



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS**

GEAN ZANETTI

**MACROFAUNA BÊNICA DA ZONA DE LAVADO DE PRAIAS
CAPIXABAS 80 DIAS APÓS O DESASTRE DE MARIANA (MG)**

**ILHÉUS – BAHIA
2017**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS
TROPICAIS**

GEAN ZANETTI

**MACROFAUNA BÊNICA DA ZONA DE LAVADO DE PRAIAS
CAPIXABAS 80 DIAS APÓS O DESASTRE DE MARIANA (MG)**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em
Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de
Santa Cruz.

Área de Concentração: Ecologia

Orientadora: Prof^a Dr^a Erminda C. Guerreiro Couto
Co-orientadora: Prof^a Dr^a Alexandra Elaine Rizzo

**ILHÉUS – BAHIA
2017**

GEAN ZANETTI

**MACROFAUNA BÊNICA DA ZONA DE LAVADO DE PRAIAS CAPIXABAS
80 DIAS APÓS O DESASTRE DE MARIANA (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Santa Cruz, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestre em
Sistemas Aquáticos Tropicais.

Ilhéus, 30 de Março de 2017.

Profa. Dr^a. Erminda da Conceição Guerreiro Couto
UESC/DCB
(Orientadora)

Profa. Dr^a. Alexandra Elaine Rizzo
UERJ/LZI
(Co-orientadora)

Prof. Dr. José Souto Rosa Filho
UFPE
(Membro externo)

Prof. Dr. Paulo da Cunha Lana
UFPR/CEM
(Membro externo)

Dr. Wagner Ferreira Magalhães
Water Resources Research Center - University of Hawaii at Manoa
(membro externo)

*Dedico este trabalho aos meus pais, Jair e Ilda.
Á minha irmã Ramiula e a lua da minha vida, Luara.*

AGRADECIMENTOS

- Gostaria de agradecer aos meus pais, por todo apoio, amor e dedicação.
- À Alexandra E. Rizzo e Erminda da Conceição Guerreiro Couto por toda paciência e dedicação, por me apresentarem rotas, caminhos e direções quando eu estava à deriva no mar. Obrigado!
- À FAPESB pela bolsa concedida durante o curso
- Ao PPGSAT pela oportunidade de aprendizado
- Aos Professores Frederico Monteiro Neves e Fabrício Carvalho Lopes por todas as arguições durante o curso.
- A Diego Alves Boa Cezar, Jacqueline de Almeida Neves e Aline Moreira pela ajuda em campo.
- Ao Kaoli Cavalcante por me auxiliar na análise de dados.
- Aos amigos do Laboratório de Ecologia Bêntica, em especial Alexandre Rocha Moreira Jr (Dark) pela parceria na realização deste trabalho.
- Aos amigos que Ilhéus/UESC me proporcionou: Alan Almeida, Deborah Melo, Káris Tunõn, Letícia Oliveira, Quézia Vieira, Rafaela de Lopes Braga, Raíssa Miranda Azevedo, Thaíssa de Menezes Reis, Vanessa Ramos. Agradeço também ao amigo e companheiro Maycon Felipe.
- Gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho!

*“VOCÊ NUNCA
vai cruzar
O OCEANO
se não tiver
CORAGEM
de perder
A COSTA
de vista”.*

André Gide

LISTA DE FIGURA

- Figura 1:** Mapa da área de estudo destacando os pontos de coleta realizados nas Praias de Conceição da Barra, Guriri, Pontal do Ipiranga, e Povoação - ES15
- Figura 2:** Resultado do processamento de totais de sólidos em suspensão (TSS). (A) Praia de Conceição da Barra, (B) Praia de Guriri, (C) Praia de Pontal do Ipiranga, (D) Praia de Povoação (foz do Rio doce)18
- Figura 3:** Riqueza e índices de diversidade para as praias estudadas (PV) Povoação, (PI) Pontal do Ipiranga, (GU) Guriri, e (CB) Conceição da Barra, usando o perfil de Hill. Para $\alpha=0$ (Riqueza), $\alpha=1$ (Shannon) e $\alpha=2$ (Simpson).22
- Figura 4:** Curvas de rarefação do número de táxons por amostra das quatro praias estudadas: Povoação (PO), Pontal do Ipiranga (PI), Guriri (GU) e Conceição da Barra (CB).23
- Figura 5:** Curva de dominância -k para as quatro praias estudadas. Povoação (PO), Pontal do Ipiranga (PI), Guriri (GU) e Conceição da Barra (CB).23
- Figura 6:** **A** - Resultado da análise multivariada nMDS entre as praias, **B** - Análise de agrupamento (Cluster Two-way) por táxons.24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis ambientais referentes a cada uma das quatro praias estudadas. Total de Sólidos em Suspensão (TSS), Matéria orgânica (%MO), Classificação granulométrica, %Areia, %Silte e %Silte. Mod. S= moderadamente selecionada. BS= bem selecionada.....**18**

Figura 2: Resultados dos índices ecológicos calculados para as praias estudadas.....**21**

Apêndice 1: Lista das espécies bênticas registradas com valores absolutos de abundância, nas quatro praias estudadas**35**

SUMÁRIO

CAPITULO 1: MACROFAUNA BÊNTECA DA ZONA DE LAVADO DE PRAIAS ARENOSAS DA PLANÍCIE DELTAICA DO RIO DOCE 80 DIAS APÓS O DESASTRE DE MARIANA

Abstract	10
Resumo	11
1.Introdução	12
2.Material e Métodos.....	14
2.1. Área de estudo	14
2.2. Dados abióticos	14
2.2.1. Salinidade e Totais de Sólidos em Suspensão (TSS)	16
2.2.2. Pipetagem de finos e granulometria	16
2.2.3. Matéria Orgânica (M.O.)	17
2.3. Dados bióticos	17
2.4. Análise de dados	17
3.Resultados	18
3.1. Dados Abióticos	18
3.2. Dados Bióticos.....	20
4.Discussão	25
5.Conclusão	28
6.Referências	28

Capítulo 2: NOTA BREVE. COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA MEIOFAUNA BÊNTECA DO MÉDIO LITORAL DA PRAIA DE POVOAÇÃO (FOZ DO RIO DOCE - ES) 80 DIAS APÓS O ACIDENTE DE MARIANA - MG

Abstract	36
Resumo	37
Introdução	38
Material e Métodos	38
Resultados e Discussão	39
Referências	41

Macrofauna bêntica da zona de lavado de praias arenosas da planície deltaica do Rio Doce após o desastre de Mariana-MG/ES.

