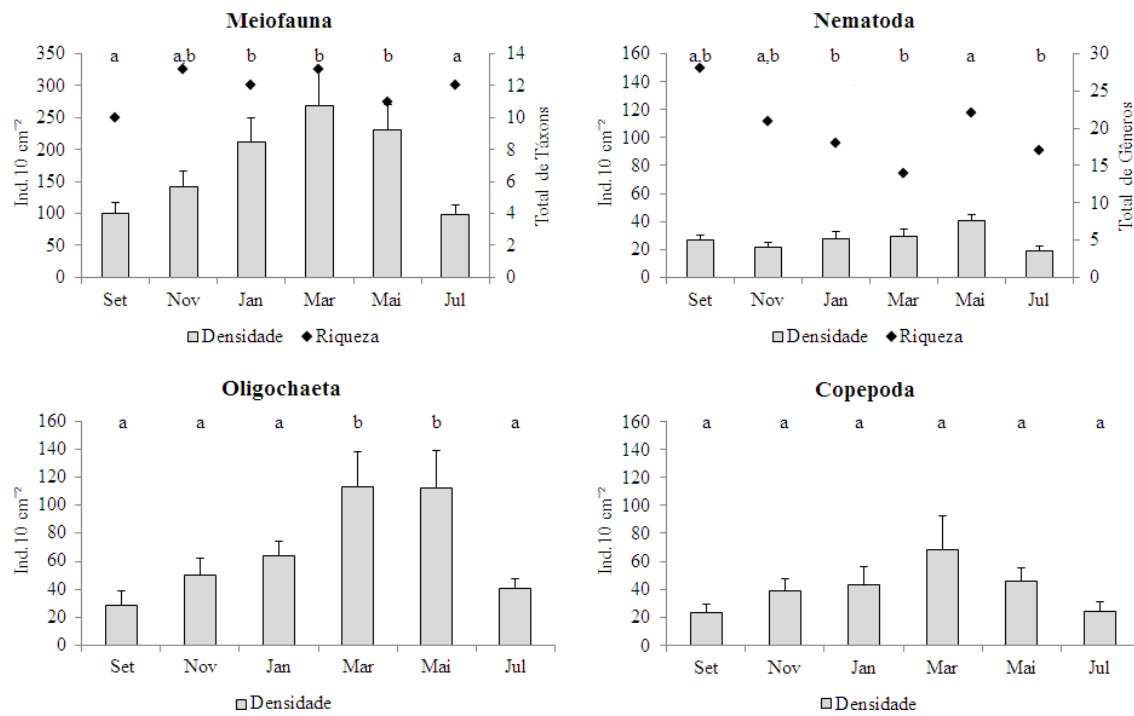
1006 Figura 1. Mapa indicando o local de estudo (Praia do Vai-Quem-Quer, indicada com o
 1007 ponto), Ilha de Cotijuba, estuário do Rio Pará, Brasil.

1008



1009

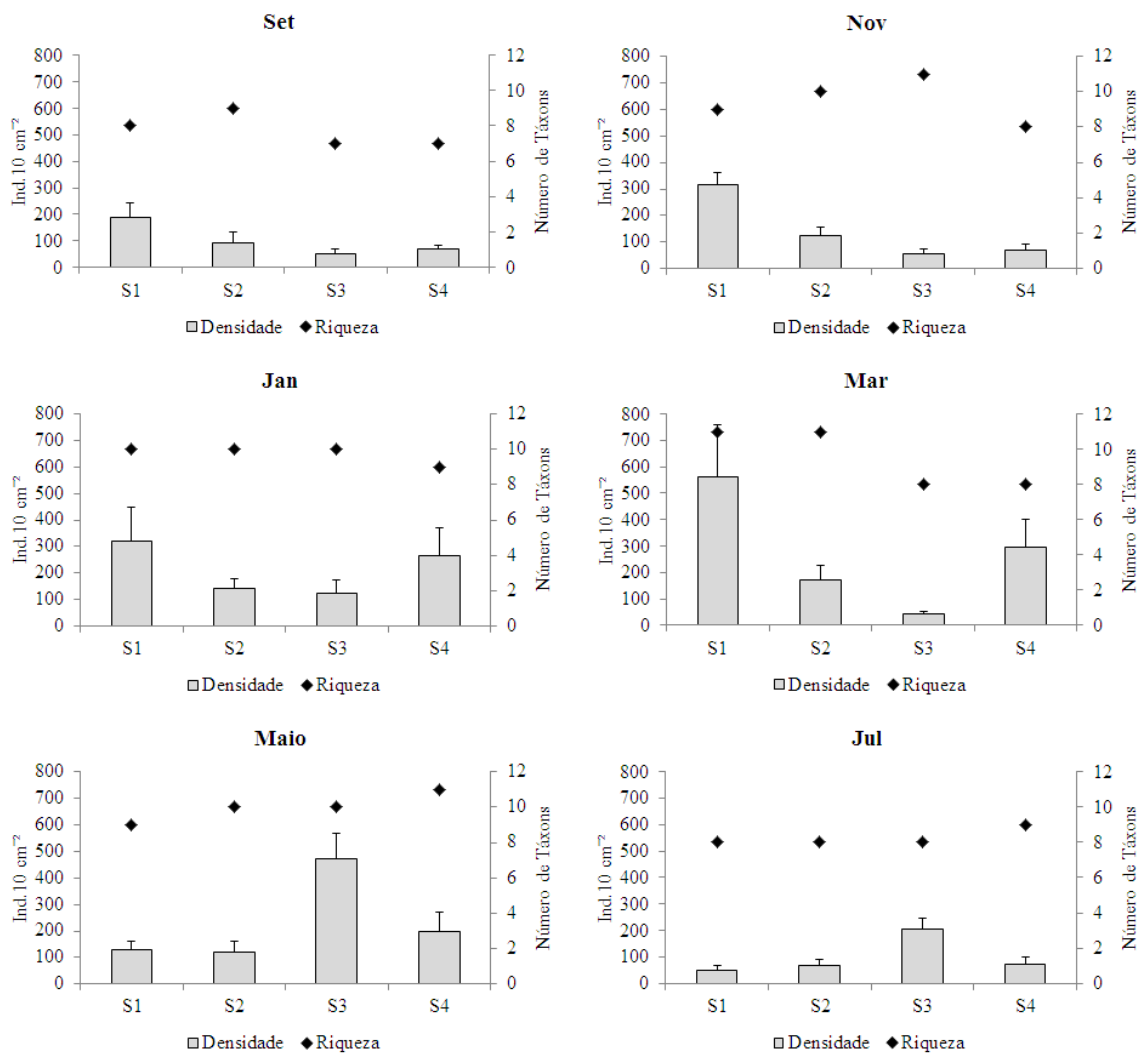
1010 Figura 2. Pluviosidade total e salinidade na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses
 1011 estudados.



