

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:
ÊNFASE EM BIOLOGIA MARINHA E COSTEIRA**

MARCOS LINHARES DE ANDRADE

**INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE ÁGUA CONTINENTAL SUBTERRÂNEA
SOBRE A MEIOFAUNA DA ZONA ENTREMARÉS**

**IMBÉ
2019**

MARCOS LINHARES DE ANDRADE

**INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE ÁGUA CONTINENTAL SUBTERRÂNEA
SOBRE A MEIOFAUNA DA ZONA ENTREMARÉS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com Ênfase Biologia Marinha e Costeira, pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carla Penna Ozorio
Coorientadora: Dr^a. Cachinele Mariana da Rocha.

IMBÉ

2019

Aos examinadores,

Este trabalho está formatado segundo “SILVA, L. N. *et al.* **Manual de trabalhos acadêmicos e científicos: orientações práticas à comunidade universitária da UERGS**. Porto Alegre: UERGS, 2013. 149 p.” o qual é baseado nas normas da ABNT.

CIP - Catalogação na Publicação

ANDRADE, Marcos Linhares de
INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE ÁGUA CONTINENTAL
SUBTERRÂNEA SOBRE A MEIOFAUNA DA ZONA ENTREMARÉS /
Marcos Linhares de ANDRADE. -- 2019.
40 f.
Orientadora: Carla Penna OZORIO.

Coorientadora: Cacinele Mariana da ROCHA.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Biologia
Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Meiofauna. 2. Densidade. 3. Água continental
subterrânea. 4. Nutrientes. 5. Zona entremarés. I.
OZORIO, Carla Penna, orient. II. ROCHA, Cacinele
Mariana da, coorient. III. Título.

MARCOS LINHARES DE ANDRADE

**INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE ÁGUA CONTINENTAL SUBTERRÂNEA
SOBRE A MEIOFAUNA DA ZONA ENTREMARÉS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas com Ênfase Biologia Marinha e Costeira, pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul e Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Carla Penna Ozorio
Coorientadora: Dr^a. Cacinele Mariana da Rocha.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Norma Würdig
Depto. de Zoologia IB/UFRGS

Prof. Dr. Cristianini Bergue
Depto. Interdisciplinar CLN/UFRGS

Prof. Dr^a. Ester Wolff Loitzenbauer
Coordenador da atividade
Trabalho de conclusão II – CBM

**IMBÉ
2019**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a todos que, de alguma forma, colaboraram para que este trabalho fosse realizado, desde contribuições técnicas e intelectuais até ajudas psicológicas.

Agradeço fortemente pela orientação dada por Carla e Cacinele, que uniram duas diferentes áreas de estudo do CECLIMAR e ajudaram a levantar interessantes questões a respeito de diversos fatores bióticos e abióticos, conectando estes dois mundos com interesse de ambas as partes. Além de todo apoio com a elaboração do trabalho, escrita, tratamento de dados e análise dos mesmos, sempre com muita seriedade e paciência.

Aos funcionários do CECLIMAR: Loreci (Ci), Seu Nunes, Jana, Seu Flávio, Gabriela Milani, Tânia, Marco, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Aos amigos (família): Bruno, Carol, Julia, Henrique, Tarcísio, Tiago, Johnny, Antônio, Matheus, Léo e Rushell que estiveram sempre presentes e que, direta ou indiretamente, foram de grande importância para todo o processo deste estudo.

À Camila, que entrou na minha vida a pouco tempo, justamente na parte mais conturbada, mas que foi uma grande inspiração como estudante e como profissional de Biologia.

À minha família que sempre apoiou o estudo, independente da área de atuação. Especialmente mãe e pai, que estão sempre dispostos a ajudar de todas as formas possíveis.

Aos membros da banca examinadora, professora Norma e professor Cristianini, por aceitarem avaliar o trabalho.

Ao SCI-HUB, que fornece livre acesso a artigos, livros ou qualquer tipo de trabalho científico, tonando a ciência acessível para todos.

Ao Curso de Biologia Marinha, que proporcionou um aprendizado diferenciado ao logo destes anos.

À todas as pessoas que tive contato durante a faculdade e que fazem parte de todo este processo.

RESUMO

As praias arenosas estão continuamente sofrendo modificação, sejam pelas correntes marinhas, marés, ondas, vento, ou mesmo interferências antrópicas, o que exige adaptação constante por parte dos organismos que ali habitam. Outro fator que pode afetar é a Água Continental Subterrânea (ACS), que aflora na faixa de praia, podendo incrementar a concentração de nutrientes nesta região. Entre os consumidores primários presentes na zona costeira marinha destacam-se os organismos bentônicos meiofaunais por serem abundantes e diversificados, especialmente em praias arenosas. Estes habitam os espaços intersticiais do substrato nos ambientes encharcados e por apresentarem um curto ciclo de vida, respondem rapidamente às mudanças do ecossistema, sendo bons indicadores da qualidade ambiental. A falta de conhecimentos sobre a real contribuição das águas subterrâneas para o ecossistema marinho, principalmente em relação ao fornecimento de nutrientes para a zona costeira, foi o grande estímulo para este estudo. Portanto, avaliar a influência da descarga de ACS sobre a meiofauna, considerando áreas com diferente aporte de água continental na zona entremarés foi o objetivo deste trabalho. As áreas de amostragem foram escolhidas de acordo com dados pretéritos de descarga de ACS fornecidos por Rocha (2018), sendo elas Praia de Imbé e Praia de Quintão, ambas no Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Foram realizadas dez amostragens durante seis meses com a extração de ACS para a análise de ortofosfato, dureza, nitrogênio amoniacal, cloretos/salinidade, condutividade, pH, temperatura, silicato, ferro total, além da coleta de sedimento, para cloretos, salinidade, clorofila *a* e granulometria e, ainda, para a meiofauna em seis réplicas aleatórias ao redor do ponto de extração de ACS. Em laboratório, os animais foram extraídos do sedimento pelo método de flotação e quantificados em filo, classe ou ordem. Foram identificados quatro grupos zoológicos, sendo 67,19 % composto por nematódeos, 21,59 % copépodes harpacticóides, 7,82 % turbelários, 0,31 % ácaros e ainda, um quinto grupo não identificado de metazoários, de corpo longo e achatado de aspecto leitoso, que constituiu 3,09 % da totalidade meiofaunal encontrada. Os resultados mostraram um maior número de organismos meiofaunais na praia de Quintão com densidade de 110,23 ind./10 cm², onde o sinal de ACS foi mais evidente no período em questão, contra uma densidade de 61,20 ind./10 cm² em Imbé. Entretanto, outros fatores podem ter contribuído para os resultados, como a morfologia da praia e a ação antrópica. Sendo o primeiro trabalho da região com este enfoque, os dados obtidos certamente servirão de base para futuras pesquisas relacionadas à contribuição da água subterrânea para a produtividade biológica dos sistemas costeiros.

Palavras-chave: Meiofauna. Densidade. Zona entremarés. Fatores ambientais. Água continental subterrânea. Nutrientes.

ABSTRACT

Sandy beaches are continuously being modified, either by the sea currents, tides, waves, wind, or even anthropic interference, which requires constant adaptation by the organisms who live there. Another factor that can affect is the Continental Groundwater (ACS), which appears in the beach strip, and can increase the concentration of nutrients in this region. Among the primary consumers present in the marine coastal zone are the benthic organisms from meiofauna, which are abundant and diversified, especially on sandy beaches. These inhabit interstitial spaces of the substrate in soaked environments and due to their short life cycle, respond quickly to ecosystem changes and are good indicators of environmental quality. The lack of knowledge about the actual contribution of groundwater to the marine ecosystem, especially in relation to the supply of nutrients to the coastal zone, was the main stimulus for this study. Therefore, to evaluate the influence of ACS discharge on meiofauna, considering areas with different continental water supply in the intertidal zone was the objective of this work. The sampling areas were chosen according to previous ACS discharge data provided by Rocha (2018), being Imbé Beach and Quintão Beach, both on the North Coast of Rio Grande do Sul. Ten samples were taken during six months with ACS extraction for the analysis of orthophosphate, hardness, ammoniacal nitrogen, chlorides / salinity, conductivity, pH, temperature, silicate, total iron, and sediment collection for chlorides, salinity, chlorophyll *a* and granulometry and, also, samplings in six random replicates around the ACS extraction point, for meiofauna analysis. In the laboratory, the animals were extracted from the sediment by the flotation method and quantified in phylum, class or order. Four large zoologic groups were identified, being 67.19% of the organisms found were represented by nematodes, 21.59% harpacticoid copepods, 7.82% turbellarians, 0.31% mites, and a fifth group of unidentified metazoans organisms with long and flattened body and milky aspect, was recorded composing 3.09% of the total meiofauna founded. The results showed a higher number of meiofaunal organisms in the beach of Quintão with a density of 110,23 ind./10cm², where the signal of ACS was more evident in the period in question, against a density of 61,20 ind./10 cm² in Imbé. However, other factors may have contributed to the results, such as beach morphology and anthropic action. Being the first work of the region with this approach, the data obtained will certainly serve as a basis for future research related to the contribution of groundwater to the biological productivity of coastal systems.

Key-words: Meiofauna. Density. Intertidal zone. Environmental factors. Continental groundwater. Nutrients.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVOS	10
1.1.1. Objetivo Geral	10
1.1.2. Objetivos Específicos.....	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. MEIOFAUNA	12
2.2. ÁGUA	14
2.3. ÁREA DE ESTUDO.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. ÁREAS DE AMOSTRAGEM.....	17
3.2. AMOSTRAGENS E ANÁLISES	18
3.2.1. Meiofauna	19
3.2.2. Sedimento.....	19
3.2.3. Água Continental Subterrânea (ACS)	20
3.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	21
4. RESULTADOS	22
4.1. LOCAIS DE AMOSTRAGEM.....	22
4.2. MEIOFAUNA	23
1.1. PARÂMETROS ABIÓTICOS NA ÁGUA E NO SEDIMENTO	29
4.3. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS BIÓTIOS E ABIÓTICOS.....	30
2. DISCUSSÃO	32
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas estão classificadas na categoria de ambientes costeiros de substrato não consolidado, sendo um dos cenários litorâneos mais comuns do planeta. Apresentando uma granulometria relativamente pequena, as praias arenosas, constantemente, sofrem alguma modificação (VELSO; NEVES, 2009), seja pelas correntes marinhas, marés, ondas, ventos, ou mesmo interferências antrópicas, o que exige um alto nível de adaptação por parte dos organismos que ali habitam (BROWN, 2002). Outro fator que pode influenciar a ecologia destes organismos é a chegada de nutrientes e poluentes através do fluxo de água continental em direção ao oceano. Muito se sabe a respeito deste evento quando se trata de águas superficiais, porém, o mesmo ocorre com outro volume de água que, devido à alta porosidade do solo de algumas regiões costeiras, percola do continente em direção ao mar com diferentes características. Este volume de água, chamado de Água Continental Subterrânea (ACS), por vezes, aflora na faixa de praia, encharcando o sedimento e entrando em contato com os organismos presentes (NIENCHESKI *et al.*, 2007).