*Gean Zanetti**

*Autor para correspondência: Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Departamento de Ciências Biológicas, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil. (<http://www.uesc.br>). E-mail: geanzanetti@gmail.com

Benthic macrofauna of the sand beach washing area of the Rio Doce deltaic plain after the Mariana-MG / ES disaster.

ABSTRACT: Sandy beaches are transitional environments between the continent and the ocean, being considered highly dynamic and resilient. Brazilian sandy beaches are impacted in various ways through human interference, with road construction, real estate, chemical pollution and tourism. In addition to the impacts already known and described for the coastal environment, there are still unpredictable impacts, such as the one occurred on November 5, 2015. Four beaches were sampled to describe the composition of the benthic macrofauna to the logo of the tailings exposure gradient On the north coast of Espírito Santo state. Twenty samples of sediment were taken on each beach, using a 20cm diameter corer buried at 5cm depth. The samples were fixed with a 5% formalin solution and stained with 1% Rose Bengal to facilitate counting and identification of specimens. The sediment was processed on overlapping sieves (1mm and 0.50mm aperture mesh) and the material contained in each sieve was screened under a stereoscopic microscope at the Benthic Ecology Laboratory. The analysis of the ecological indexes shows a gradual increase in the number of taxa (S), in the diversity (H ') and in the Margalef richness as it moves away from the mouth of the river Doce. The nMDS analysis, relating only the structure of the community, showed a high degree of similarity between the communities of the most distant beaches, besides a clear separation of the beach located at the mouth of the River Doce. The low knowledge of the fauna of this stretch of coast makes it impossible to carry out additional comparisons. In addition to the possible impacts of benthic macrofauna, the results of this work also support the premise that the physical aspects of the sandy beaches are of great importance in determining the composition of macrofauna communities.

Key-words: *Tropical beaches, dam breakage, gradient.*

Macrofauna bêntica da zona de lavado de praias arenosas da planície deltaica do Rio Doce após o desastre de Mariana-MG/ES.

Resumo: Praias arenosas são ambientes de transição entre o continente e o oceano, sendo consideradas altamente dinâmicas e resilientes. As praias arenosas brasileiras são impactadas de diversas formas através da interferência humana, com a construção de estradas, imóveis, poluição química e turismo. Além dos impactos já conhecidos e descritos para o ambiente costeiro, há ainda os impactos imprevisíveis, como o ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, com o rompimento da barragem de Mariana. Quatro praias foram amostradas para descrever a composição da macrofauna bêntica ao longo do gradiente de exposição à pluma de rejeitos no litoral norte capixaba. Foram tomadas, em cada praia, vinte amostras de sedimento, utilizando um testemunhador com 20cm de diâmetro enterrado a 5 cm de profundidade. As amostras foram fixadas com uma solução de formalina a 5% e coradas com Rosa de Bengala 1%, para facilitar a contagem e a identificação de espécimes. O sedimento foi processado sobre peneiras sobrepostas (malhas de aberturas de 1mm e 0,50mm) e o material contido em cada peneira foi triado sob microscópio estereoscópico no Laboratório de Ecologia Bêntica. A análise dos índices ecológicos permitiu observar um acréscimo gradual no número de táxons (S), na diversidade (H') e na riqueza de Margalef à medida que se afasta da foz do rio Doce. A análise nMDS, relacionando apenas as variáveis biológicas, mostrou um alto grau de similaridade entre as comunidades das praias mais distantes, além de uma clara separação da praia localizada na foz do Rio Doce. O baixo conhecimento da fauna deste trecho da costa impossibilita a realização de maiores comparações. Além dos possíveis impactos sofridos pela macrofauna bêntica, os resultados deste trabalho também apoiam a premissa de que os aspectos físicos das praias arenosas são de grande importância na determinação da composição das comunidades macrofaunais.

Palavras chave: praias tropicais, rompimento de barragens, gradiente.

1. INTRODUÇÃO

As praias arenosas são consideradas áreas de transição entre o continente e o oceano, constituindo aproximadamente 70% dos litorais de todo o mundo (SCHLACHER; THOMPSON, 2013). Podem apresentar diferentes extensões, morfologias, graus de exposição, condições oceanográficas, características biológicas e sedimentológicas. As praias arenosas também são consideradas um dos ecossistemas costeiros mais dinâmicos e resilientes, por possuírem a capacidade de absorção da energia de ondas (RODIL; LASTRA, 2004; MCLACHLAN; BROWN, 2006).

A variabilidade espacial, temporal e diária da comunidade zoobêntica é dependente do ciclo de vida das espécies, de variáveis físico-químicas (temperatura, salinidade e características do substrato) e de interações biológicas, como a pressão de predação e competição (LEVINTON, 1995). Zona de lavado ou "swash" é o termo dado à água que corre, para cima e para baixo, na face da praia com ondas a quebrar. A maioria das espécies bênticas de praias arenosas locomove-se, alimenta-se, e reproduz-se nesta zona (MCARDLE; MCLACHLAN, 1992).