1012

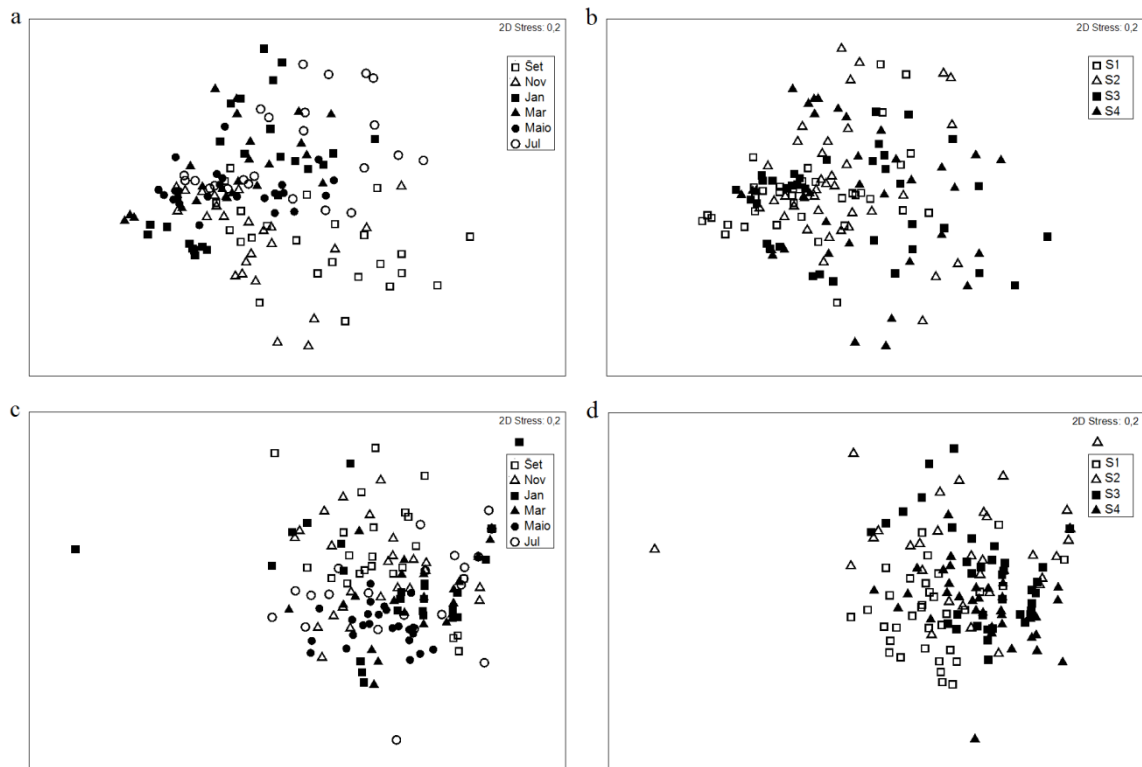
1013 Figura 3. Densidade média total (ind.10cm⁻² ± erro padrão) e riqueza da meiofauna e
 1014 Nematoda e densidade média total (ind.10cm⁻² ± erro padrão) de Oligochaeta e
 1015 Copepoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras diferentes indicam
 1016 diferença significativa (p<0,05) entre meses.

1017



1018

1019 Figura 4. Densidade média total (ind.10cm⁻² ± erro padrão) e riqueza da meiofauna nas
 1020 estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.



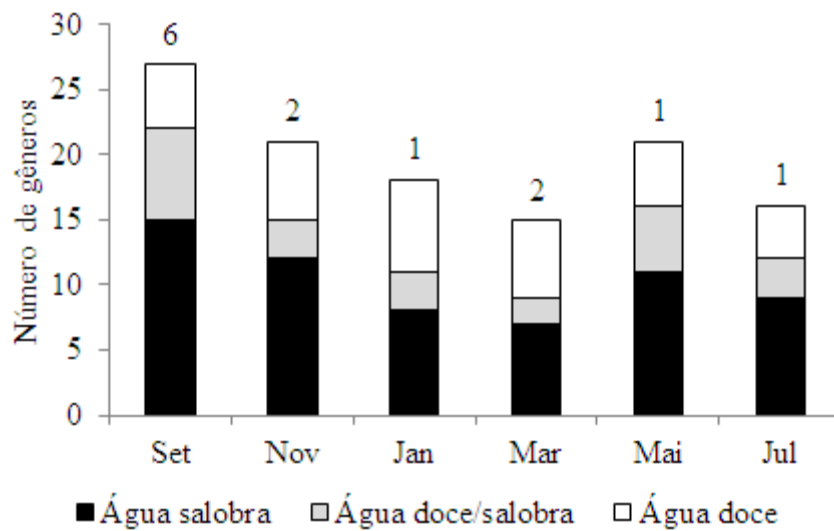
1021

1022 Figura 5. nMDS para a comunidade de meiofauna [meses (A) e estações (B)] e
 1023 associação de Nematoda [meses (C) e estações (D)] na Praia do Vai-Quem-Quer. Em A
 1024 e C símbolos vazios representam amostras dos meses de baixa pluviosidade e símbolos
 1025 preenchidos representam amostras dos meses de alta pluviosidade.