Águas continentais, em geral, possuem movimento em direção aos oceanos, sendo as superficiais apontadas como as responsáveis pelo fornecimento de nutrientes e sedimentos que irão determinar a constituição e manutenção dos ecossistemas marinhos costeiros. No entanto, ainda que pouco conhecido, se este processo é incrementado por águas subterrâneas, uma vez que estas também contribuem com o aporte de nutrientes que alcança a zona costeira. Assim, a produtividade primária e, conseqüentemente, a produção e riqueza dos níveis tróficos subsequentes podem estar consideravelmente relacionadas, não só com a chegada de água superficial, mas também com o volume e fluxo de nutrientes da água subterrânea que alcançam as margens continentais marinhas (NIENCHESKI *et al.*, 2007).

Entre os consumidores primários presentes na zona costeira marinha, destacam-se os organismos bentônicos meiofaunais por serem abundantes e diversificados, especialmente em praias arenosas (MCLACHLAN; BROWN, 2006). A meiofauna, por definição, representa o conjunto de metazoários com tamanho entre 0,064 mm e 0,5 mm que habitam os espaços intersticiais do substrato nos

ambientes aquáticos ou encharcados (HIGGINS; THIEL, 1988). Como seu ciclo de vida é curto e rápido, esta fauna logo responde às mudanças do ecossistema. Assim sendo, os organismos meiofaunais podem ser bons indicadores de aportes de nutrientes (HIGGINS; THIEL, 1988).

A falta de conhecimentos sobre a real contribuição das águas subterrâneas para o ecossistema marinho no sul do Brasil, principalmente em relação ao fornecimento de nutrientes para a zona costeira em comparação com as águas superficiais, é um grande estímulo para aplicar esforços no sentido de se obter um maior entendimento sobre esta dinâmica. Assim, verificar se há relação entre o seu aporte e a produção secundária de áreas marinhas costeiras é muito importante para caracterizar os processos que influenciam o desenvolvimento da fauna, a fim de aprimorar os modelos ecossistêmicos que consideram a ciclagem de matéria, bem como de energia, entre os ambientes terrestre e marinho.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

- Avaliar a influência da descarga de água continental subterrânea (ACS) sobre a meiofauna considerando áreas com aportes diferenciados de ACS na zona entremarés.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Identificar os pulsos de ACS a partir dos parâmetros temperatura condutividade, pH, salinidade, cloretos, silicato, ferro dissolvido, dureza, ortofosfato e nitrogênio amoniacal analisados na água extraída de poços piezométricos perfurados na faixa praial nas áreas de amostragem.
- Determinar a biomassa microfitobentônica e granulometria dos sedimentos nas áreas de amostragem.
- Determinar a composição em nível de táxon superior e densidade dos grupos taxonômicos e total da meiofauna nas áreas de amostragem.

- Comparar os parâmetros da comunidade meiofaunal entre as áreas de amostragem;
- Comparar e relacionar parâmetros ambientais e os parâmetros biológicos entre as áreas de amostragem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MEIOFAUNA

No ano de 1942, Mare se referiu à uma assembleia de invertebrados bentônicos móveis, ou hpto-sésseis, utilizando o termo “meiofauna” pela primeira vez. Estes se distinguem dos demais organismos macrobentônicos, até então, pelo seu tamanho reduzido (GIERE, 1993). A definição do tamanho dos animais meiofaunais sempre foi muito discutida, porém, eles deveriam se encaixar entre a microfauna e a macrofauna, termos que já vinha sendo utilizados anteriormente. Assim, foi definido um limite mínimo de 64 μm e um limite máximo de 500 μm , estipulados pelas malhas utilizadas para a extração dos organismos (HIGGINS; THIEL, 1988).

Dois terços de todos os filos de metazoários possuem pelo menos algum representante na meiofauna, que ocupa de forma muito bem-sucedida ambientes aquáticos, de água doce, salobra ou salgada, e que se diferenciam de outros animais macroscópicos, também, pelo seu curto ciclo de vida. Nematódeos (Figura 1A), na maioria dos casos, correspondem a pelo menos 50 % da meiofauna de qualquer ambiente. Normalmente, o segundo táxon mais abundante são os copépodes Harpacticóides (Figura 1B), que em alguns casos podem ultrapassar os nematódeos, porém os turbelários (Figura 1C) podem também ocupar a segunda posição na abundância com certa frequência (HIGGINS; THIEL, 1988). O meio em que estes organismos vivem define muito a distribuição espacial e estrutura da assembleia; fatores como o tamanho do grão e parâmetros físico-químicos devem ser observados (GIERE, 1993). Também segundo Giere, praias arenosas têm o seu sistema de drenagem muito afetado por chuvas e pelo fluxo de água subterrânea, o que faz com que a salinidade do meio em que os organismos meiofaunais se encontram esteja sempre mudando. Além da salinidade, outros componentes, utilizados como nutrientes por bactérias e plantas, podem ter a sua concentração modificada pelo fluxo de água doce.

Figura 1 - Representantes dos principais representantes da meiofauna. Filo Nematoda (Imagem A), copépode da ordem Harpacticoida (Imagem B) e Classe Turbellaria (Imagem C).



Fonte: marinespecies.org

A meiofauna responde rapidamente às mudanças do ambiente, sendo, portanto, considerados bons indicadores ambientais. Ao chegarem no ambiente costeiro, os nutrientes provindos do aporte de água, seja subterrâneo ou superficial, são utilizados especialmente pelos produtores primários e/ou bactérias (SCHMIEGELOW 2004), os quais são consumidos significativamente pelos organismos meiofaunais bentônicos. Detritos, bactérias e microalgas (especialmente diatomáceas) são as principais fontes de alimento para a meiofauna, assim, diferentes organismos que compõem este grupo possuem estruturas bucais especializadas para a obtenção destes recursos (GIERE, 1993). Em termos de energia, os organismos meiofaunais, em especial os nematódeos pela sua dominância no grupo, são considerados importantes elos entre os seres da microbiota e da macrofauna (MARIA *et al.*, 2016).

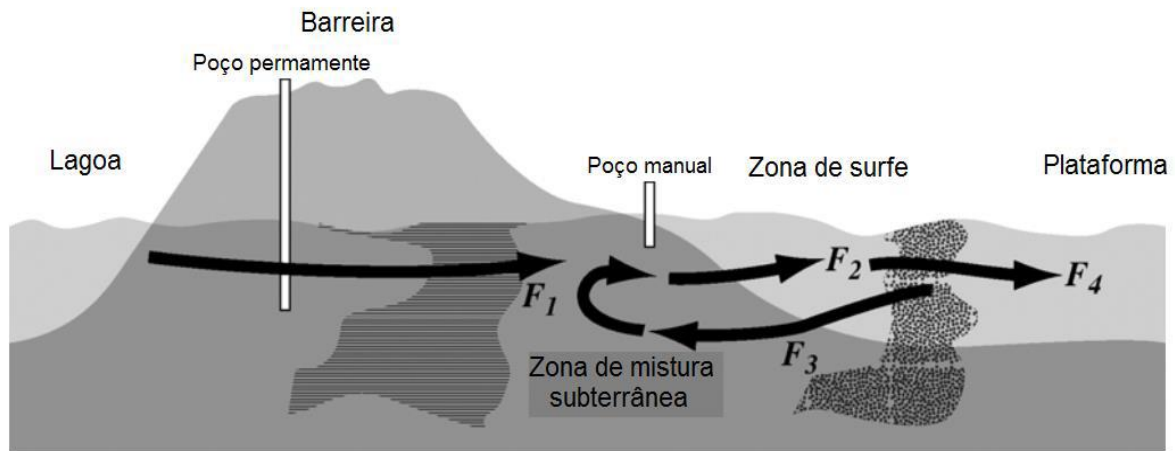
Kotwicki *et al.* (2014), em um estudo na Baía de Puck, na Polônia, verificou um declínio na abundância e riqueza da assembleia meiofaunal exposta a descarga

de água subterrânea, em comparação aquela presente em área sem a presença de água subterrânea, porém amostragens ocorreram em um assoalho submerso de 0,5 a 1,5 metros de profundidade. Já Encarnação *et al.* (2013), em um estudo no sul de Portugal na região de Algarve, percebeu um aumento na diversidade da assembleia meiofaunal encontrada na zona com afloramento subterrâneo, sendo este aumento relacionado ao aumento da biomassa dos níveis tróficos mais baixos, como o microfítobentos, fitoplâncton e bactérias, os quais são beneficiados com a chegada de nutrientes, as amostragens também ocorreram em fundo arenoso submerso, em profundidades entre 4 e 7 metros. Ambos os estudos tiveram Nematoda como o grupo dominante na meiofauna amostrada, já o segundo grupo mais abundante foram os copépodes harpacticóides para Kotwicki *et al.* (2014) e para Encarnação *et al.* (2013) foram os turbelários.

2.2. ÁGUA

As águas continentais possuem um constante movimento em direção às zonas costeiras, carregando consigo uma grande e importante quantidade de sedimento e nutrientes. O primeiro é responsável pela formação das praias arenosas, constituindo um pacote de grãos com diferentes tamanhos, de modo que os menores são transportados mar adentro, enquanto os maiores assentam próximo da costa (FIGUEIREDO; CALLIARI, 2006). Já os nutrientes, por serem de grande importância para os organismos, exercem um papel de manutenção dos ecossistemas marinhos e costeiros. Entretanto, não só águas superficiais estão envolvidas neste processo. Segundo Johannes (1980), a chegada de nutrientes no ambiente marinho pode ser incrementada pelas águas subterrâneas (Figura 2), as quais apresentam o mesmo movimento em direção aos oceanos. Desta forma, a produção primária da zona costeira e, conseqüentemente, os demais níveis tróficos podem sofrer influência de ambos os tipos de aporte de água continental.