Além dos fatores físicos, as interações biológicas também estruturam as comunidades bênticas de praias arenosas. Esta estruturação é o resultado de propriedades como disponibilidade e busca pelo alimento, efeitos da reprodução na dispersão e no assentamento, modos de locomoção, padrões de agregação, competição intra- e interespecífica e efeitos de predação (DEFEO; MCLACHLAN, 2005). Espacialmente, também é possível observar a distribuição dos organismos em manchas, na forma de densas agregações, intercaladas por áreas com baixas abundâncias ou até mesmo desertas. Estudos sobre a distribuição de espécies, associações ou comunidades neste ambiente devem considerar a sua heterogeneidade ambiental (SCHLACHER et al., 2008).

A costa brasileira possui o maior número de praias arenosas do mundo. Elas estão distribuídas ao longo da costa, que se estende por cerca de 10.800 km. Apesar de sua grande extensão, o conhecimento sobre este ambiente é bastante limitado, e o que se sabe sobre a sua biodiversidade é insuficiente para garantir a sua conservação. Mesmo que a macrofauna de praias arenosas da região sudeste seja a mais bem conhecida, o estado do Espírito Santo registra o menor número de trabalhos publicados para a região (AMARAL et al., 2016).

As praias arenosas brasileiras são negativamente impactadas de diversas formas, tanto naturais quanto antrópicas. Entre as últimas podemos ver a construção de estradas e de imóveis, a poluição química e o turismo. Estas ameaças podem colocar em risco as comunidades macrobênticas, afetando suas teias alimentares, dada a sua importância na transferência de energia e na ciclagem de nutrientes (MCLACHLAN et al., 1981; LERCARI et al., 2010).

A mineração, por exemplo, pode ter sido uma das atividades responsáveis pelo alto aporte de sedimentos na Baía de São Francisco (Califórnia - EUA), modificando a distribuição e a natureza dos habitats (NICHOLS et al., 1986). Eventos como esses modificam o habitat dos organismos bênticos, provocando a modificação da estrutura da comunidade, por meio da redução do número de espécies, aumento de organismos oportunistas, reduzindo assim a diversidade de táxons (ELLIS: HOOVER, 1990).

Além dos impactos já conhecidos e descritos para o ambiente costeiro, há ainda os impactos inesperados, como o ocorrido no dia 5 de novembro de 2015 no sudeste do Brasil, que foi o rompimento da barragem de Mariana-MG, o qual pode ser considerado o maior desastre ambiental já ocorrido no Brasil e talvez um dos maiores do mundo. Os rejeitos da mineradora SAMARCO impactaram diretamente 663,2 km de corpos hídricos e, após chegarem à foz do Rio Doce, espalharam-se pelo Oceano Atlântico causando impactos ambientais, sociais e econômicos. No mar, a lama atingiu uma área total de aproximadamente de 7.000km² (em janeiro de 2016 – dois meses após o desastre) (IBAMA, 2015).

Sabe-se que após a chegada dos rejeitos de mineração ao estuário do Rio Doce, a composição da comunidade bêntica, assim como a estrutura trófica, foram modificadas significativamente (DE OLIVEIRA GOMES et al., 2017),

Pouco se sabe sobre a composição da macrofauna bêntica das praias do litoral do Espírito Santo. Estudos recentes descrevem a estrutura da comunidade destas praias, (COUTINHO, 2013; TEIXEIRA, 2016). O pouco conhecimento destas comunidades dificulta avaliar adequadamente o impacto causado. Entender as principais ameaças aos ecossistemas costeiros e como estes interagem na modificação dos habitats, ajuda a priorizar as ações de manejo. Tais mudanças podem alterar o funcionamento desses ecossistemas e levar a mudanças degradativas, de curto, médio e longo prazo (THRUSH et al., 2004)

O objetivo deste estudo foi o de descrever a composição da macrofauna bêntica, ao longo do gradiente de exposição à pluma de rejeitos, nas praias arenosas da planície deltaica do Rio Doce, 62 dias após a chegada da lama de rejeitos de minério de ferro da mineradora SAMARCO à sua foz.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O delta do Rio Doce localiza-se no Estado do Espírito Santo, entre 18° 30' e 20° 00' de latitude sul, incluindo os municípios de Conceição da Barra, São Mateus, Jaguaré, Linhares e Aracruz. Esse delta, que ocupa uma área de aproximadamente 2.500 km², ocorre em uma região caracterizada por clima tropical quente e úmido, com chuvas de verão e invernos secos (tipo climático *A_w* de KÖPPEN, 1948). Os ventos dominantes são de nordeste e sudeste (SUGUIO et al., 1982).

As coletas foram realizadas em quatro praias localizadas no litoral norte do estado do Espírito Santo: Praia de Conceição da Barra (18°33'923"S, 39°43'826"W), Praia de Guriri (18°43'438"S, 39°44'779"W), Praia de Pontal do Ipiranga (19°09'847"S, 39°42'633"W) e a Praia de Povoação (19°38'647S 39°48'615W) (Figura 1). Os procedimentos de amostragem foram realizados em janeiro de 2016, 78 dias após o rompimento das barragens e 62 dias após a chegada da lama de rejeitos de minério de ferro da mineradora SAMARCO à foz do Rio Doce.