1026

1027

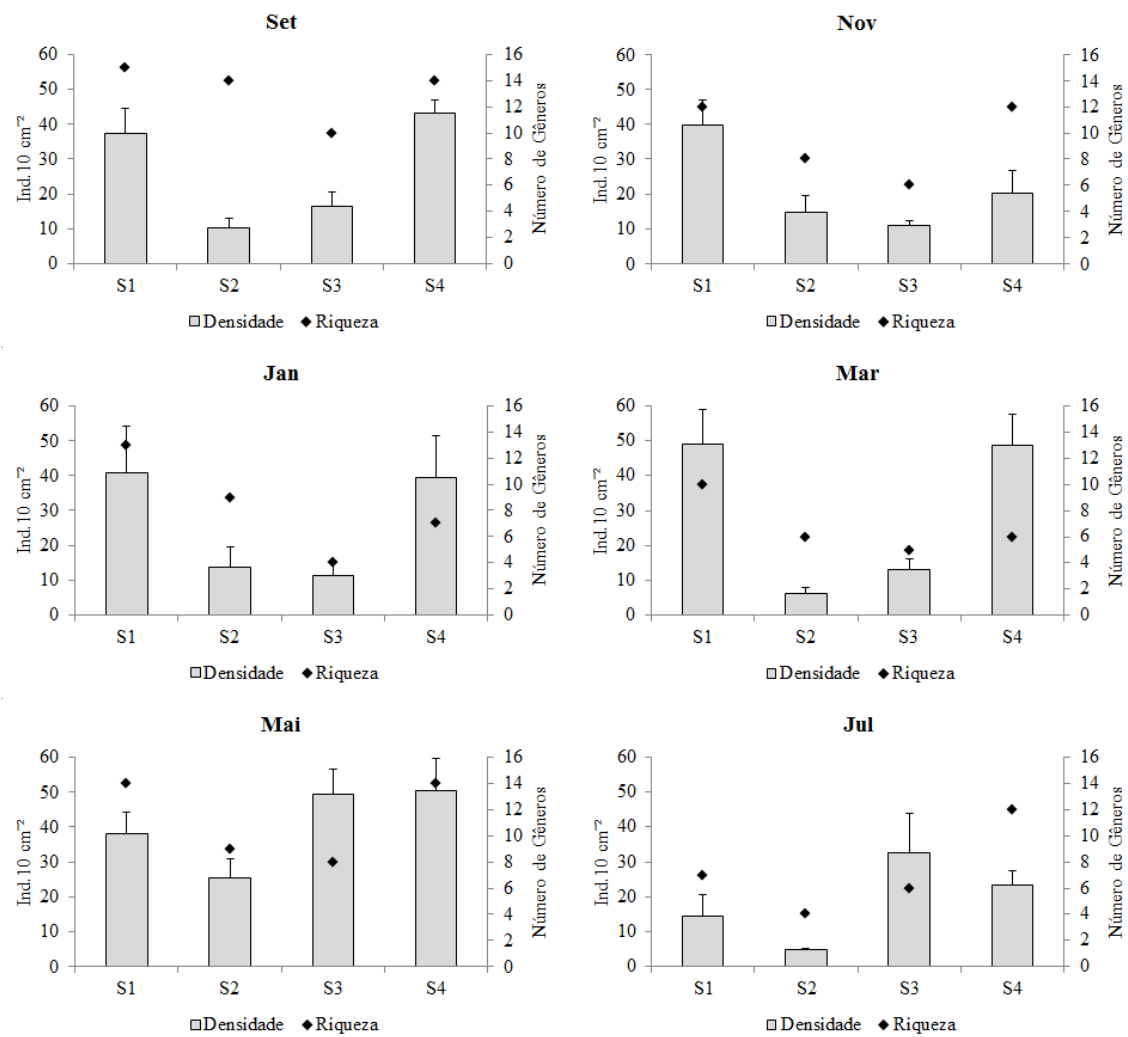
1028



1029

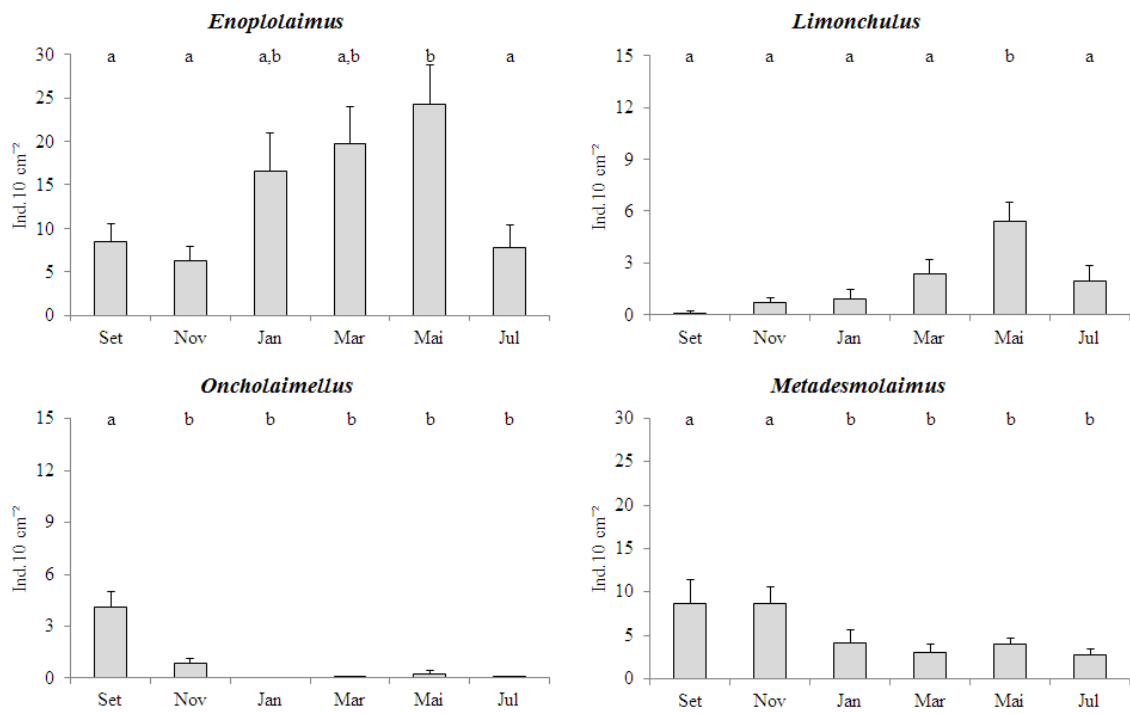
1030 Figura 6. Número total de gêneros de Nematoda de água salobra, água doce/salobra e
1031 água doce na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Os números acima das
1032 barras indicam o número de gêneros exclusivos.

1033



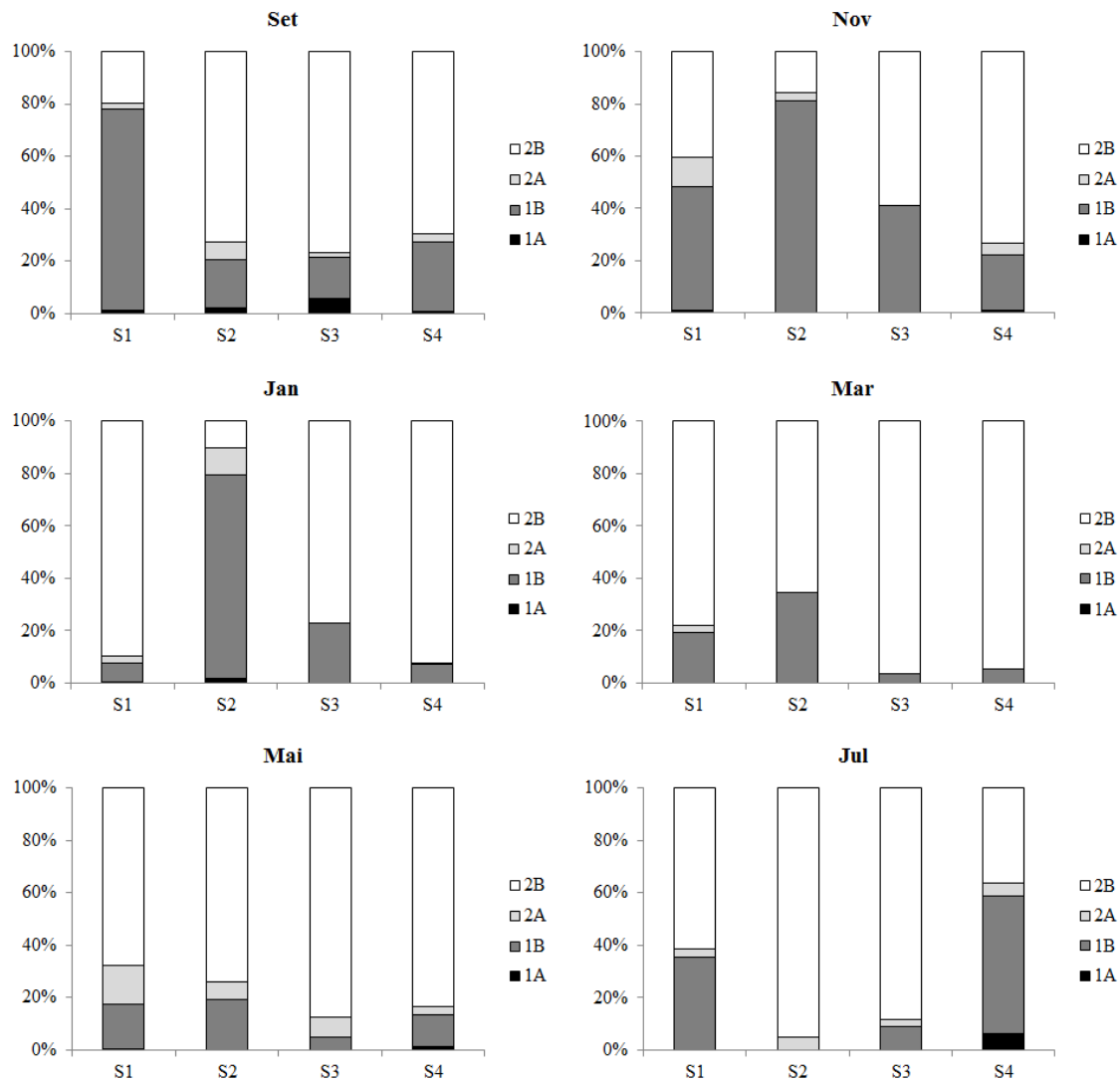
1034

1035 Figura 7. Densidade média total (ind.10cm⁻² ± erro padrão) e riqueza de Nematoda nas
 1036 estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados.



1037

1038 Figura 8. Densidade média total (ind.10cm⁻² ± erro padrão) dos gêneros mais
 1039 abundantes de Nematoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados. Letras
 1040 diferentes indicam diferença significativa (p<0,05) entre meses.