Figura 2 - Modelo conceitual (sem escala) do fluxo de nutrientes através da descarga de água subterrânea entre os diferentes corpos d'água de uma zona costeira. F_1 , F_2 , F_3 e F_4 são os diferentes fluxos (movimentos) que compõem essa massa d'água na interface continente/mar.



Fonte: Niencheski *et al.*, 2007.

Águas subterrâneas são, segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), todo e qualquer volume de água que estiver localizado abaixo da superfície terrestre, podendo este estar confinado ou livre. Normalmente, os reservatórios confinados estão associados às rochas sedimentares, preenchendo os espaços entre os grãos, poros ou rachaduras. Muitas vezes, esta rocha porosa saturada com água está abaixo de outra rocha não sedimentar, ígnea ou metamórfica, sendo impermeável e responsável pelo confinamento, como um isolante. Este reservatório isolado de água é chamado de aquífero confinado, mais aprofundado na crosta terrestre. Mais acima ocorre outro tipo de reservatório de água que não está tão isolado da superfície, associado também às rochas sedimentares ou sedimento não consolidado, porém, sem a presença de uma rocha isolante acima, sendo este chamado de aquífero livre ou freático. Este tende a ter um perfil semelhante ao perfil da superfície do terreno e está geralmente perto da superfície, em vales de rios e a maiores profundidades em altos topográficos. Atualmente, se reconhece que a água continental subterrânea é um transporte de matéria dissolvida entre o continente e o oceano (WEINSTEIN *et al.*, 2011). Este movimento de águas providas do subterrâneo oscila muito, sendo estas descargas variáveis com o tempo, ocorrendo de formas difusas ao longo dos possíveis caminhos, em vista de múltiplas forças (BURNETT *et al.* 2003).

2.3. ÁREA DE ESTUDO

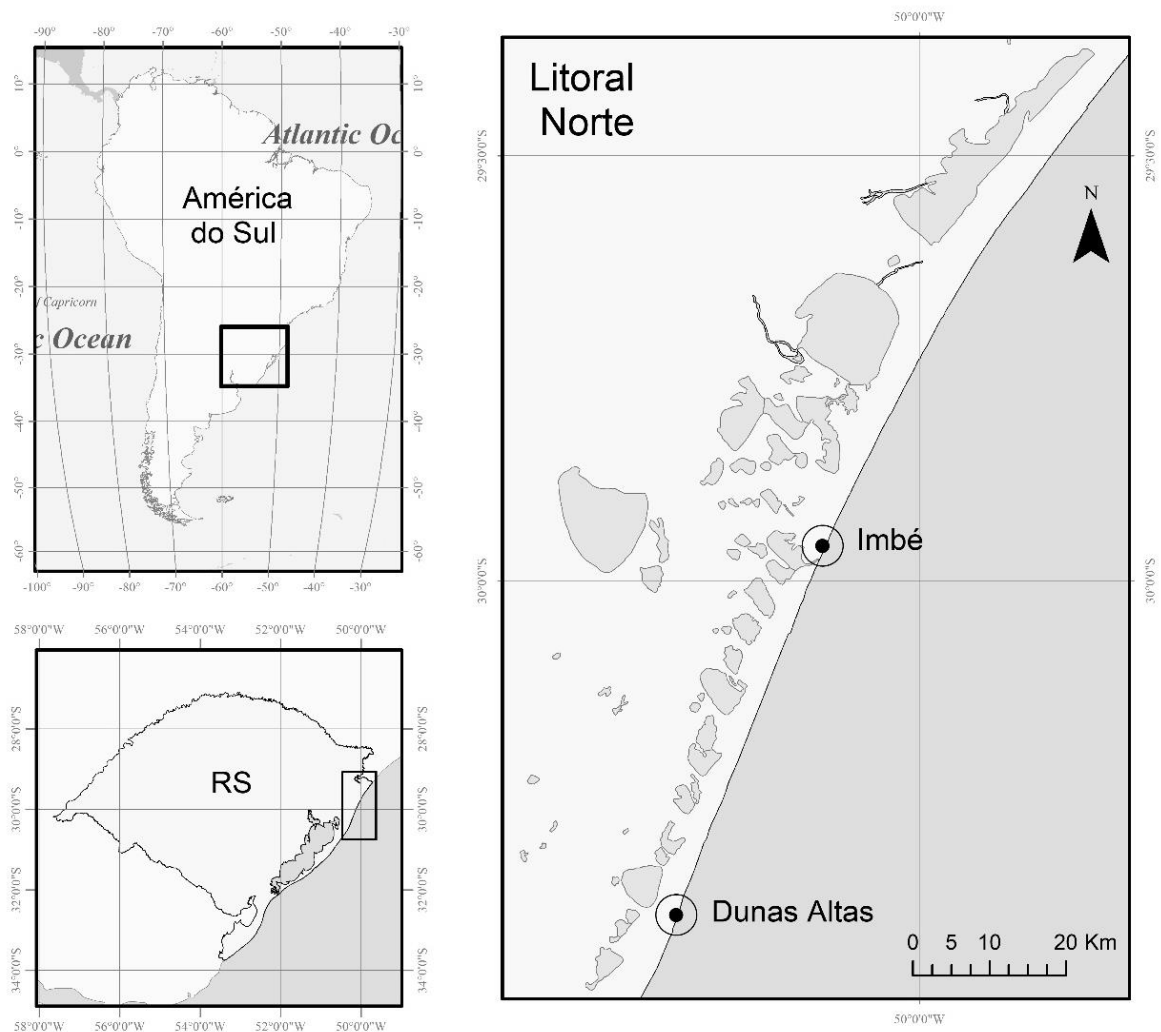
O presente trabalho foi realizado nas praias de Imbé (29°57'13.6"S 50°06'33.4"O) e Quintão (30°19'51"S 50°15'49"O) (Figura 3). Estas praias estão situadas no Litoral Norte, pertencente à Planície Costeira do Rio Grande do Sul (PCRS), uma faixa territorial com cobertura de cerca de 33.000 km² e largura de cerca de 100 km (TOMAZELLI; VILLWOCK, 2002). Este ambiente se desenvolveu durante o Quaternário, através da estruturação de um sistema de leques aluviais, apresentando uma morfologia extremamente singular, porém pouco diversa em termos de paisagem na face de praia, apresentando um sistema de praias arenosas que se modifica apenas em seu extremo norte, na região de Torres, onde afloram arenitos eólicos da formação Botucatu e rochas vulcânicas da formação Serra Geral, ambas provenientes do Mesozóico da Bacia do Paraná (TOMAZELLI; VILWOCK, 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREAS DE AMOSTRAGEM

As áreas de amostragem com diferente aporte de ACS foram escolhidas de acordo com dados pretéritos sobre o processo de advecção de água subterrânea no Litoral Norte do RS - Brasil, desenvolvido por Rocha (2018), sendo elas: praia de Imbé e praia de Dunas Altas – Quintão (Figura 3), que no trabalho referido tiveram diferentes aportes de ACS. Foram realizadas 10 coletas no período de 6 meses (abril a setembro de 2018), que inicialmente ocorreram em uma frequência quinzenal, passando a uma frequência semanal.

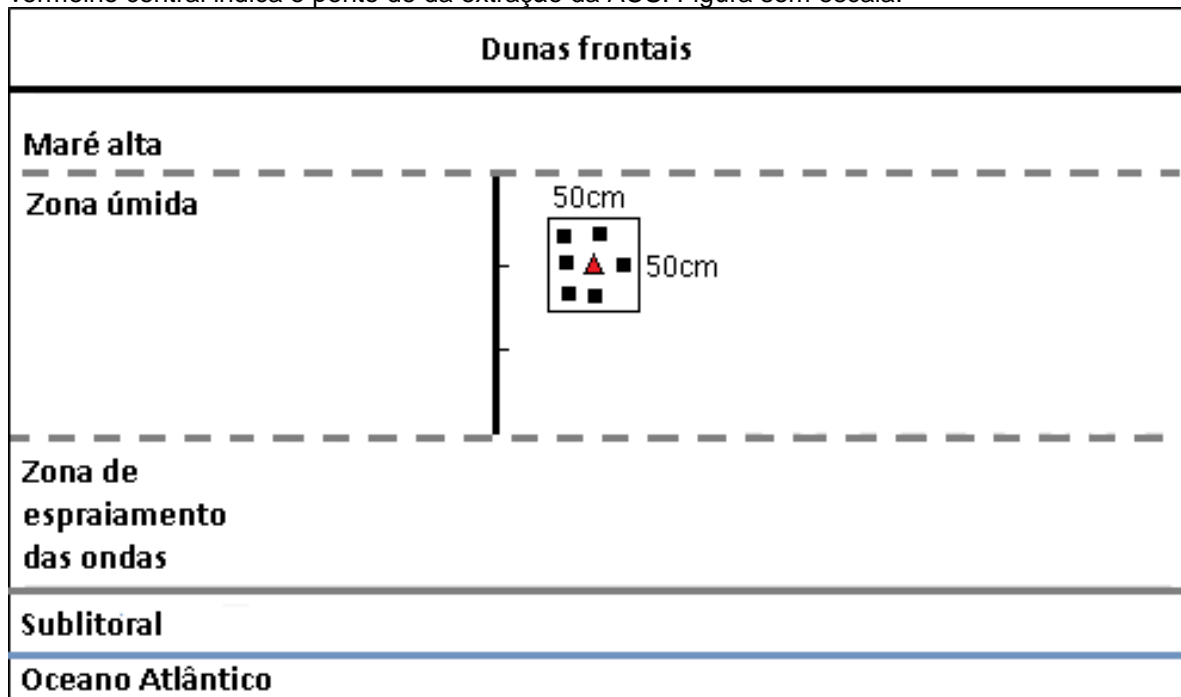
Figura 3 - Mapa do Litoral Norte do RS com destaque para as áreas de amostragem. Ponto mais ao norte, praia de Imbé ($29^{\circ}57'13.6''\text{S}$ $50^{\circ}06'33.4''\text{O}$), com esperado maior aporte de água subterrânea; e ponto mais ao sul, praia de Dunas Altas-Quintão ($30^{\circ}19'51''\text{S}$ $50^{\circ}15'49''\text{O}$) com esperado menor aporte de água subterrânea.