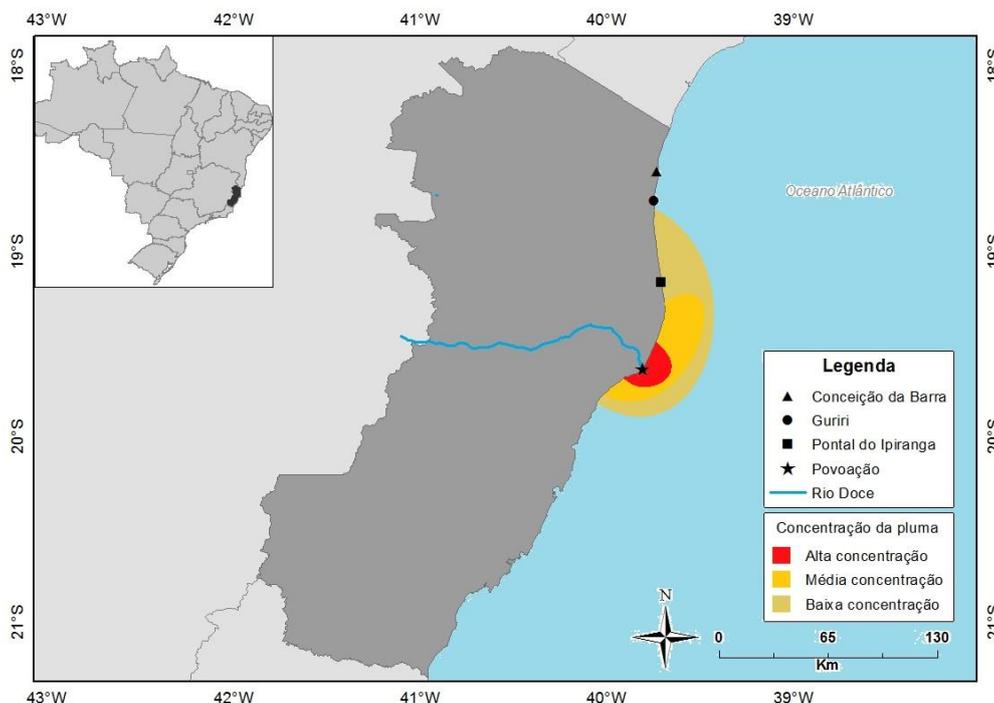


Figura 1: Mapa da área de estudo destacando os pontos de coleta realizados nas Praias de Conceição da Barra, Praia de Guriri, Praia de Pontal do Ipiranga, e Praia de Povoação - ES.

Segundo Albino e Suguio (1999), as praias desta região são extensas, associadas à dunas frontais, compostas por areias litoclásticas grossas e médias provenientes dos rios Doce, São Mateus e Itaúnas.

A Praia de Conceição da Barra está localizada no município de mesmo nome, na divisa entre os estados da Bahia e Espírito Santo. Esta praia está incluída em um litoral com alto grau de preservação, protegido pelo Parque Estadual de Itaúnas e pela Área de Proteção Ambiental de Conceição da Barra. A Praia de Guriri está localizada na região denominada planície quaternária do Rio Doce descrita por Suguio et al. (1982), a partir de compartimentações geológicas. A planície é drenada por dezenas de rios que se distribuem em duas bacias hidrográficas, a do Rio Cricaré/São Mateus e a do Rio Doce. A Praia de Pontal do Ipiranga também está localizada na planície quaternária do Rio Doce. Possui um perfil praiado extenso, com largura superior a 30 metros e ação de ondas moderada, caracterizando-se pela presença de uma mata de restinga considerada como bem conservada.

A Praia de Povoação está situada ao norte da desembocadura fluvial do Rio Doce, que apresenta um delta em cuspide, dominado por ondas suficientemente fortes para transportar sedimentos depositados na sua desembocadura. As frequentes frentes

frias, com ventos provenientes de sudoeste e aumento dos índices pluviométricos, direcionam a corrente longitudinal de sul para norte e aumentam a descarga do rio que bloqueia o trânsito de sedimentos causando erosão praial (ALBINO et al., 2016).

2.2. Dados abióticos

2.2.1. Salinidade e Totais de Sólidos em Suspensão

Para estimar o total de sólidos em suspensão (TSS) e a salinidade, foram coletados aproximadamente 1,5L de água do mar, a cerca de 1m de profundidade, a qual foi mantida em refrigerador para análise laboratorial posterior. Para a obtenção dos valores de salinidade, a água do mar coletada foi deixada em repouso por um período de aproximadamente 24h para que os sólidos em suspensão decantassem. Por fim a salinidade foi mensurada utilizando um refratômetro analógico. As amostras de água do mar foram então filtradas em filtros de papel e secas em estufa a 60°C. O material retido em cada filtro foi raspado e pesado em balança digital (precisão de 0,001g).

2.2.2. Pipetagem de finos e granulometria

O sedimento foi filtrado, com adição de água, em filtros de papel para total retirada do sal. O material retido foi seco em estufa a 60°C até alcançar peso constante. Depois de seco, o sedimento foi homogeneizado e, sequencialmente, retirada uma alíquota de 50g. Esse material foi mantido em descanso por um período de 12h. Após este período o material foi novamente homogeneizado adicionando-se 150mL de defloculante e colocado em descanso por mais 12hrs. O material foi então transferido para proveta de 1.000mL e novamente homogeneizado.

Com a temperatura a 25°C, as alíquotas foram retiradas a 10 cm de profundidade em seis tempos (DIAS, 2004). Cada alíquota foi seca em estufa à 60°C e pesada em balança digital (precisão de 0,001g). O restante do material foi seco em estufa à 60°C e passado através de um conjunto de peneiras com sucessivas aberturas de malhas, a fim de caracterizar o tipo de sedimento presente na área de estudo (SUGUIO, 1973).

A distribuição das amostras de sedimento em classes granulométricas foi analisada utilizando o programa Sistemas de Análises Granulométricas (SYSGRAN). Foram calculados o diâmetro médio, o grau de selecionamento, a assimetria e a curtose (FOLK; WARD, 1957).