1041

1042 Figura 9. Abundância relativa (%) dos tipos tróficos de Nematoda nas estações do
 1043 médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados (1A= comedores de
 1044 depósito seletivos, 1B= comedores de depósito não seletivos, 2A= raspadores, 2B=
 1045 predadores/onívoros).

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

Tabelas

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074 Tabela 1. Fatores ambientais nas estações do médiolitoral e meses estudados na Praia do Vai-Quem-Quer.

		Salinidade	Pluviosidade (mm)	Temperatura (°C)	Tamanho médio do grão (Φ)	Grau de seleção	% cascalho	% areia	% finos	Granulometria	Classificação do grau de seleção
Mês	Estação										
Set	S1	2	51,9	34,0	1,13	0,78	1,39	98,6	0,00	Areia média	Moderadamente selecionado
	S2	2	51,9	33,7	1,25	0,66	0,07	99,92	0,00	Areia média	Moderadamente selecionado
	S3	2	51,9	32,9	1,04	0,78	0,33	99,66	0,01	Areia média	Moderadamente selecionado
	S4	2	51,9	31,4	1,84	0,80	0,58	99,35	0,06	Areia média	Moderadamente selecionado
Nov	S1	1	103,3	30,8	1,39	0,59	0,47	99,50	0,02	Areia média	Moderadamente selecionado

	S2	1	103,3	30,6	1,29	0,63	0,37	99,60	0,02	Areia média	Moderadamente selecionado
	S3	1	103,3	30,4	1,23	0,67	0,51	99,43	0,06	Areia média	Moderadamente selecionado
	S4	1	103,3	30,0	1,22	0,77	0,93	99,02	0,05	Areia média	Moderadamente selecionado
Jan	S1	0	362,8	30,6	1,43	0,59	0,00	99,98	0,02	Areia média	Moderadamente selecionado
	S2	0	362,8	30,1	1,19	0,91	0,79	99,17	0,04	Areia média	Moderadamente selecionado
	S3	0	362,8	29,4	0,94	0,93	1,86	98,13	0,00	Areia grossa	Moderadamente selecionado
	S4	0	362,8	29,6	0,93	1,21	10,38	89,6	0,02	Areia grossa	Pobrememente selecionado
	S1	0	506,7	30,6	1,53	0,53	0,00	99,93	0,07	Areia média	Moderadamente

Mar											selecionado
	S2	0	506,7	30,6	1,42	0,62	0,18	99,70	0,11	Areia média	Moderadamente selecionado
	S3	0	506,7	30,4	1,20	0,73	0,50	99,48	0,02	Areia média	Moderadamente selecionado
	S4	0	506,7	30,4	1,27	1,01	1,67	98,29	0,04	Areia média	Pobrememente selecionado
	S1	0	438,2	30,6	1,34	0,98	0,93	99,05	0,02	Areia média	Moderadamente selecionado
Mai											
	S2	0	438,2	30,9	0,92	1,10	3,87	96,11	0,01	Areia grossa	Pobrememente selecionado
	S3	0	438,2	30,0	0,76	1,28	13,53	86,45	0,02	Areia grossa	Pobrememente selecionado
	S4	0	438,2	30,3	0,95	1,52	15,56	84,30	0,14	Areia grossa	Pobrememente selecionado

Jul	S1	0	135,5	33,5	1,43	0,74	0,07	99,92	0,00	Areia média	Moderadamente selecionado
	S2	0	135,5	32,1	0,37	0,92	7,11	92,81	0,08	Areia grossa	Moderadamente selecionado
	S3	0	135,5	31,7	0,88	1,11	6,45	93,52	0,02	Areia grossa	Pobrememente selecionado
	S4	0	135,5	31,6	1,99	1,36	5,61	94,13	0,26	Areia média	Pobrememente selecionado

1075 Tabela 2. Resultados da ANOVA fatorial avaliando a significância das diferenças na
 1076 densidade e riqueza da comunidade de meiofauna e associação de Nematoda na Praia do
 1077 Vai-Quem-Quer. Asterisco representa diferença significativa ($p < 0,05$).

Fatores	df	Densidade		Riqueza	
		F	p	F	p
Meiofauna					
Meses (M)	5	7,35	<0,001*	8,05	<0,001*
Estações (S)	3	7,33	<0,001*	3,92	0,001*
M x S	15	3,34	<0,001*	1,64	0,072
Nematoda					
Meses (M)	5	5,87	<0,001*	6,80	<0,001*
Estações (S)	3	26,12	<0,001*	20,71	<0,001*
M x S	15	2,89	<0,001*	2,77	0,001*

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089 Tabela 3. Correlação de Spearman dos grupos meiofaunais e gêneros de Nematoda com
 1090 salinidade e pluviosidade. Asterisco indica valores de correlação significativa.

Táxon	Fator	r_s
Meiofauna	Salinidade	-0,43
	Pluviosidade	0,82*
Nematoda	Salinidade	-0,37
	Pluviosidade	0,71
Oligochaeta	Salinidade	-0,67
	Pluviosidade	0,94*
Copepoda	Salinidade	-0,67
	Pluviosidade	0,94*
<i>Enoplolaimus</i>	Salinidade	-0,54
	Pluviosidade	0,77
<i>Limonchulus</i>	Salinidade	-0,84*
	Pluviosidade	0,88*
<i>Oncholaimellus</i>	Salinidade	0,85*
	Pluviosidade	-0,63
<i>Metadesmolaimus</i>	Salinidade	0,84*
	Pluviosidade	-0,65

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097 Tabela 4. Resultados da PERMANOVA na comparação da estrutura multivariada da comunidade de meiofauna e associação de Nematoda entre
 1098 meses e estações do médiolitoral na Praia do Vai-Quem-Quer.

Fatores	Meiofauna				Nematoda			
	df	MS	Pseudo-F	p(perm)	df	MS	Pseudo-F	p(perm)
Meses (M)	5	6185,3	10,877	0,001*	5	8877,4	6,1212	0,001*
Estações (S)	3	3516,9	6,1846	0,001*	3	14808	10,21	0,001*
M x S	15	1981,7	3,4849	0,001*	15	4181,3	2,8831	0,001*
Grupos comparados	T	p(perm)			T	p(perm)		
Set x Nov	3,7504	0,001*			1,853	0,005*		
Set x Jan	3,5909	0,001*			2,1257	0,001*		
Set x Mar	5,1535	0,001*			3,2246	0,001*		
Set x Mai	4,2113	0,001*			3,7281	0,001*		
Set x Jul	3,6343	0,001*			2,5158	0,001*		
Nov x Jan	2,3938	0,001*			1,6065	0,025*		

Nov x Mar	3,8673	0,001*	3,0498	0,001*
Nov x Mai	3,4519	0,001*	3,313	0,001*
Nov x Jul	3,8133	0,001*	2,4267	0,001*
Jan x Mar	2,2355	0,003*	1,6628	0,029*
Jan x Mai	2,1811	0,002*	2,3704	0,001*
Jan x Jul	2,1845	0,004*	1,6973	0,017*
Mar x Mai	2,2036	0,003*	2,679	0,001*
Mar x Jul	2,7404	0,001*	1,7864	0,008*
Mai x Jul	2,9787	0,002*	2,9638	0,001*
S1 x S2	2,5429	0,002*	3,2395	0,001*
S1 x S3	2,4647	0,001*	3,5562	0,001*
S1 x S4	3,0417	0,001*	4,288	0,001*
S2 x S3	1,6555	0,023*	2,0186	0,003*
S2 x S4	3,0081	0,001*	3,459	0,001*
S3 x S4	1,8218	0,009*	2,2021	0,001*

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

Material suplementar

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126 Densidade média total (ind.10cm⁻²) dos grupos meiofaunais na Praia do Vai-Quem-
 1127 Quer nos meses estudados.