3.2. AMOSTRAGENS E ANÁLISES

Em cada área de amostragem foi estabelecido um local de coleta, com base na zona úmida (ZU), que consiste na distância entre o limite da maré mais alta e o limite máximo da zona de espraiamento das ondas. Então, entre o 1º e o 2º terço da largura da ZU (Figura 4) do continente em direção ao oceano, delimitou-se, através de uma estrutura em PVC e nylon de 50 x 50 cm com 25 parcelas de 5cm X 5cm, o local para a extração de seis amostras aleatórias de meiofauna e da água subterrânea correspondente (Figura 4), além do sedimento. A aleatorização das seis parcelas para se efetuar a coleta de sedimento para meiofauna foi feita utilizando-se o aplicativo *Random* para o sistema IOS. Quanto ao ponto de extração da água subterrânea, padronizou-se que seria sempre o centro da estrutura de PVC. Evitou-se amostrar em locais com relevos anormais na faixa de praia, em desembocaduras de sangradouros, com carcaças, ou sob qualquer outro fator que pudesse produzir ruído aos dados da ACS e também da meiofauna.

Figura 4 - Representação esquemática do desenho amostral utilizado em ambas as áreas de amostragens. O quadrado representa a estrutura de PVC para delimitar o local da coleta; os quadrados pretos são as parcelas nas quais foram coletadas as amostras de meiofauna; o triângulo vermelho central indica o ponto de da extração da ACS. Figura sem escala.



Fonte: Autor 2019

3.2.1. Meiofauna

As coletas de sedimento para análise da meiofauna foram realizadas com a utilização de um testemunho de 3 cm de diâmetro até a profundidade de 5 cm, em 6 amostras obtidas foram armazenadas em frascos contendo etanol 70 %, devidamente identificados.

Para a extração dos organismos do sedimento, em laboratório, foi utilizado o método de flotação, que consiste em adicionar à amostra uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) (HODDA *et al.*, 2006), agitar e despejar o seu sobrenadante nas peneiras em série, com malhas de 0,5 e 0,064 mm (HIGGINS; THIEL, 1988). Estes três passos foram repetidos em cada amostra por oito vezes. Ao final, o material retido na última peneira foi transferido para uma câmara de Bogorov, a fim de ser identificado e quantificado em nível de táxons superiores através da observação em estereomicroscópio. Os rejeitos deste processo, foram devidamente identificados e direcionados para o descarte junto ao Laboratório de Águas e Sedimento do CECLIMAR.

3.2.2. Sedimento

A coleta de sedimento para a análise de granulometria foi realizada através de uma raspagem do solo arenoso junto à estrutura PVC, até uma profundidade de 5 cm, com a utilização dos próprios frascos de armazenamento das amostras. Esta análise foi realizada para verificar possíveis diferenças na qualidade do substrato entre praias e ao longo do período de amostragem.

Já em laboratório, a granulometria foi determinada através do equipamento HORIBA - *Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer* LA-950, pertencente ao Departamento de Paleontologia e Estratigrafia/Laboratório de Sismoestratigrafia da UFRGS.

Na coleta de sedimento para análise do microfítobentos, foi utilizado um testemunho de PVC com 0,75 cm de diâmetro penetrado até a profundidade de 2 cm, sendo o material obtido acondicionado em tubos Falcon protegidos da luz, armazenado a -12° C. A biomassa de microalgas bentônicas foi avaliada pelo teor de clorofila *a*, utilizando-se o método espectrometria (Golterman *et al.*, 1978).

3.2.3. Água Continental Subterrânea (ACS)

As amostras de água continental subterrânea foram extraídas a partir de poços piezométricos, utilizando-se um amostrador de subsuperfície (*pushpoint*) inserido no substrato até duas profundidades pré-estabelecidas (Figura 5), sendo elas 20 cm e 50 cm, e uma bomba peristáltica (Paiva, 2011). Ao encontrar ACS na primeira profundidade (20 cm), se descartava a segunda profundidade.

Figura 5 - Coleta de ACS e meiofauna dentro da área delimitada por estrutura de PVC. O poço piezométrico amostrado encontra-se centralizado no local da extração, conectado à bomba peristáltica.



Fonte: Autor 2018.

Os parâmetros mensurados a partir da água coletada, bem como seus métodos de análise, encontram-se elencados na Tabela 1, sendo as análises executadas pelo proponente no Laboratório de Águas e Sedimento/CECLIMAR.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos mensurados nas amostras de água subterrâneas e suas respectivas metodologias, segundo APHA (2012).

Parâmetro	Metodologia
Ortofosfato	Espectrometria
Dureza	Titulometria
Nitrogênio amoniacal	Espectrometria
Cloretos/Salinidade	Argentimetria
Condutividade	Condutometria
pH	Potenciometria
Temperatura	Termometria
Silicato	Turbidimetria
Ferro total	Espectrometria

3.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para a análise de ANOVA fatorial dos dados gerados para a comparação das praias, foram utilizados os *softwares* PAST[®] – *Paleontological Statistics software package for education and data analysis* versão 2.08b e STATISTICA[®] *analytic solutions* versão 7.0 (Statsoft., 2004). Para a análise multivariada de *Principal Component Analysis* (PCA), os dados tiveram seus valores tratados para que fossem equivalentes. Para isto, de cada valor bruto dos parâmetros bióticos e abióticos subtraiu-se a média e, após, dividiu-se pelo desvio padrão, usando a seguinte fórmula: (dado bruto – média) / desvio padrão.

Também para a análise multivariada, foi extraído do grupo de dados o táxon dos ácaros, pois estes foram pouco representativos em todo o trabalho (0,3 % do total amostrado), e que poderiam gerar ruídos e atrapalhar na visualização dos gráficos gerados.

4. RESULTADOS

4.1. LOCAIS DE AMOSTRAGEM

As praias se mostraram semelhantes entre si no que diz respeito à granulometria, porém, a zona úmida de Quintão apresentou uma menor largura em todas as amostragens (Tabela 2). Isto significa que, ao longo do gradiente das dunas para o mar, a variação entre locais tende a ser mais acentuada em Quintão do que em Imbé.

Tabela 2 - Largura da zona úmida (ZU) das praias de Imbé e Quintão para cada evento amostral e média da mesma para o período.

Amostragens	Largura da ZU (m)	
	Imbé	Quintão
30/4 (I)	53	44
14/5 (II)	30	22
28/5 (III)	50	44
02/7 (IV)	30	23
23/7 (V)	48	42
06/8 (VI)	41	30
31/8 (VII)	42	27
05/9 (VIII)	18	10
10/9 (IX)	47	41
17/9 (X)	27	21
Média	38,6	30,4

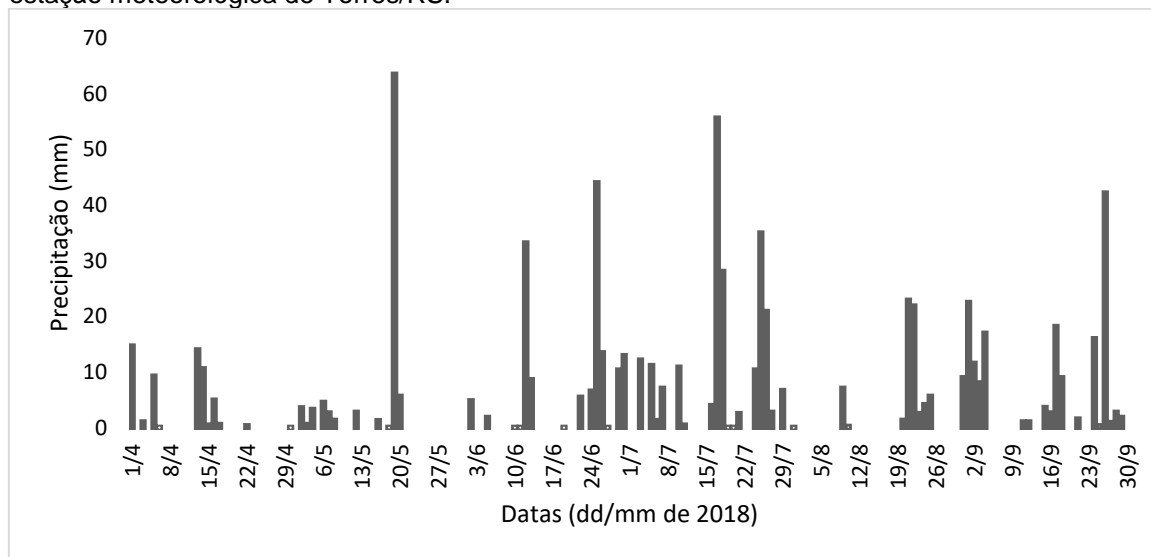
O tamanho médio dos grãos de areia observado entre praias e no início e no fim do período de amostragem pode ser observado na Tabela 3. Os valores encontrados nos dois momentos e nas duas praias caracterizam o predomínio da mesma fácies sedimentar que foi de areia fina. Isto indica que quanto ao tipo de sedimento, as duas praias foram similares durante o estudo.

Tabela 3 - Tamanho médio dos grãos de areia da primeira (I) e da última (X) coleta nas praias de Imbé e Quintão.

Praia/amostra	Tamanho médio do grão (μm)	Desvio padrão (μm)
Imbé/I	178,2	48,9
Imbé/X	187,2	49,8
Quintão/I	187,0	50,4
Quintão/X	181,8	45,8

A precipitação pluviométrica é um fator que pode influenciar tanto os parâmetros abióticos como bióticos avaliados neste estudo. Na Figura 6, estão os seus valores para o período de amostragem, obtidos da estação INMET da cidade de Torres. Assumiu-se que o regime de chuvas foi semelhante para as duas praias em função da inexistência de dados meteorológicos específicos para Imbé e Quintão. Percebe-se que o início das amostragens foi um período menos chuvoso (abril e maio); já na segunda metade de junho e no mês de julho, a pluviosidade aumentou decaindo no mês de agosto e voltando a aumentar em setembro.

Figura 6 – Dados da precipitação (mm) durante o período amostral no ano de 2018 obtidos a partir da estação meteorológica de Torres/RS.