2.2.3. Matéria Orgânica (M.O.)

O sedimento foi seco em estufa a 60°C e realizadas tréplicas de 10g. O sedimento foi calcinado em forno/mufla por 1h, a uma temperatura de 550°C, de acordo com Dean (1974) como sugerido para sedimentos costeiros por Couto (1994).

2.3. Dados bióticos

A amostragem limitou-se ao mesolitoral inferior – denominada de zona de lavado ou “swash”, em maré de amplitude de 0,3m. Os pontos foram estabelecidos numa série paralela à linha d'água, com uma distância de 1m entre eles. Para a análise do material biológico foram tomadas 20 amostras por praia com auxílio de um amostrador cilíndrico de PVC (20 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade). Todo o material foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados, fixado em solução de formalina (10%) e corado com rosa de Bengala. O processamento das amostras biológicas consistiu no peneiramento, em laboratório, em malhas de 1.000µm e 500µm de abertura sobrepostas, para a retirada do excesso de sedimento. Os organismos foram separados do sedimento por triagem sob microscópio estereoscópico e preservados em álcool a 80%. Em cada amostra os indivíduos foram contados e identificados até o menor nível taxonômico possível.

2.4 Análise de dados

Como descritores das comunidades foram utilizados abundância, riqueza de táxons (total de táxons presentes), índice de Shannon-Weaver (H') e Equabilidade de Pielou (J'). Para comparar a riqueza de espécies, entre as praias, foi realizada uma análise de rarefação baseada no número de amostras, para avaliar se a comunidade foi amostrada de forma representativa. A comparação da riqueza e da diversidade entre as praias foi realizada através de um perfil de diversidade (série de Hill) (HILL, 1973). Também foram utilizados os estimadores de riqueza Chao 1, Chao 2, Jackknife 1 e Jackknife 2. Curvas de dominância-k foram utilizadas a fim de verificar a presença de táxons dominantes entre as praias estudadas. Todos estes índices foram calculados utilizando o software PAST versão 3.

A partir da planilha de similaridade foi realizado uma análise de ordenação nMDS (*Non-metric Multi-dimension Scaling*) para os dados biológicos obtidos em cada uma das quatro praias. Nesta análise utilizou-se o índice de Bray-Curtis, calculado a

partir da matriz de abundância dos organismos macrobênticos (BRAY-CURTIS, 1957). Esta análise permite a visualização, em duas dimensões, da ordenação das amostras em função do grau de similaridade entre as mesmas. Esta análise indica quais espécies são responsáveis pelo padrão de agrupamento observado e pelas diferenças entre grupos de amostras. Estas análises foram realizadas no software PRIMER versão 6. A análise de agrupamentos (Cluster Two-way) foi realizada com base na matriz de similaridade de Bray-Curtis, utilizando o software PCORD-6.

3 RESULTADOS

3.1. Dados Abióticos

Os dados abióticos estão sumarizados na tabela 1, abaixo.

Tabela 1: Variáveis ambientais referente a cada uma das quatro praias estudadas. Total de Sólidos em Suspensão (TSS), Matéria orgânica (%MO), Classificação granulométrica, %Areia, %Silte e %Silte. **Mod. S**= moderadamente selecionada. **BS**= bem selecionada.

	Povoação	Pontal do Ipiranga	Guriri	Conceição da Barra	
Distância da foz do rio Doce (km)	0	54	103	121	
Salinidade	5	36	34	30	
TSS (g.L⁻¹)	0,993	1,465	0,037	0,034	
% MO (média±DP)	0,366 (±0,017)	0,406 (±0,077)	0,507 (±0,025)	0,605 (±0,025)	
Parâmetros granulométricos	Diâmetro médio	0,443	1,132	1,495	1,343
	Classificação	Areia grossa	Areia média	Areia média	Areia média
	Mediana	0,414	1,062	1,495	1,356
	Selecionamento	0,462	0,551	0,515	0,519
		Bem	Mod.	Mod.	Mod.
	Classificação	Selecionada	Selecionada	Selecionada	Selecionada
	Assimetria	0,021	0,108	0,022	0,013
	Classificação	~ simétrica	Positiva	~ simétrica	~ simétrica
	Curtose	1,231	0,839	1,074	0,871
	Classificação	Leptocúrtica	Platicúrtica	Mesocúrtica	Platicúrtica
	% Areia	98,01	100,00	100,00	100,00
	% Silte	1,61	-	-	-
	% Argila	0,39	-	-	-

A salinidade entre as praias amostradas variou de 5 a 36, tendo a Praia de Povoação registrado o menor valor e Pontal do Ipiranga o maior. As praias de Pontal do

Ipiranga e a de Povoação obtiveram um maior peso total de sólidos em suspensão, sendo a primeira aquela que exibiu o valor mais elevado. Entretanto, deve-se ainda considerar a qualidade do mesmo. O material em suspensão da Praia de Povoação é composto basicamente pela fração argila com coloração fortemente alaranjada (Fig. 2). O registrado para a Praia de Pontal do Ipiranga é composto, basicamente, por silicatos na fração areia fina a areia muito fina, material este que é característico de ambientes marinhos.