Táxon	Set	Nov	Jan	Mar	Mai	Jul
Acari	5,84	4,19	19,11	10,50	1,95	3,60
Cladocera	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
Collembola	0,00	0,00	0,24	0,06	0,00	0,00
Copepoda	23,24	39,10	43,30	67,90	46,10	24,10
Gastropoda	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
Gastrotricha	0,00	0,06	0,00	0,00	0,41	0,35
Larva de Insecta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12
Nauplius	2,12	9,55	14,74	14,33	7,67	5,31
Nematoda	26,83	21,23	27,54	29,19	40,87	18,87
Oligochaeta	28,13	50,00	63,81	113,12	112,35	40,69
Ostracoda	3,83	6,90	16,75	0,00	0,00	0,06
Polychaeta	0,06	0,00	0,00	0,12	0,00	0,18
Psocoptera	0,00	0,06	0,18	0,35	0,00	0,12
Rotifera	0,00	1,89	1,71	12,4	2,83	2,06
Syncarida	0,35	0,53	3,01	0,94	5,25	0,00
Tardigrada	2,12	0,29	0,65	4,01	1,71	0,00
Turbellaria	0,29	3,60	2,71	3,01	1,53	0,35

1128

1129

1130

1131

- 1132 Ambiente, densidade média total (ind.10cm⁻²) e tipos tróficos dos gêneros de Nematoda na Praia do Vai-Quem-Quer nos meses estudados (1A=
 1133 comedores de depósito seletivos, 1B= comedores de depósito não seletivos, 2A= raspadores, 2B= predadores/onívoros).

Gênero	Ambiente	Set	Nov	Jan	Mar	Mai	Jul	Grupo trófico
<i>Axonolaimus</i>	Salobra	1,83	0,47	0,35	0,06	0,12	1,12	1B
<i>Calytronema</i>	Salobra	0,00	0,06	0,00	0,00	0,35	0,12	2B
<i>Chromadorita</i>	Salobra	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	2A
<i>Dasynemoides</i>	Salobra	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1A
<i>Enoplolaimus</i>	Salobra	8,49	6,13	16,63	19,76	24,24	7,78	2B
<i>Eurystomina</i>	Salobra	0,18	0,00	0,00	0,12	0,06	0,18	2B
<i>Gammanema</i>	Salobra	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2A
<i>Marylynnia</i>	Salobra	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	2A
<i>Mesacanthoides</i>	Salobra	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	2B
<i>Metadesmolaimus</i>	Salobra	8,73	8,67	4,13	3,00	3,95	2,71	1B

<i>Microlaimus</i>	Salobra	0,00	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	2A
<i>Odontophora</i>	Salobra	0,35	0,06	0,06	0,06	0,18	0,00	2B
<i>Oncholaimellus</i>	Salobra	4,07	0,83	0,00	0,06	0,24	0,06	2B
<i>Prorhynchonema</i>	Salobra	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1B
<i>Ptycholaimellus</i>	Salobra	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2B
<i>Rhabdocoma</i>	Salobra	0,12	0,12	0,00	0,00	0,12	0,24	1A
<i>Sabatieria</i>	Salobra	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1B
<i>Spirinia</i>	Salobra	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06	2A
<i>Trichotheristus</i>	Salobra	0,00	0,06	0,12	0,00	0,00	0,00	1A
<i>Trochamus</i>	Salobra	0,29	0,12	0,18	0,00	0,59	0,00	2A
<i>Zygonemella</i>	Salobra	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1B
<i>Anonchus</i>	Água doce/ Salobra	0,18	0,18	0,00	0,00	0,12	0,18	2A
<i>Aphanonchus</i>	Água doce/Salobra	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1A
<i>Daptonema</i>	Água doce/ Salobra	0,12	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	1B
<i>Mesodorylaimus</i>	Água doce/ Salobra	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2A

<i>Oncholaimus</i>	Água doce/ Salobra	0,06	0,18	0,06	0,00	0,06	0,00	2B
<i>Oxystomina</i>	Água doce/ Salobra	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	1A
<i>Theristus</i>	Água doce/ Salobra	0,18	0,59	0,18	0,59	0,24	0,88	1B
Tobrilidae	Água doce/ Salobra	0,47	0,24	0,29	0,47	1,36	2,30	2B
<i>Allodorylaimus</i>	Água doce	0,18	0,00	1,59	0,24	0,29	0,35	2B
<i>Cephalobus</i>	Água doce	0,06	0,06	0,12	0,00	0,00	0,35	1B
<i>Cobbonchulus</i>	Água doce	0,00	1,00	0,24	0,24	0,00	0,00	2B
<i>Crocodylaimus</i>	Água doce	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	2B
<i>Dorylaimus</i>	Água doce	0,29	0,47	2,06	1,77	0,29	0,00	2B
<i>Euteratocephalus</i>	Água doce	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	1B
<i>Limonchulus</i>	Água doce	0,12	0,70	0,94	2,36	5,43	1,95	2B
<i>Nygolaimellus</i>	Água doce	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	2B
<i>Prismatolaimus</i>	Água doce	0,12	1,06	0,41	0,35	2,36	0,41	2A
<i>Protodorylaimus</i>	Água doce	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	2A

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo deu um passo inicial para o entendimento da distribuição e estruturação da fauna intersticial ao longo do tempo em praias estuarinas tropicais sob o domínio de água doce. Apesar de alguns dos padrões encontrados confirmarem aqueles observados em praias oceânicas, alguns dos padrões estão diretamente relacionados ao fato da praia ser dominada por água doce.

A variação de densidade da comunidade meiofaunal ao longo dos meses apresentou relação direta com o aumento de pluviosidade e diminuição de salinidade. Particularmente *Oligochaeta* apresentou maior densidade nos meses de maior pluviosidade e menor salinidade. Este comportamento provavelmente se deve a maior relação deste grupo com o ambiente de água doce/terrestre.

Com relação à distribuição da meiofauna no médiolitoral, a região mais próxima da linha de maré alta apresentou as maiores densidades dentre todas as outras estações em quatro dos seis meses analisados. Essa maior densidade nesta região da praia provavelmente se deve em decorrência da presença de detritos orgânicos deixados pelas ondas na linha de deixa, o que pode ter beneficiado a meiofauna.

Cinco gêneros de Nematoda marinhos/água salobra estiveram presentes somente em setembro, mês de menor pluviosidade e maior salinidade. Além disso, a riqueza total de Nematoda assim como a riqueza de gêneros de água salobra foi maior em setembro e seguiu diminuindo até março, mês de maior pluviosidade. Este resultado sugere que a riqueza de Nematoda diminui não apenas com a diminuição da salinidade ao longo dos estuários, mas também em locais específicos destes ambientes que sofrem mudanças sazonais na salinidade.

O gênero *Limonchulus* apresentou correlação positiva significativa com pluviosidade e uma correlação negativa significativa com salinidade. Já *Metadesmolaimus* apresentou um padrão inverso. *Limonchulus* é típico de água doce e seu aumento a partir de janeiro provavelmente ocorreu pela ausência de salinidade nestes meses. Por outro lado, *Metadesmolaimus* é um

gênero marinho, portanto suas menores densidades a partir de janeiro provavelmente ocorreu em resposta à ausência da salinidade nestes meses.

Enoplolaimus, gênero predador inclusive de Oligochaeta, apresentou as maiores densidades nos meses de maior pluviosidade. Deste modo, o aumento da população de *Enoplolaimus* provavelmente ocorreu como resposta à maior oferta de alimento (ex: Oligochaeta) nos meses de maior pluviosidade. Isto sugere que mudanças sazonais na salinidade em praias estuarinas podem influenciar a densidade da fauna não somente de forma direta, mas também de forma indireta através da interação entre diferentes grupos meiofaunais.