Fonte: BDMEP – INMET 2019

4.2. MEIOFAUNA

Os nematódeos foram os organismos mais abundantes em ambas as praias, representando 67,19 % dos 34.971 indivíduos contabilizados durante o trabalho. Estes apresentaram uma densidade média de 72 ind/10 cm² para a praia de Quintão e 42 ind/10 cm² para a praia de Imbé, indicando maior abundância na praia de Quintão. Os copépodes harpacticóides foram o segundo grupo mais abundante, sendo estes 21,59 % da abundância total, sendo mais numerosos na praia de Quintão (Tabela 4). Os turbelários foram o terceiro grupo em abundância, com uma percentagem de 7,82 % do total de espécimes. O grupo zoológico tratado como morfotipo indeterminado, constituído por vermes de corpo achatado, de aspecto

leitoso e com um comprimento semelhante ao dos nematódeos apresentaram 3,08 % do total e ocorreram em maior quantidade na praia de Imbé. Já os ácaros representaram menos de 0,5 % da totalidade de indivíduos meiofaunais, ocorrem indistintamente nas áreas amostradas.

Tabela 4 - Densidade para os eventos amostrais e densidade média para os principais grupos meiofaunais encontrados.

Grupo zoológico	Imbé		Quintão	
Nematoda	Dens. média (ind./10 cm ²)	Desvio padrão	Dens. média (ind./10 cm ²)	Desvio padrão
I	14,26	7,82	64,07	25,70
II	24,51	11,91	39,85	11,61
III	26,91	4,51	19,02	4,64
IV	29,07	11,62	66,18	16,31
V	94,71	29,17	155,78	21,00
VI	15,34	5,37	83,43	21,60
VII	39,41	9,49	63,04	12,55
VIII	27,06	15,56	43,38	25,62
IX	135,05	41,00	144,41	25,10
X	22,21	5,73	44,12	16,25
Média	42,85	14,22	72,33	18,04
Copepoda				
I	0,00	0,00	8,14	8,34
II	1,08	1,73	1,62	1,27
III	0,64	0,51	0,64	1,29
IV	2,30	1,67	78,68	30,32
V	47,60	19,77	45,10	12,12
VI	0,00	0,00	52,30	22,81
VII	2,70	2,02	66,23	24,08
VIII	0,00	0,00	0,15	0,36
IX	7,94	12,83	47,60	12,66
X	0,20	0,36	7,21	3,08
Média	6,25	3,89	30,76	11,63
Turbellaria				
I	0,39	0,52	3,92	2,15
II	4,12	0,59	2,55	0,98
III	19,41	4,69	3,92	6,37
IV	5,05	2,87	5,54	3,48
V	15,10	8,18	8,77	2,82
VI	6,52	3,18	18,63	4,70
VII	8,87	3,32	2,70	1,57
VIII	0,39	0,69	1,03	1,19
IX	11,18	5,49	4,85	1,10

X	2,16	1,85	8,92	4,19
Média no período	7,32	3,14	6,08	2,85
Acarina				
I	0,10	0,15	0,25	0,29
II	0,05	0,12	0,34	0,34
III	0,25	0,29	0,20	0,24
IV	0,20	0,24	0,29	0,26
V	0,10	0,24	0,15	0,25
VI	0,05	0,12	0,25	0,34
VII	1,03	0,89	0,34	0,29
VIII	0,25	0,39	0,88	1,37
IX	0,15	0,25	0,20	0,36
X	0,10	0,15	0,10	0,15
Média	0,23	0,28	0,30	0,39
Indeterminado				
I	0,00	0,00	0,00	0,00
II	3,28	1,85	1,52	1,31
III	1,23	0,75	0,00	0,00
IV	0,15	0,36	0,78	0,24
V	37,65	34,35	2,45	2,60
VI	0,34	0,43	0,83	0,54
VII	1,52	0,75	1,18	0,67
VIII	0,00	0,00	0,00	0,00
IX	1,18	0,74	0,78	0,78
X	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	4,53	3,93	0,75	0,61
Meiofauna total				
I	14,75	8,06	76,37	36,48
II	33,04	13,66	45,88	13,44
III	48,43	7,74	23,77	9,23
IV	36,96	15,37	151,47	43,77
V	195,15	62,52	212,25	22,63
VI	22,25	8,25	155,44	23,51
VII	53,53	10,96	133,48	32,87
VIII	27,70	15,92	45,44	25,92
IX	155,49	53,08	197,84	34,76
X	24,66	6,03	60,34	15,98
Média	61,20	20,16	110,23	25,86

Os resultados da ANOVA fatorial, sendo os fatores “praia” (Imbé e Quintão) e “amostragem” (eventos amostrais de abril a setembro) se encontram na Tabela 5, na qual se observa que apenas para turbelários e ácaros os diferentes locais

amostrados não tiveram diferença significativa. Além disso, apenas para os ácaros o fator temporal não influenciou significativamente os resultados

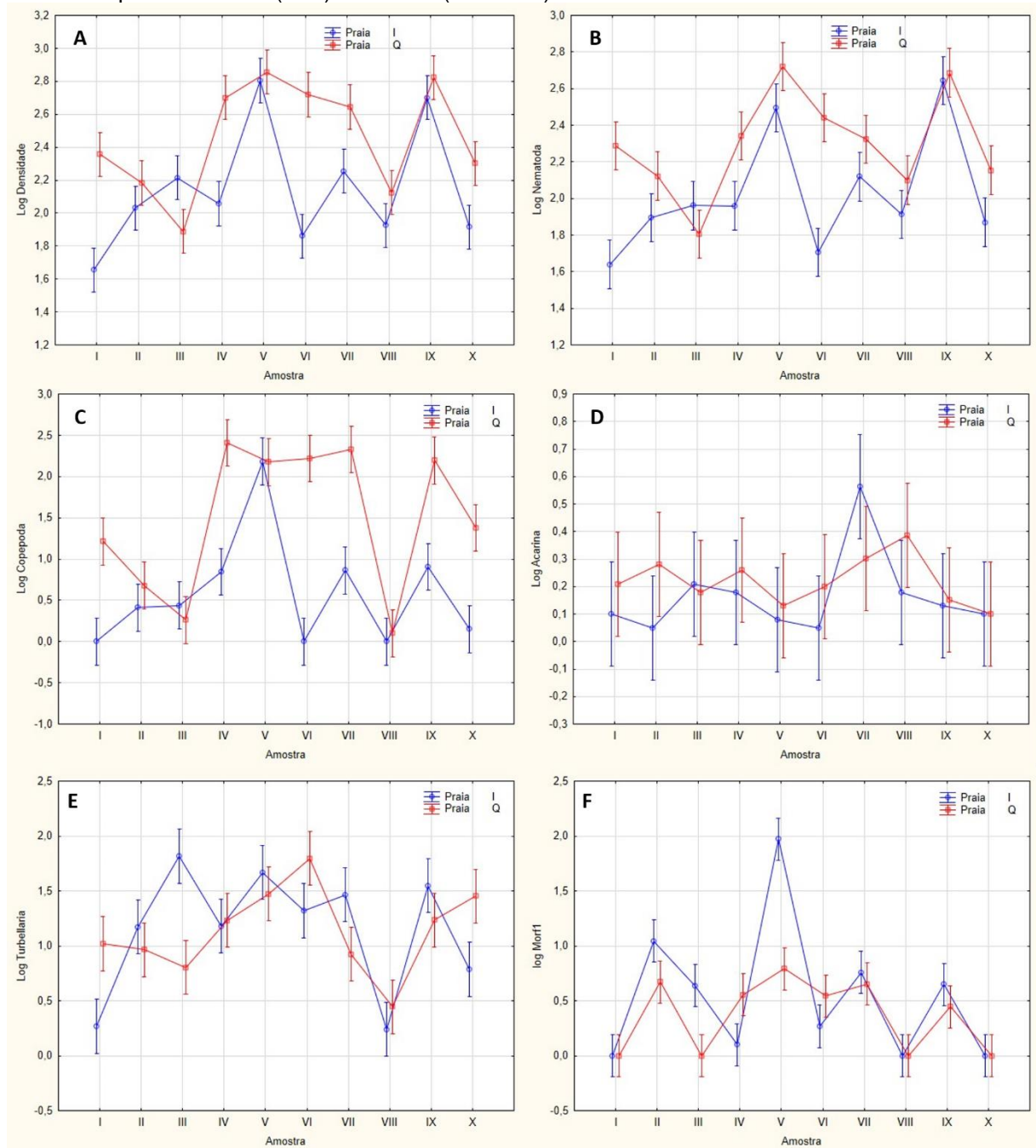
Tabela 5 - Resumo da análise de significância ANOVA para as variáveis biológicas.

Meiofauna Total			
Efeito	GL	F	p
Praia	1	111,480	0,000
Amostragem	9	40,338	0,000
Praia*Amostragem	9	13,778	0,000
Erro	100		
Nematoda			
Praia	1	88,101	0,000
Amostragem	9	32,810	0,000
Praia*Amostragem	9	7,838	0,000
Erro	100		
Copepoda			
Praia	1	205,350	0,000
Amostragem	9	45,537	0,000
Praia*Amostragem	9	15,993	0,000
Erro	100		
Turbellaria			
Praia	1	0,046	0,831
Amostragem	9	19,583	0,000
Praia*Amostragem	9	10,104	0,000
Erro	100		
Acarina			
Praia	1	1,687	0,197
Amostragem	9	2,243	0,025
Praia*Amostragem	9	1,086	0,380
Erro	100		
Morfotipo Indeterminado			
Praia	1	16,638	0,000
Amostragem	9	41,200	0,000
Praia*Amostragem	9	11,574	0,000
Erro	100		

Comparando os gráficos de densidade total (Figura 7A) e da densidade de nematódeos (Figura 7B), constata-se que este grupo de vermes influenciou os resultados para a meiofauna total. Pode-se observar também um incremento na densidade de organismos, nas amostragens IV, V, VI, VII da praia de Quintão, que compreendem os meses de julho e agosto de 2018. Este comportamento é fortemente influenciado pelo aumento de nematódeos e copépodes (Figura 7C). Devido ao menor número de indivíduos, os demais grupos de organismos encontrados não exercem forte influência sobre a densidade total.

Em relação a densidade total de organismos meiofaunais, verificou-se que o maior número de organismos, 1.015 indivíduos em Imbé e 788 em Quintão, ocorreu no quinto evento amostral, dia 23 de julho, para ambas as praias, dentro do intervalo mais chuvoso do período amostral. A segunda maior densidade meiofaunal encontrada ocorreu no dia 10 de setembro, 744 organismos em Imbé e 795 em Quintão, também em um mês bastante chuvoso quando comparado aos demais.