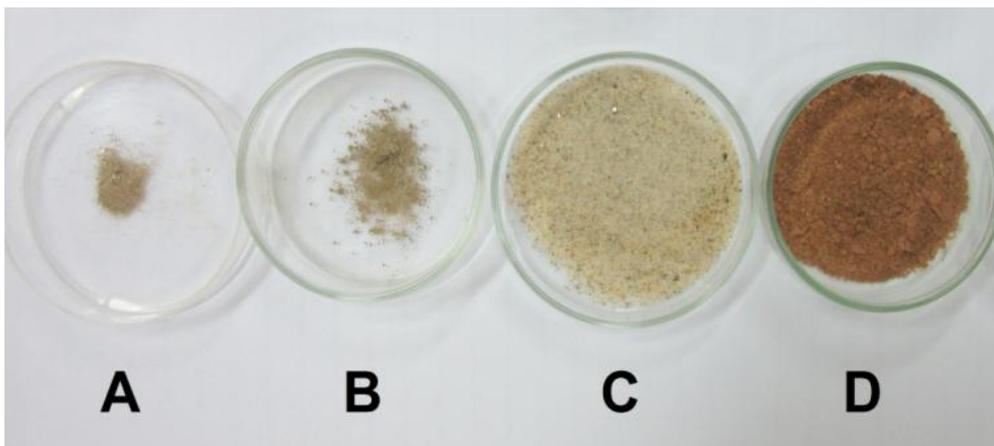


Figura 2: Resultado do processamento de totais de sólidos em suspensão (TSS). (A) Praia de Conceição da Barra, (B) Praia de Guriri, (C) Praia de Pontal do Ipiranga, (D) Praia de Povoação (foz do Rio doce).

Os valores de percentual de matéria orgânica (%MO) foram muito baixos (<1%). Entretanto, foi observado um gradiente positivo à medida que se aumentava a distância da foz do Rio Doce. Quando comparadas, a Praia de Conceição da Barra ($0,605 \pm 0,017\%$) apresentou duas vezes o valor registrado na Praia de Povoação ($0,366 \pm 0,017\%$). Os sedimentos na Praia de Povoação foram classificados como areia grossa bem selecionada, enquanto nas demais dominavam areia média moderadamente selecionada. A Praia de Pontal do Ipiranga teve predominantemente areia média, no entanto a assimetria foi positiva, sugerindo a presença de grãos mais finos nesta praia. A fração silte+argila só foi registrada na Praia de Povoação, ainda que em baixos valores (respectivamente 1,61 e 0,39%).

3.2. Dados Bióticos

No total foram registrados 3.201 organismos, distribuídos em 25 táxons, sendo Nematoda o grupo mais abundante (49%), seguido de Polychaeta (45,1%). Ainda

estiveram presentes, contribuindo com 5,9% no total, representantes de Nemertea, Oligochaeta, Entognatha, Insecta, Crustacea e Mollusca.

No apêndice 1 estão apresentadas as abundâncias por táxon e praia. Como pode ser visto, a Praia da Povoação foi dominada por um nematódea da Família Thoracostomopsidae (77%). Uma espécie não identificada de Platyhelminthes Proseriata representou 20% da macrofauna total. Estiveram ainda presentes um oligoqueta não identificado da Família Enchytreidae (1%), uma espécie de Acari não identificado (1%) e o bivalve *Chione subrostrata* (1%).

A macrofauna da Praia do Pontal do Ipiranga foi dominada por uma espécie não identificada de Nematoda (50%) seguido por uma espécie de poliqueta da Família Saccocirridae (44%). Em menor proporção estiveram presentes os poliquetas *Pisionidens indica* (3%) e uma espécie não identificada de Phyllodocidae (3%). Indivíduos pertencentes a outros grupos totalizaram 1%.

A Praia de Guriri foi dominada por uma espécie não identificada de um crustáceo misidáceo (25%), seguido pelo bivalve *Donax gemmula* (24%). Os poliquetos totalizaram 38% da macrofauna estando representados por três espécies: *Hemipodia californiensis* (14%), *Pisionidens indica* (12%) e Saccocirridae (12%). Indivíduos pertencentes a outros grupos totalizaram 14%.

A Praia de Conceição da Barra também foi dominada pela mesma espécie não identificada de misidáceo (33%). Entretanto, a segunda espécie mais abundante foi o poliqueto da família Saccocirridae (17%). Outras três espécies de poliquetas totalizaram 21% do total: uma espécie da família Phyllodocidae (9%), *Hemipodia californiensis* (7%) e *Pisionidens indica* (5%). Foram ainda registrados o bivalve *Donax gemmula* (9%), o crustáceo Hippidae *Emerita brasiliensis* (9%) e um Isopoda não identificado (5%). Indivíduos pertencentes a outros grupos totalizaram 9% do total.

Analisando os índices ecológicos é possível observar um acréscimo gradual no número de táxons (S), diversidade (H') e no índice de riqueza de Margalef à medida que nos afastamos da foz do rio Doce (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados dos índices ecológicos para as praias estudadas.

Descritores/Praia	Povoação (Foz rio Doce)	Pontal do Ipiranga	Guriri	Conceição da Barra
Número de táxons (S)	5	12	14	14
Abundância	220	2.781	152	48
Abundância (média±DP)	11 (±10)	140 (±248)	8 (±4)	2 (±9)
Shannon H'	0,668	0,962	2,028	2,205
Margalef	0,742	1,387	2,588	3,358
Equabilidade (J')	0,415	0,387	0,768	0,835
Chao 1	5	13	17	19
Chao 2	5	13	15	18
Jackknife 1	5	15	18	20
Jackknife 2	2	16	19	22

A macrofauna bêntica registrada para a praia de Povoação apresentou-se menos diversa ($H':0,6665$) e com uma baixa riqueza de Margalef ($0,7416$) quando comparada com o registrado para as outras praias (ver tabela 2). Enquanto a macrofauna pertencente à Praia de Conceição da Barra foi a mais diversa ($H':2,205$), apresentando também a maior riqueza de Margalef ($3,358$).

Os menores valores de equabilidade de Pielou (J') foram registrados para a Praia de Pontal do Ipiranga ($J':0,387$) seguida pela Praia de Povoação ($J'0,4154$). A primeira apresentou 12 táxons, sendo dois com altas abundâncias: Nematoda (1.393 inds.) e Saccocirridae (1.210 inds.). Os demais ocorreram em baixas abundâncias (total de 178 inds.). A dominância destes dois táxons foi responsável pela redução da equabilidade para esta praia. Devido à dificuldade de identificação, em nível específico, nestes grupos, a riqueza de espécies pode estar subestimada.