Com relação à distribuição horizontal da nematofauna, as maiores densidades ocorreram nas estações extremas do médiolitoral, S1 e S4 em quatro dos seis meses. Na região da estação mais próxima da linha de maré alta constantemente ocorria o acúmulo de detritos. Essa área de acumulação de detritos fornece um hábitat único com a colonização de invertebrados tanto do ambiente marinho quanto do ambiente terrestre. A menor densidade de Nematoda nas estações centrais provavelmente se deve à maior dessecação que ocorre nestas regiões devido à maior exposição quando comparado à estação mais próxima da linha de maré baixa.

O presente estudo mostrou que a comunidade de meiofauna, e a associação de Nematoda apresentaram maiores densidades nos meses de maior pluviosidade e menor salinidade. Já a riqueza de Nematoda foi maior no mês de menor pluviosidade e maior salinidade (setembro). Com base nesses resultados, a primeira hipótese foi parcialmente aceita. Quanto à distribuição no médiolitoral, a meiofauna apresentou maior densidade na estação mais próxima da linha de maré alta e a nematofauna apresentou maiores densidades nas estações extremas do médiolitoral. Baseados nesses resultados a segunda hipótese não foi aceita.

A meiofauna foi fortemente influenciada pela mudança sazonal da chuva e da salinidade tanto ao nível de grandes grupos quanto ao nível mais específico (gêneros) de Nematoda. No entanto, para se ter uma melhor compreensão da distribuição e estruturação da comunidade de meiofauna e associação de Nematoda em praias localizadas em regiões internas dos

sistemas estuarinos, os futuros estudos devem levar em consideração outros fatores ambientais tais como matéria orgânica, altura de ondas e perfil de praia.

ANEXO 1 - REGRAS GERAIS PARA A FORMATAÇÃO DO ARTIGO
(*Limnology and Oceanography* Author Guidelines)

Limnology and Oceanography – Author Guidelines

Limnology & Oceanography employs a plagiarism detection system. By submitting your manuscript to this journal you accept that your manuscript may be screened for plagiarism against previously published works.

Limnology and Oceanography (*L&O*) publishes research articles, reviews, and comments about all aspects of limnology and oceanography. The journal's unifying theme is the understanding of aquatic systems. Submissions are judged on their originality and intellectual contribution to the fields of limnology and oceanography. Site-specific studies, laboratory experiments, and modeling exercises will be considered only to the extent they contribute to a broader understanding of aquatic sciences.

Papers that focus on methods should be submitted to *L&O's* sister journal *Limnology and Oceanography: Methods*. If you are unsure about appropriateness for *L&O*, please contact the Editor-in-Chief (howarth@cornell.edu) before submission. Questions about submission or review can be directed to the managing editor, Rachel Yehl (lo-edoffice@wiley.com).

Manuscript submission

All manuscripts and related materials should be submitted to *L&O* at <http://mc.manuscriptcentral.com/lo>. If you have not already done so, create an account at the submission site by clicking on the "Create an Account" button. Please study the site's Instructions and Forms using the link at the top of the screen, and then let the system guide you through the submission process. Online help is available to you at all times during the process. If you have any questions, do not hesitate to contact us at lo-edoffice@wiley.com. Please review the author guide for Search Engine Optimization (SEO) as you compose your article.

Requirements

- **Cover Letter:** Each manuscript must be accompanied by a cover letter that briefly describes how the work advances understanding in the field.

This letter should also describe other manuscripts the authors have published or intend to publish on closely related work and the relationship of the current submission to these other manuscripts. Further, the cover letter should indicate the contributions made by each of the authors to the submission.

- **Manuscript and Graphics:** Please submit text, tables, and figures as separate files using the file formats listed below or you may submit your manuscript as a complete PDF file for review purposes. Please make sure figure legends appear below each figure and tables and figures are legible. Upon acceptance, we will ask you to submit files in the formats listed below:
 - **Manuscript:** Microsoft Word, text, or rtf
 - **Tables:** Microsoft Word (preferred), Excel, or tab separated text files
 - **Figure/image files:** TIFF (min 300dpi resolution), EPS (vector graphics), PDF, PPT/PPTX, DOC/DOCX, or AI; the text within in figures/images should have a font size greater than 8 pt to ensure readability.
- **Supplemental Information:** Supplemental information (including data files) to be posted in conjunction with the online version of the article should be submitted with the manuscript. This information will be linked to the manuscript in the online journal, but is not copyedited, typeset, or printed in the hardcopy. Supplemental information is optional.
- **Documentation of Unpublished, Cited Works:** If the submitted manuscript refers to unpublished manuscripts not yet in print, copies of these should be included as part of the submission package for the benefit of the reviewers.
- **Conflict of Interest Reporting and ASLO Journal Policy Statement:** Sources of research funding should be disclosed in the acknowledgements section of the submission. Other potential conflicts of interest must be reported at the time the manuscript is submitted. The full policy statement regarding the conflict of interest for submissions from

the ASLO Board, Publication Committee members, and submission from Editors-in-Chief can be viewed here.

- **Authorship:** The specific contribution for each author should be indicated in the cover letter that accompanies the submission. Every person listed as an author should have:
 - contributed substantially to the study's conception, data acquisition, or analysis;
 - contributed substantially to drafting the manuscript; and
 - approved the final submitted manuscript.

Preprint Policy

Limnology & Oceanography will consider submissions that previously have been made publicly available on a preprint server such as arXiv, bioRxiv, or PeerJ Preprints. Authors should inform the editorial office at submission if their paper has been posted to such a preprint server, and they must affirm that the preprint posting is consistent with the copyright transfer agreement (CTA) required for all papers accepted for publication in Limnology & Oceanography (see below). Further, we ask that upon publication in Limnology & Oceanography, the authors update the preprint version to provide a link to the final, actually published paper. Note that Limnology & Oceanography cannot consider submissions that have been published previously in a scientific journal, including those that use on-line peer review.

Copyright Transfer Agreement

Authors must sign the copyright transfer agreement before their paper can be published. If your paper is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the paper will receive an email prompting them to login into Author Services; where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the license agreement on behalf of all authors on the paper.

For authors signing the copyright transfer agreement:

If the OnlineOpen option is not selected the corresponding author will be presented with the copyright transfer agreement (CTA) to sign. The terms and conditions of the CTA can be previewed in the samples associated with the Copyright FAQs below:

CTA Terms and Conditions
http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp

Please be aware of the following:

- It is the corresponding author's legal responsibility to inform all co-authors of the terms of the CTA and to obtain their written consent to sign on their behalf;
- If your co-authors are employees of the US, UK, or Canadian governments they will need to sign the CTA themselves (designating themselves as government employees). They may also need to sign and submit any additional agreements that their specific government requires of them. This separate CTA will need to be emailed to the production editor (Inoprod@wiley.com)
- If your co-authors are "work-for-hire," instruct them to follow the specific instructions on the CTA for that employment designation. Again, if a separate CTA is required, it will need to be emailed to the production editor (Inoprod@wiley.com)

For authors choosing OnlineOpen:

If the OnlineOpen option is selected the corresponding author will have a choice of the following Creative Commons License Open Access Agreements (OAA):

- Creative Commons Attribution License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial License OAA
- Creative Commons Attribution Non-Commercial -NoDerivs License OAA

To preview the terms and conditions of these open access agreements please visit the Copyright FAQs hosted on Wiley Author Services

http://authorservices.wiley.com/bauthor/faqs_copyright.asp and visit <http://www.wileyopenaccess.com/details/content/12f25db4c87/Copyright--License.html>

If you select the OnlineOpen option and your research is funded by The Wellcome Trust and members of the Research Councils UK (RCUK) you will be given the opportunity to publish your article under a CC-BY license supporting you in complying with Wellcome Trust and Research Councils UK requirements. For more information on this policy and the Journal's compliant self-archiving policy please visit: <http://www.wiley.com/go/funderstatement>.