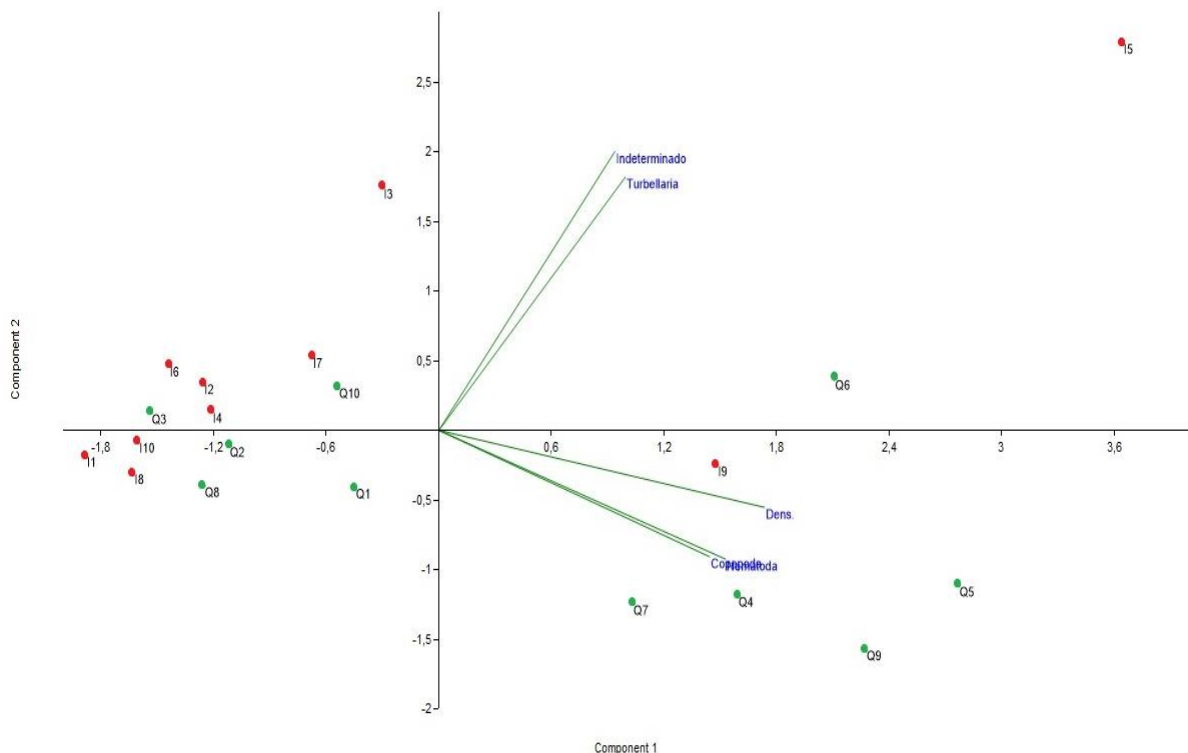
Figura 7 – Densidades médias da meiofauna total (A), dos nematódeos (B), dos copépodes harpacticóides (C), dos ácaros (D), dos turbelários (E) e do morfotipo indeterminado (F) na zona úmida das praias de Imbé (azul) e Quintão (vermelho) nos eventos amostrais.



Na análise dos principais componentes considerando as densidades dos táxons meiofaunais encontrados (Figura 8), os componentes 1 e 2 explicam 75 % da variação dos dados. O eixo do componente 1 tem como principais fatores os grupos dos nematódeos, copépodes e a densidade total, já o eixo do componente 2, tem o maior peso voltado para o grupo dos turbelários e do morfotipo indeterminado. Pode-se perceber um maior agrupamento das amostras de Imbé na região correspondente

à menores valores para o eixo da componente 1, em relação às amostras de Quintão. Já em relação ao componente 2, não houve um agrupamento nítido, porém, é possível observar uma tendência das amostras de Quintão apresentarem os menores valores quando comparadas com Imbé.

Figura 8 – Diagrama da análise de principais componentes da variação das médias das densidades dos grupos meiofaunais e da densidade total encontrados nas praias de Imbé (vermelho) e Quintão (verde). Números de 1 a 10 correspondem aos eventos amostrais realizados.



1.1. PARÂMETROS ABIÓTICOS NA ÁGUA E NO SEDIMENTO

Os parâmetros de salinidade, cloretos e condutividade, apesar de não mostrarem uma diferença significativa entre praias através da ANOVA, evidenciaram uma tendência a maiores valores na praia de Imbé, o que indica uma menor influência de água doce sobre a cunha salina, e sugere que a chegada de água continental subterrânea foi, provavelmente, maior na praia de Quintão. Os parâmetros relacionados a fósforo (P), ferro (Fe) e silício (Si) também não mostraram uma diferença significativa entre as praias, porém a praia de Quintão apresentou aporte ligeiramente maior destes nutrientes, o que pode indicar, novamente, que esta área esteve sob maior influência de ACS do que a praia de Imbé durante o período amostral. A dureza da água, da mesma forma, também

tendeu a maiores valores em Quintão, o que corrobora com os últimos dados descritos (Tabela 6). O único parâmetro com diferença significativa entre as praias foi o nitrogênio amoniacal (valor de $p=0,02615$) com maior concentração na praia de Imbé. Vale mencionar, ainda, que a análise de Fe gerou um valor de $p=0,07806$, muito próximo de uma significância dos resultados, com maiores valores para a praia de Quintão, outro indicativo da presença mais expressiva da ACS.

A análise de clorofila a mostrou valores muito baixos, próximos ao zero, para as duas praias, indicando biomassa microfitobentônica desprezível de modo que estes dados não puderam ser utilizados na análise estatística.

Tabela 6 - Valores médios e desvios padrões dos parâmetros físico-químicos encontrados nas amostras de ACS e de sedimento obtidos nas praias de Imbé e Quintão. Dez eventos amostrais realizados.

Local	Matriz	IMBÉ		QUINTÃO	
		Média	Desv. padrão	Média	Desv. padrão
Parâmetro	Água				
Temperatura (°C)	Água	18,40	2,88	17,95	2,85
Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Água	18,41	5,85	16,42	5,34
pH	Água	7,50	0,14	7,45	0,19
Nit. Amoniacal (mg/L)	Água	0,42	0,36	0,12	0,14
Ferro (mg/L)	Água	0,92	0,46	1,49	0,86
Ortofosfato (mg/L)	Água	0,12	0,09	0,20	0,16
Cloretos (mg/L)	Água	6462,08	2221,09	5712,67	2226,93
Salinidade	Água	11,69	4,01	10,34	4,02
Silicato (mg/L)	Água	115,24	52,28	132,36	55,62
Dureza (mg/L)	Água	2609,00	641,07	2786,00	533,55
Cloretos (mg/L)	Sedimento	820,07	181,00	809,37	254,49
Salinidade	Sedimento	1,51	0,33	1,49	0,46
Umidade (%)	Sedimento	16,78	3,46	17,26	4,35

4.3. RELAÇÃO DOS PARÂMETROS BIÓTIOS E ABIÓTIOS

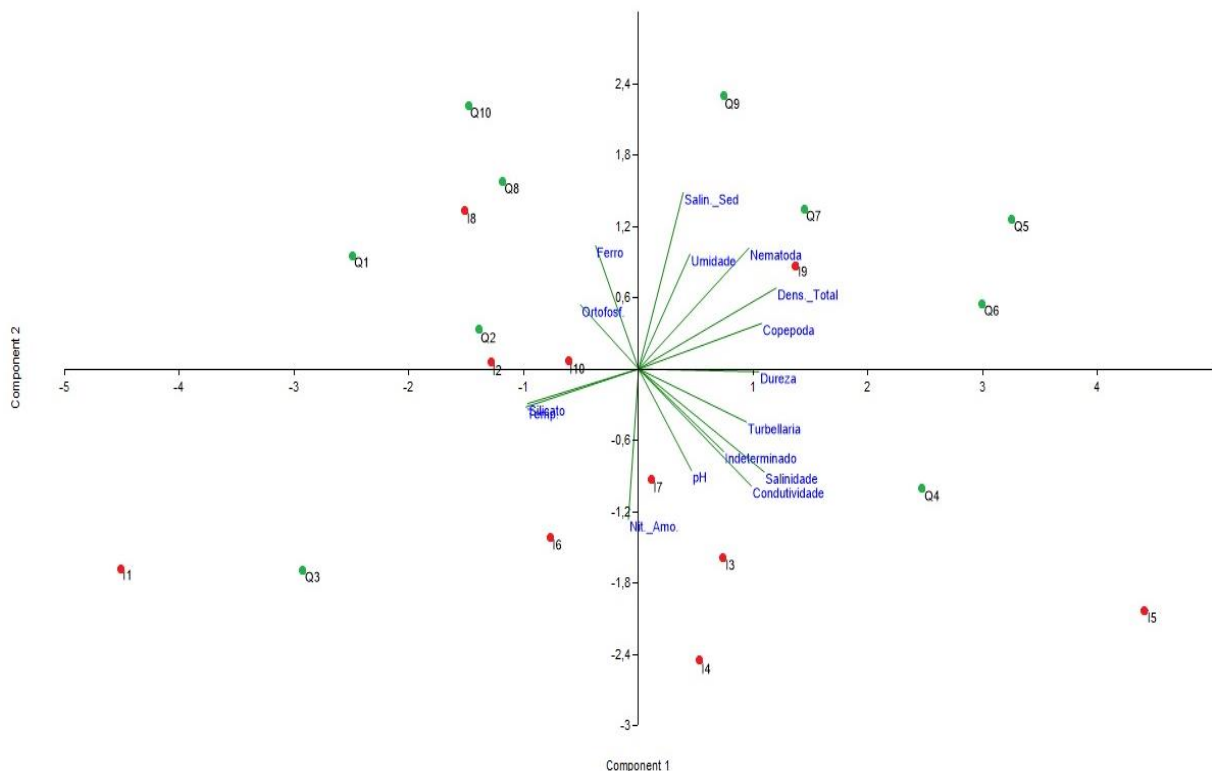
Não houve resultado significativo na análise de correlação entre os dados bióticos e abióticos, na qual também foram incluídos dados de precipitação, por meio da soma dos últimos 7 dias antes do momento da amostragem.