Os valores obtidos para os estimadores de riqueza (Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2) mostram que o número de táxons registrados para a Praia de Povoação esteve dentro do esperado. Foram registrados cinco táxons, sendo as estimativas calculadas variando entre dois e cinco. Para as demais praias os estimadores apresentaram todos os valores superiores aos efetivamente registrados, sugerindo que o esforço amostral pode ter sido insuficiente para as mesmas.

A série de Hill, para os parâmetros $\alpha=1$ (Shannon) e $\alpha=2$ (Simpson), mostra que as praias estudadas apresentam gradiente positivo de riqueza à medida que se afastam

da Praia de Povoação, sendo esta a menos diversa (Fig. 3). As praias de Conceição da Barra e de Guriri não puderam ser comparadas entre si, pois as curvas geradas se cruzam mostrando que as duas comunidades não são comparáveis, segundo esses parâmetros (TÓTHMÉRÉSZ, 1995).

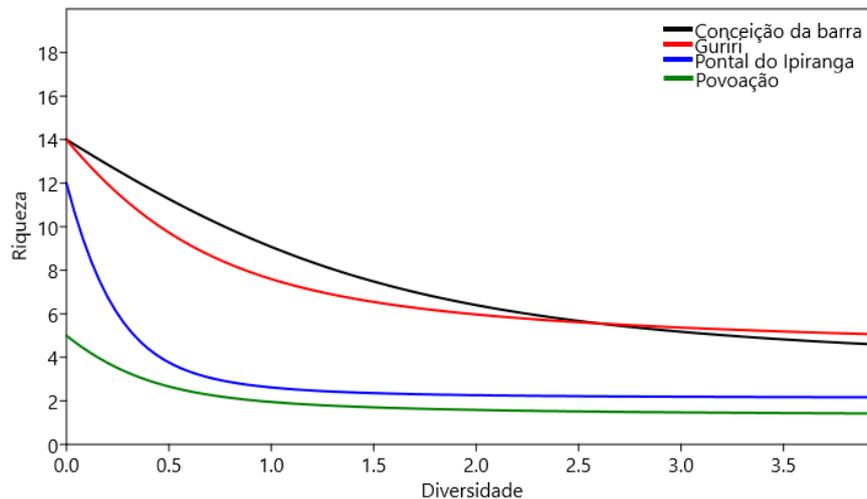


Figura 3: Riqueza e índices de diversidade para as praias estudadas (**PV**) Povoação, (**PI**) Pontal do Ipiranga, (**GU**) Guriri, e (**CB**) Conceição da Barra, usando o perfil de Hill. Para $\alpha=0$ (Riqueza), $\alpha=1$ (Shannon) e $\alpha=2$ (Simpson).

As curvas de dominância – k (Fig. 4) demonstram que a diversidade é menor na praia de Povoação, devido a estrutura da comunidade apresentar poucas espécies (5 táxons) com táxons dominantes, diferindo do observado para as outras praias, que apresentam muitas espécies com baixas abundâncias. Este resultado reforça a existência de um gradiente de diversidade a medida que se afasta da foz do rio Doce.

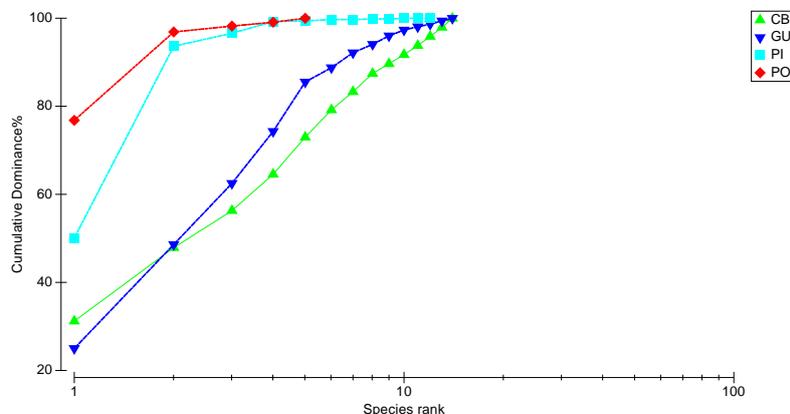


Figura 4: Curva de dominância –k para as quatro praias estudadas. Povoação (**PO**), Pontal do Ipiranga (**PI**), Guriri (**GU**) e Conceição da Barra (**CB**).

A curva de rarefação de espécies (Fig. 5) reforça o apresentado pelos estimadores de riqueza (Chao 1 e 2, Jackknife 1 e 2). A curva de rarefação obtida para a Praia de Povoação apresenta uma clara assíntota que aponta para a suficiência amostral, diferindo das demais que não se estabilizam, sugerindo a necessidade de um número maior de amostras.