Manuscript Review

Submitted manuscripts will be initially reviewed by the Editor-in-Chief or his designee to verify that the work falls within the scope of *L&O* and is otherwise appropriate for peer review. Most papers will then be assigned to one of the Associate Editors of the journal who will assign anonymous peer reviewers. During the online submission process, authors have an opportunity to suggest one to three appropriate reviewers; final selection of reviewers, however, is at the discretion of the editor. Suggested reviewers should not have a potential conflict of interest, such as co-authorship within the previous 5 years or employment at the same institution as any of the authors of the submission. Note that reviewers are asked to disclose any potential conflicts of interest.

Language Assistance

The journal is unable to provide extensive editorial assistance regarding English usage and grammar. Authors are urged to seek appropriate editorial assistance before submitting their manuscript for review and to have their submission proofread by a person fluent in English. Wiley Editing Services is one resource for English-language editing. More information can be found at: <http://wileyeditingservices.com/en/>. All services are paid for and arranged by the author, and use of this service does not guarantee acceptance or preference for publication.

Types of Manuscripts

L&O publishes three types of manuscripts: research articles, reviews, and comments.

- **Research articles** generally contain original data, original analyses, or both.
- **Reviews** generally do not contain original data but are novel in their synthesis and resulting insights. Authors of potential Reviews are welcome to contact the Editor-in-Chief for guidance before writing their manuscripts.
- **Comments** discuss prior publications in *L&O* and generally provide alternative interpretations, often involving substantive disagreement with the original publication. The authors of the original *L&O* publication are provided an opportunity to respond to comments in the same issue in which they are published. Comments should be short and concise. Prior consultation with the Editor-in-Chief is encouraged before formal submission of a comment to *L&O*.

General Style Points

Use a 12-point font (Times Roman preferred); double space and left justify everything, including tables, figure legends, and references. Format documents to be US letter size (8.5 × 11 in). Number all pages and number the lines of the text continuously from the first page through the figure legends. Do not number or letter sections of the manuscript.

Titles and subheadings should be brief (55 characters or fewer) and generally should not be complete sentences, but words, phrases, or brief clauses. Only the first word of a title or subheading should be capitalized.

Use an italic font for lower case Greek letters; but use a regular font (i.e., not italic) for upper case Greek letters. Use the same font for the same mathematical symbol regardless of where it appears in the manuscript (text, displayed equations, tables, figures, or figure legends). Do not italicize common Latin terms and abbreviations such as i.e., e.g., *in situ*, *in vivo*, and *et al.*

Cite all figures and tables in the text and number them in the order that they appear in the text.

Cite literature in the text in chronological, then alphabetical, order as shown in this example: “Campbell (1983, 1987b),” “(Smith et al. 1984; Karl and Craven 1988; Korobi 1997, 1998).” In the References section, list citations in alphabetically, then in chronological, order, i.e., Campbell 1983; Campbell 1987b; Karl & Craven 1988; Korobi 1997; Korobi 1998; Smith et al. 1984.

Authors are allowed some leeway in their choice of units, although only metric units should be used and usage should be consistent throughout the manuscript. Whenever non-SI units are used, the conversion to the equivalent SI unit should be given in parentheses upon first use in the text as well as in figure legends. The use of terms such as parts per million (ppm) and parts per billion (ppb) is discouraged, with units such as mg/L or ng/g preferred.

Use exponents to indicate multiplication or division in units, and use (×) for multiplication in equations. To indicate a power of 10, write, e.g., 5×10^{-8} (5E-8 is not acceptable).

Describe any statistical methods in enough detail to enable a knowledgeable reader with access to the original data to verify the reported results. Give degrees of freedom for F -tests as subscripts (e.g., $F_{3,4}$); for other statistics, report degrees of freedom as “df = n ” following the test result (e.g., $t = 53.4$, df = 20). Use italics for symbols representing a statistic: p for probability level, n for the sample size, r for the correlation coefficient, R^2 to denote the coefficient of determination. (note that $r^2 = R^2$ only for a linear regression.)

Use periods after all abbreviations except for metric measures, compass directions, and time (s, min, h, d, yr). Do not abbreviate ‘week’ or ‘month’. Use a 24-hour clock and hh:mm or hh:mm:ss for time of day (i.e., 09:30, 18:24:44).

Use acronyms and abbreviations sparingly. Define each acronym at first mention in the text, and on each table and figure legend, giving the abbreviation or acronym in parentheses. Do not use an acronym for words or phrases if that word or phrase is used fewer than five times in the text, and do not begin sentences with an acronym or abbreviation.

Do not break (hyphenate) words over lines. Do not use footnotes within the text; footnotes can only be used in tables.

Manuscript Assembly

Arrange the manuscript in the following order: Title Page, Abstract, Text, References, Acknowledgments, Figure Legends, Tables, and Figures.

Title Page

The Title Page should contain the following information: Title of article; authors' complete names and institutional affiliations (including city, state/ province, and country); a valid institutional email address for each author listed; complete contact information for the corresponding author (including email); running head (not to exceed 40 characters and spaces); 5 to 12 keywords. Use superscript numbers to marry authors to affiliations.

Abstract

Describe the research, emphasizing results, and conclusions (maximum of 250 words). The abstract contains no citations.

Text

Research articles are generally structured in a conventional format: Introduction, Materials, Results, Discussion, and Conclusions. Authors may combine their Results and Discussion into one section, as appropriate, and need not include the Conclusions section if they deem it redundant with the Abstract. For Comments, the main text should consist of one undivided section, Authors are free to structure the text in Reviews in whatever manner they deem appropriate.

References and Citations

All references cited in the text must appear in the References, and vice versa. An excessive number of citations to support a particular statement is discouraged. *L&O* encourages citations of both recent literature and the literature that originally establishes an argument.

Double check the spelling of author names and years of publication. List the first eight authors; for nine or more authors, list the first author followed by “and others”.

Manuscripts in preparation, submitted, unpublished theses, or other inaccessible sources should be cited in text by giving the author(s) initial(s), last name(s), and ‘pers. comm.’ or ‘unpubl.’ For example, (A. B. Jones unpubl.) Such materials should not appear in the References.

Papers which are accepted for publication but for which exact publication data are not yet available should be formatted according to the above examples but with the phrase “In press” appearing instead of the year of publication. If a cited paper has been published on line, please refer to it by the year of the online publication and include the accompanying doi number; reference to the final publication, with updated year of publication and volume and page numbers in addition to the doi number is always preferable when possible.

For abbreviations of journal names refer to Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) or Biosis.

Make sure that each citation is complete, according to the following examples:

- **Article:** Fenchel, T. 1986. Protozoan filter feeding. *Prog. Protistol.* 1: 65-113.
- **Articles with a Digital Object Identifier (doi):** De Pol-Holz, R., O. Ulloa, L. Dezileau, J. Kaiser, F. Lamy, and D. Hebbeln. 2006. Melting of the patagonian ice sheet and deglacial perturbations of the nitrogen cycle in the eastern South Pacific. *Geophys. Res. Lett.* 33: L04704, doi:10.1029/2005GL02447
- **Book:** Stumm, W., and J. Morgan. 1981. *Aquatic chemistry*, 2nd ed. Wiley.
- **Chapter:** Codispoti, L. A. 1983. Nitrogen in upwelling systems, p. 513-564. In E. J. Carpenter and D. G. Capone [eds.], *Nitrogen in the marine environment*. Academic.