Na análise multivariada, envolvendo os dados abióticos da ACS, do sedimento e as densidades de meiofauna de cada evento amostral, os principais fatores que explicam a variação das amostras de Imbé e Quintão no componente 1 são aqueles relacionados às densidades de nematódeos, copépodes e densidade

total, além da salinidade da ACS. Já para o componente 2, os principais fatores são aqueles relacionados à salinidade do sedimento. Porém, os componentes 1 e 2 da Figura 9 explicam apenas 48,9 % da variação total dos dados. Como observado, não há um agrupamento nítido das amostras na análise de PCA, apenas uma tendência das amostras de Imbé estarem mais próximas dos valores médios a baixos do componente 2, enquanto o oposto ocorre para as amostras de Quintão.

Na análise multivariada dos principais componentes contemplando todas as variáveis, apesar de não haver um forte agrupamento, percebe-se como os amostras I, III, IV, V, VI e VII de Imbé (pontos I1, I3, I4, I5, I6 e I7 da Figura 9, respectivamente) estão mais relacionadas a maiores valores de nitrogênio amoniacal, condutividade e salinidade da ACS. As amostras II e X (pontos I2 e I10) estão mais próximas do ponto de intersecção dos eixos, além de estarem se relacionando mais a variáveis menos significativas desta análise (temperatura, silicatos, ferro e ortofosfato). Já a maioria dos pontos de Quintão, se distribui de forma mais difusa no gráfico.

Figura 9 - Análise dos principais componentes da variação dos dados abióticos da ACS e das médias das densidades dos organismos de cada amostra para as praias de Imbé (“I” pontos em vermelho) e Quintão (“Q” pontos em verde). Números de 1 a 10 correspondem aos eventos amostrais realizados.



2. DISCUSSÃO

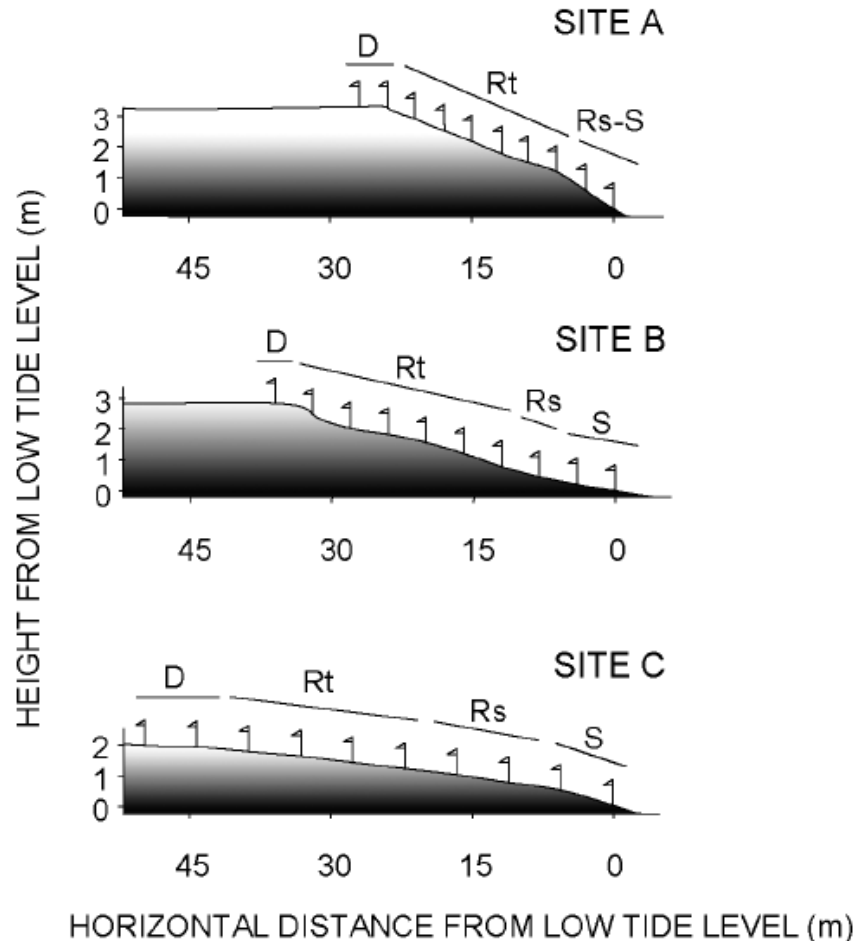
De acordo com os dados relacionados aos fatores físicos dos locais amostrados, as praias de Imbé e Quintão não apresentam uma diferença significativa da granulometria, que segundo Giere (1993) é um fator chave na distribuição e estruturação de uma assembleia meiofaunal. Desta forma, o tamanho do grão de sedimento das praias não interferiu na diferenciação das comunidades meiofaunais comparadas no presente trabalho. Em relação ao tamanho da zona úmida, a praia de Imbé teve uma diferença de 8,2 metros a mais na média das medidas efetuadas, o que, conseqüentemente, implica em uma maior distância entre o ponto de extração das amostras e a zona de espraiamento das ondas. Este fator pode influenciar na densidade de organismos meiofaunais presentes em um local, pois, segundo Rodríguez (2004), em um estudo sobre a estruturação da meiofauna em faixas de praias arenosas, a maior densidade de organismos meiofaunais se encontrou no sétimo ponto de 10 amostragens feitas na faixa de praia (Tabela 7), sendo o 1° na zona de espraiamento das ondas na maré baixa e o 10° no limite da maré alta, em duas zonas úmidas de 27 e 37 m (sítios A e B, respectivamente, da Figura 10). Já em uma ZU com 49 m (sítio C da Figura 10), a maior densidade meiofaunal ocorreu no sexto ponto (Tabela 7).

Tabela 7 - Densidade (indivíduos/10cm²) de organismos meiofaunais para cada um dos 10 pontos amostrais realizado nos 3 sítios amostrados por Rodríguez (2004).

Shore level	Site A 10 cm ⁻²	Site B 10 cm ⁻²	Site C 10 cm ⁻²
10 (uppermost level)	1456	3360	828
9	2133	7356	1503
8	3450	6792	912
7	9592	11,640	975
6	4270	1540	2993
5	not sampled	1818	1274
4	654	1460	1448
3	520	1008	1744
2	915	1274	865
1 (lowest level)	405	1281	780

Porém, as praias amostradas por Rodríguez (2004) se diferenciam em outros aspectos morfodinâmicos, como granulometria e inclinação da faixa de praia (Figura 10). O estudo referenciado ocorreu em praias arenosas do Noroeste da Alemanha.

Figura 10 - Ilustração do trabalho de Rodríguez (2004) em 3 praias arenosas em diferentes estados morfodinâmicos.



Quanto à precipitação pluviométrica, avaliou-se a mesma com as demais variáveis medidas a cada evento amostral. Um maior número de organismos para ambas as praias ocorreu na quinta amostragem, dentro do intervalo mais chuvoso do período amostral, assim como a segunda maior ocorrência, que ocorreu no nono evento amostral, em um mês bastante chuvoso quando comparado aos demais. Segundo Reiss *et al.* (2019), períodos chuvosos, tidos como eventos de recarga de aquíferos, fazem com que os níveis de água superficial e subterrânea aumentem, forçando a percolação da água pelos possíveis caminhos (*e.g.* espaço intersticial do substrato), e conseqüentemente, o transporte de elementos químicos associados. Reiss *et al.* (2019), em um estudo no sul da Inglaterra, verificou um aumento no

carbono orgânico dissolvido (COD) nos eventos de maior descarga de água subterrânea, juntamente com um aumento na atividade bacteriana dos sítios amostrados. Estes dois fatores, COD (e.g. detritos) e bactérias, juntamente com microalgas, são importantes recursos alimentares para a meiofauna, em especial para os nematódeos (GIERE, 1993).

Brown e McLachlan (2002), em uma revisão das principais ameaças que impactam as praias arenosas ao redor do mundo, citam a perturbação do transporte natural de sedimento, poluição e compactação do solo pela utilização humana (e.g. transporte de veículos da faixa de praia) como fatores severos para este ecossistema. Sendo assim, parte da diferença na densidade dos grupos meiofaunais encontrados no presente trabalho pode estar associada a estes fatores, uma vez que os parâmetros abióticos da ACS não puderam explicar completamente a sua variação entre as praias. O município de Imbé possui cerca de 22.300 habitantes e uma densidade demográfica de 448,53 hab./km², sendo que 81,1 % do esgoto recebe tratamento adequado, porém muitas casas possuem fossa/sumidouro inserido no subsolo, sendo este totalmente permeável. Além disso, grande parte da sua economia vem do turismo, que nas estações quentes faz a densidade populacional aumentar drasticamente (IBGE 2018). O distrito de Quintão possui cerca de 3.000 habitantes e pertence ao município de Palmares do Sul, o qual dispõe de cerca de 11.300 habitantes em uma densidade demográfica de 11,56 hab./km², com 89,4 % do seu esgoto recebendo o tratamento adequado, apesar de muitas casas possuírem o mesmo sistema de fossa/sumidouro que Imbé (IBGE 2018).

Devido aos dados apresentados acima, pode-se inferir que, na praia de Imbé, existe uma maior quantidade efluentes domésticos do que na praia de Quintão. Os valores de nitrogênio amoniacal foram significativamente ($p=0,02615$) mais altos na praia de Imbé, o que corrobora com a suposição de um maior aporte de efluentes urbanos na área, uma vez que este parâmetro é tido como um dos maiores indicadores das atividades antrópicas em zonas costeiras (OENEMA; ROEST, 1998). Segundo Brown e McLachlan (2002), apesar do esgoto doméstico conter poucas substâncias tóxicas, o enriquecimento orgânico proveniente pode gerar uma atenuação da concentração de oxigênio e um conseqüente empobrecimento da fauna local. Os copépodes harpacticóides são conhecidos por serem altamente sensíveis aos baixos níveis de oxigênio (HIGGINS; THIEL, 1988), o que poderia

explicar a diferença na densidade destes organismos entre as praias amostradas, a maior em comparação com os outros táxons encontrados. Ainda, com base nos dados de precipitação e no padrão de variação de densidade de copépodes, é possível perceber que, na praia de Quintão, as maiores densidade ocorreram em meses mais chuvosos, ou seja, com maior fluxo de ACS (e água superficial) (REISS *et al.* 2019). Fenômeno este que não ocorreu da mesma forma na praia de Imbé, uma vez que uma maior pluviosidade possivelmente acarretou a intensificação da chegada de esgoto na zona costeira.

Os nematódeos, que tiveram a segunda maior diferença nas densidades entre as duas praias, também podem ter sofrido influência não só da matéria orgânica, mas também da compactação do solo por parte da população de Imbé, que utiliza a faixa de praia com maior intensidade. Segundo Maria *et al.* (2016), o uso recreacional de praias arenosas tem um forte impacto sobre a nematofauna, principalmente no supralitoral, causando uma redução na densidade e uma migração dos organismos sobreviventes para camadas mais profundas do sedimento.

A quantificação dos turbelários não apresentou uma diferença significativa entre as praias, além disso, o grupo foi pouco representativo no total de organismos meiofaunais amostrados. Muitos turbelários são predadores de outros organismos meiofaunais, de modo que seja normal a sua menor abundância, ainda, o grupo ocorre mais comumente em zonas encharcadas, próximo da zona de varrido das ondas ou no sublitoral (HIGGINS; THIEL, 1988; GIERRE, 1993). O grupo tratado como morfotipo indeterminado também teve uma baixa densidade, representando apenas 3,08 % da totalidade meiofaunal e, devido a sua indefinição taxonômica, não foi possível levantar relação ecológica entre o seu padrão de variação e os parâmetros abióticos mensurados.

O fato de Quintão ter apresentado uma tendência de maiores valores para as concentrações de Fe, P e Si, além de uma menor salinidade, mesmo sem diferenças significativas, pode indicar um maior aporte de ACS na zona úmida (NIENCHESKI *et al.*, 2007; ATTISANO, 2012). Para maior certeza da contribuição da ACS, uma análise de quantificação do isótopo natural radônio (^{222}Rn), que é um conhecido traçador de água subterrânea (ROCHA, 2018), seria de grande valia. Acredita-se também que incrementar os parâmetros abióticos com a análise de matéria orgânica, poderia aumentar a explicação para a variação da meiofauna encontrada,

pois como já citado, este parâmetro possui conexão com diversos aspectos ecológicos referentes à meiofauna. Ainda a análise de crescimento bacteriano, um importante recurso alimentar (HIGGINS; THIEL, 1988; GIERRE, 1993;), poderia ajudar na elucidação da resposta da meiofauna observada neste trabalho.

Como não foi possível traçar plenamente, através das análises multivariada dos principais componentes e de correlação, uma relação direta da meiofauna com variáveis abióticas mensuradas, certamente outros fatores estão agindo sobre a meiofauna. O estado morfodinâmico das praias também pode dificultar a detecção da real contribuição da ACS sobre os organismos meiofaunais. Rodríguez (2004) verificou que, assim como a largura da faixa de praia, a inclinação da mesma modifica a ação da maré sobre os organismos, de modo que uma menor inclinação irá proporcionar um gradiente mais suave (e vice-versa) na variação das características da zona entremarés, que influenciam a meiofauna. Também, pelo fato das descargas de ACS ocorrerem de forma difusa através da planície costeira (BURNETT et al. 2003), um desenho amostral com mais locais de extração na área de amostragem poderia revelar mais claramente as variações da meiofauna relacionadas com os pulsos de a ACS.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados gerados sugerem que a meiofauna presente na zona entremarés de praias arenosas no litoral norte do Rio Grande do Sul responde aos pulsos de ACS, apresentando maior densidade de organismos na área em que o sinal é mais pronunciado. Entretanto, esta resposta pode ser mais discreta e talvez suplantada pela ação de outros fatores que também agem sobre a meiofauna na região, como o estado morfodinâmico do perfil praial.

Os resultados da análise de nitrogênio amoniacal, único parâmetro abiótico com diferença significativa comprovada entre as áreas de amostragem, indicam antropização relevante na praia de Imbé, pois este parâmetro é um indicador de contaminação por efluentes urbanos. Com base neste resultado juntamente com os dados coletados através do IBGE, como o número de habitantes e a densidade demográfica, presume-se que a pressão antrópica, que chega até a praia via ACS, também está influenciando o padrão de variação da meiofauna. O grupo dos copépodes harpacticóides se mostrou muito sensível a esta diferença entre praias, sendo o táxon com a densidade mais desigual entre praias, com maior ocorrência em Quintão. O mesmo ocorreu com os nematódeos, porém, com menor diferença entre as praias. Isso mostra o potencial da meiofauna como possível indicador para impactos urbanos e mudanças ambientais.

Desta forma, o presente trabalho, pioneiro com este enfoque na região, sugere que a ACS tem importância para a produtividade biológica da zona costeira, entretanto há necessidade de maiores esforços de pesquisa para verificar padrões biológicos mais consistentes e para compreender as interações da ACS com outros fatores.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. S. *et al.* **Benthic meiofauna as indicator of ecological changes in estuarine ecosystems: The use of nematodes in ecological quality assessment.** *Ecological Indicators*, [s. l.], v. 24, p. 462–475, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.013>>

APHA - American Public Health Association. 2012. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 22 nd ed. Washington, USA.

Associação Brasileira da Águas Subterrâneas (ABAS), **Educação.** Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em 30 de abril de 2017.

Attisano, K.K., 2012. **Aporte subterrâneo: uma fonte complementar de nutrientes para a Costa Sul do Brasil e plataforma adjacente.** Thesis, Federal University of Rio Grande. Disponível em: <https://argo.furg.br/bin/bdtd/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=10163> Rio Grande, Brasil.

Banco de Dados Meteorológicos pra Ensino e Pesquisa – BDMEP. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. **Dados Históricos.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025.** *Environmental Conservation*, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 62–77, 2002.

BURNETT, W.C., DULAIOVA, H., 2003. **Estimating the dynamics of groundwater input into the coastal zone via continuous radon-222 measurements.** *J. Environ. Radioact.* 69, 21–35. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(03\)00084-5](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(03)00084-5)>

DUTRA, Felipe de Souza. **Composição e distribuição do meiobentos de praias arenosas subtropicais do atlântico sul ocidental durante a estação de verão: uma comparação entre o litoral norte e o litoral médio do Rio Grande do Sul, brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Imbé, 2011.

ENCARNAÇÃO, João *et al.* **The influence of submarine groundwater discharges on subtidal meiofauna assemblages in south Portugal (Algarve).** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, [s. l.], v. 130, p. 202–208, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.04.013>>

FIGUEIREDO, S. A.; CALLIARI, Lauro Júlio. **Sedimentologia e suas implicações na morfodinâmica das praias adjacentes às desembocaduras da linha de costa do Rio Grande do Sul.** *Gravel*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 73–87, 2006. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/gravel/4/Gravel_4_06.pdf>

GIERE, O. **Meiobenthology: the microscopic fauna in aquatic sediments.** Hamburg: Springer-Verlag, 1993.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S. and OHNSTAD, M. A. M. (1978) **Methods for Physical and Chemical Analysis of Freshwaters.** 2nd edition, I.B.P. Handbook 8. Blackwell, Oxford.

HIGGINS, R. P.; THIEL, H. **Introduction to the study of meiofauna.** Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press: Washington, D.C., 1988.

HODDA, M. & EYUALEM-ABEBE, 2006. **Techniques for processing freshwater nematodes.** In Abebe, E., W. Traunspurger & I. Andrassy (eds), **Freshwater Nematodes: Ecology and Taxonomy.** CABI Publishing, Wallingford, UK: 31–45. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Brasil/RS/Cidades/Panorama. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs>>

JOHANES, R.E. **The Ecological Significance of the Submarine Discharge of Groundwater.** *Marine Ecology Progress Series.* [s. 1], v. 3, p. 365-373. Dezembro de 1980.

KOTWICKI, L. *et al.* **Submarine groundwater discharge to the Baltic coastal zone: Impacts on the meiofaunal community.** *Journal of Marine Systems,* [s. l.], v. 129, p. 118–126, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.06.009>>

MARE, M. F. **A study of a marine benthic community with special reference to the micro- organisms.** *Journal of Marine Biology Association,* v. 25, p. 517-554, 1942.

MARIA, Tatiana F. *et al.* **Sandy beaches: State of the art of nematode ecology.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências,* [s. l.], v. 88, n. 3, p. 1635–1653, 2016.

MCLACHLAN, A.; BROWN, A. **The Ecology of Sandy Shores.** 2 ed., Burlington: Academic Press, 2006.

NIENCHESKI, L. F. H., WINDOM, H. L., MOORE, W. S., & JAHNKE, R. a. (2007). **Submarine groundwater discharge of nutrients to the ocean along a coastal lagoon barrier, Southern Brazil.** *Marine Chemistry,* 106(3-4), 546–561.

OENEMA, O.; ROEST, C. W. J. **Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters; the effects of policies and measures in the Netherlands.** *Water Science and Technology,* [s. l.], v. 37, n. 3, p. 19–30, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223\(98\)00052-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223(98)00052-3)>

PAIVA, M. L. **Sistema aquífero Guarani: fonte de nutrientes e elementos traços para a zona costeira.** [s. l.], p. 92, 2011.

REISS, Julia *et al.* **Groundwater flooding: Ecosystem structure following an extreme recharge event.** *Science of the Total Environment,* [s. l.], v. 652, p. 1252–1260, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.216>>

ROCHA, Cacinele Mariana da. **Conexões e interações entre a água superficial e subterrânea na Costa Norte do RS (CNRS), Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://argo.furg.br/?RG001419948>>

RODRÍGUEZ, J. Germán. **Community structure of intertidal meiofauna along a gradient of morphodynamic states on an exposed North Sea beach**. *Sarsia*, [s. l.], v. 89, n. 1, p. 22–32, 2004.

SCHMIEGELOW, João M. Miragaia. **O Planeta Azul: Uma Introdução às Ciências Marinhas**. 1. ed. Brasil: Interciência, 2004. 202 p. v. 1.

SUGUIO, K. 1980 – **Rochas Sedimentares**. São Paulo: Edgard Blücher, 500p.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. **O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira**. In: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. 2 ed., Porto Alegre: CIGO, 2002. p. 375-406.

VELOSO, V. G.; NEVES, G. **Praias arenosas**. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES A. (org.). *Biologia Marinha*. 2 ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2009. cap. 14, p. 339-358

WEINSTEIN, Y., YECHIELI, Y., SHALEM, Y., BURNETT, W.C., SWARZENSKI, P.W., HERUT, B., 2011. **What is the role of fresh groundwater and recirculated seawater in conveying nutrients to the coastal ocean?** *Environ. Sci. Technol.* 45, 5195–5200. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es104394r>>