- **Thesis:** Kimmance, S. A. 2001. The interactive effect of temperature and food concentration on plankton grazing and growth rates. Ph.D. thesis. Univ. of Liverpool.
- **Websites:** A website may be referred to only if it is associated with an organization that is committed to maintaining it in perpetuity. Websites are referred to only in the text (provide URL and last accessed date) and are not included in the list of references. Personal or university-based websites are not allowed because such websites are prone to disappear when the scientist who created them moves or loses interest in material.

Acknowledgments

List all sources of funding, received by each author, as well as acknowledgments for assistance that was received during the course of the study.

Figure Legends

List all figure legends on a single page. Give a brief explanation of the figure itself, including each panel and any symbols that may appear in the figures.

Tables

Use Arabic numerals to number each table sequentially in order of their citation in text; table titles should be brief. Start each table on a new page; double-space all information in tables. Format tables so they will fit on a printed page; a 1-column table can be up to 60 characters wide, a 2-column table can be up to 130 characters wide. Tables larger than 130 characters wide should be avoided at all costs. Additional explanatory text, including descriptions of various tests, should be placed as a footnote. Avoid lengthy footnotes.

Figures

Figures must be submitted in TIFF (min 300dpi resolution), EPS (vector graphics), PDF (with fonts embedded), PPT/PPTX, DOC/DOCX, or AI format. Do not embed figures in your text document. Number each figure with Arabic numerals in order of their citation in text. Label multipart figures with

consecutive letters of the alphabet, using a lower case letter (a, b, c, etc.). Place this letter in the upper left corner of the figure, outside the figure itself (not in the figure). To ensure the highest reproduction quality, figures should be submitted according to the following minimum resolutions:

- 1200 dpi (dots per inch) for black and white or color line art (simple bar graphs, charts, etc.)
- 300 dpi for halftones (black and white or color line photographs)
- 600 dpi for combination color or halftones (photographs that also contain line art such as labeling or thin lines)

This specification means that a figure which you wish to be printed at a size, for example, of 2 x 2 inches will be 2,400 dots wide (black and white line art), or 600 dots wide (halftone). Vector-based figures (e.g., figures created in Adobe Illustrator) should be submitted in EPS format. Figure sizes should be no more than 5 inches in width and 6 inches in height.

- **General Appearance:** Halftones (gray scale images) do not reproduce well. Avoid small dotted lines, shading, and stippling. For bar graphs, use black, white, striped, hatched, or colored designs, but only if they are sufficiently wide or separated in order to appear distinct from one another. If no important information will be lost, consider placing fewer numbers on the axes to achieve an uncluttered look. Make lines on maps bold and distinct and eliminate information not pertinent to the subject. Include symbol and acronym definitions in the figure legend, not on the figure itself. Put scale bars on the figures, not in the figure legends. Make figures as simple as possible; avoid gridlines and boxes. Maps generally should include longitude and latitude, an indication of compass direction, and a thin line as a border.
- **Size and Proportion:** When possible, submit figures in the size you wish to have them appear in the journal. Most illustrations, except some maps and very wide graphs, should be 1-column size (3.5 inches) and a resolution of 300 dpi. The font size on the x and y axes should not be larger than that of the title, and the same font (Arial or Times New

Roman is preferred) should be used throughout. Numbers on the x and y axes should be smaller than the descriptive title, which should be 12-point font. Fonts smaller than 12 points are generally not legible when reduced to 1 column size. Use boldface type with care; if illustrations are to be reduced, the letters with open spaces will disappear. Use sentence case (capitalize the first word ONLY) for axis titles, labels, and legends.

- **Shading:** Half-tones (gray scale) and stippling do not reproduce well. Occasionally, graphs are composed with four or more half tones that are barely discernible in the original; invariably the difference is lost entirely in print. Diagonal and horizontal stripes, checks, and solid black or white bars reprint well. If many differences must be presented, a color illustration may be the best alternative.
- **Symbols and Lines:** Avoid very small symbols (no smaller than 2 mm) on line graphs; print all elements of the graph with the same degree of intensity. In addition to the above guidelines, color figures must be submitted in the CMYK colorspace. See Publication Charges for color prices.

Color charges are assessed on printed figures only (color reproduction online is free of charge). The Editorial Office will review figures submitted in color. If color is "informative" and information conveyed through the use of color will not translate into gray scale, the figure will require color publication in print with associated color page charges. If you do not wish to pay for color figures in print, then you MUST also submit the black and white renderings of your figures for peer review. Our reviewers and editors will determine whether or not the b/w versions are acceptable for print publication.

Permissions and Copyright

Authors are responsible for obtaining permission to reprint a previously published table, figure, or extract of more than 250 words and for submitting written permissions with their manuscript. Acknowledgement alone is not sufficient; if in doubt, obtain permission. Permissions should be submitted quickly after your paper is accepted to avoid any delays in publication. Authors

should exercise customary professional courtesy in acknowledging intellectual properties such as patents and trademarks. Authors wishing to reprint illustrations or text previously published in *L&O* should contact <http://www.wiley.com/go/permissions>.

Page Proofs and Publication

Authors are able to track their manuscript through the production process by registering for Author Services (<http://authorservices.wiley.com>) for additional information. Approximately two weeks after the manuscript is received by the publisher, the corresponding author will be notified via email that the page proofs have been posted to an online proofing system. Authors are responsible for proofreading. Limit changes to correcting printer's errors when possible. Return the corrected proof to Wiley within 24 hours.

Corrections

Authors should call to the attention of the Editor-in-Chief any significant errors in their published manuscripts as soon as possible after they become aware of these errors. The Editor-in-Chief may authorize the publication of a correction, if the error is relatively minor and was inadvertent. Serious errors or discovery of fraudulent materials in a published paper may result in the retraction of the paper. *Limnology & Oceanography* follows the Retraction Guidelines of the Committee on Publication Ethics (COPE) with regard to any corrections or retractions. An author who submits a manuscript to *Limnology & Oceanography* for possible publication is assumed to understand and agree with these Guidelines. The Guidelines and further information on publication fraud are available online at <http://publicationethics.org/resources/guidelines>.

Publication Fees and Open Access

Page charges will be levied for submitted manuscripts according to the following formula:

- **ASLO member (lead or corresponding author):** US\$60.50 per typeset page;

- **non-ASLO member (lead or corresponding author):** US\$90.75 per page.

Please note: if OnlineOpen is selected, the standard publication fees will be waived.

Color charges are assessed on printed figures only (color reproduction online is free of charge). The Editorial Office will review figures submitted in color. If color is "informative" and information conveyed through the use of color will not translate into gray scale, the figure will require color publication in print with associated color page charges.

One printed color figure: \$US500

Each additional figure (up to a total of eight): \$50

Open Access

Any author wishing to publish his or her paper as a part of the publisher's OnlineOpen program, which provides open access for all online readers, may read more about Wiley's OnlineOpen policy at <http://olabout.wiley.com/WileyCDA/Section/id-406241.html>.

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article.

In addition to publication via Wiley Online Library, authors of OnlineOpen articles are permitted to post the final, published PDF of their article on a website, institutional repository, or other free public server, immediately on publication. The author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive.

As the corresponding author of an article, you can decide to publish your article with open access once it has been accepted for publication. Within a few days after acceptance, you will receive an email from Author Services with a link to

your 'My Publication' page. From here you can choose for your article to be published OnlineOpen in return for your payment of the open access publication fee.

The fee is \$1950 for ASLO members and \$2500 for non-ASLO members. If OnlineOpen is selected, the standard page charge fees will be waived.

Reprints

Reprints may be ordered at
<https://caesar.sheridan.com/reprints/redirect.php?pub=10089&acro=LNO>

Production Questions

Production questions may be directed to the L&O production team (Inoprod@wiley.com).