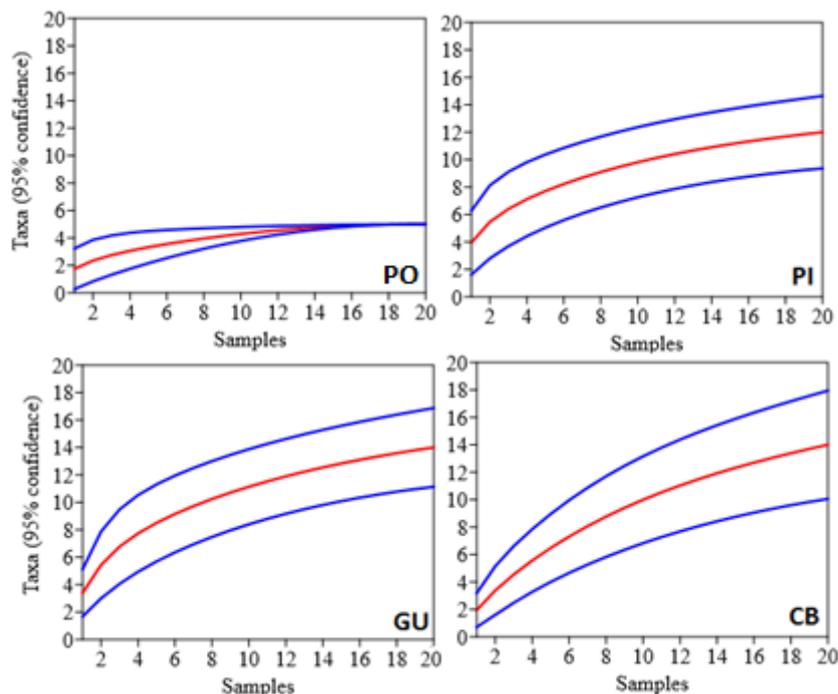


Figura 5: Curvas de rarefação do número de táxons por amostra das quatro praias estudadas: Povoação (PO), Pantal do Ipiranga (PI), Guriri (GU) e Conceição da Barra (CB).

A análise nMDS, relacionando apenas as variáveis biológicas, mostrou um alto grau de similaridade entre as comunidades das praias de Conceição da Barra e Guriri, além de uma clara separação da Praia de Povoação (Fig. 6A). A análise conjunta do nMDS e do agrupamento (Cluster Two-way) (Fig. 6B) permite visualizar que o agrupamento das amostras componentes da Praia de Povoação são devidas a exclusividade de representação dos táxons Proseriata n.i., Thoracostomopsidae n.i., Enchytreidae n.i. e *C. subrostrata*. Por outro lado, a similaridade das comunidades das praias de Conceição da Barra e de Guriri é bastante alta (65%). Os táxons responsáveis por este agrupamento são o crustáceo Mysidacea n.i., Nemertea n.i., o bivalve *D. gemmula*, o poliqueto *H. californiensis*, e uma larva de Coleoptera n.i.. A Praia de Conceição da Barra apresentou uma maior participação de grupos de insetos (Isoptera e outro Coleoptera - Família Staphylinidae) e entognatos (Collembola). Uma maior riqueza de espécies de insetos também foi registrada na Praia do Pantal de Ipiranga

(larvas de coleópteros das famílias Brentidae e Entomobryidae). Estes dois táxons e o crustáceo *Excirolana* sp. estiveram restritos a ela. Os poliquetos Phyllodocidae n.i., Sacocirridae n.i. e *P. indica*, além do Nematoda n.i., apesar de ocorrerem em outras praias, foram mais abundantes nesta.

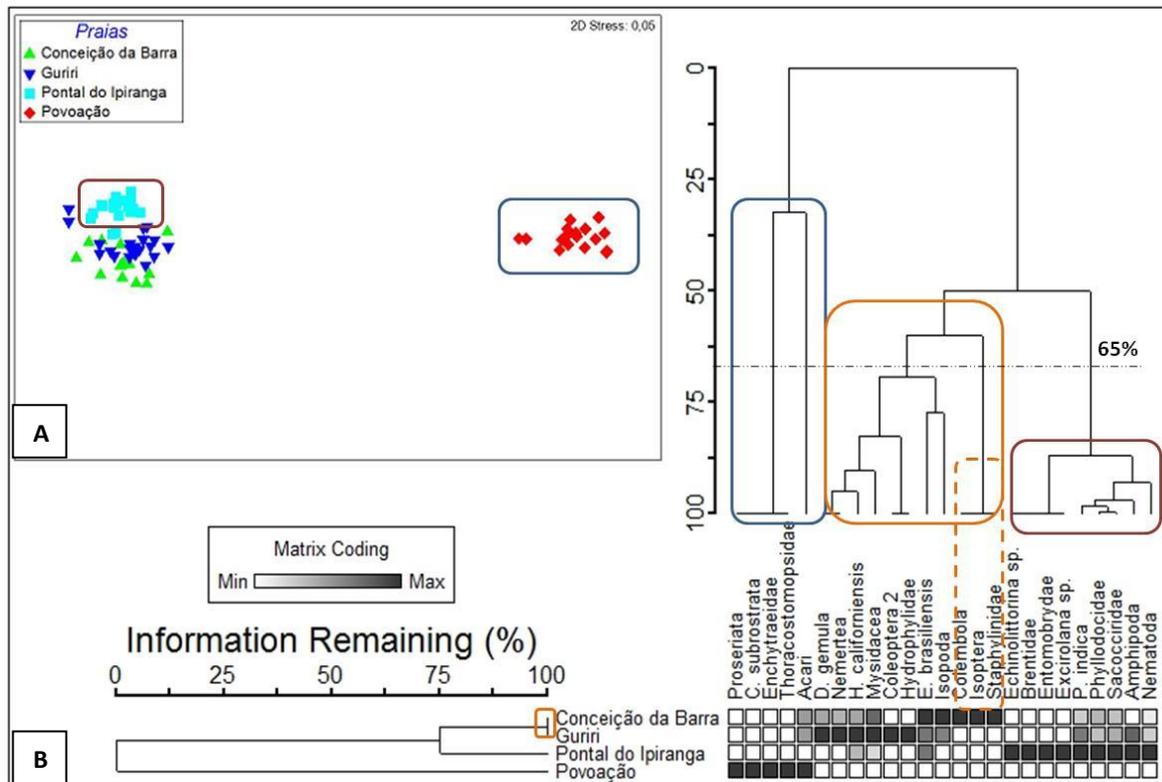


Figura 6: A - Resultado da análise multivariada nMDS entre as praias, B - Análise de agrupamento (Cluster Two-way) por táxons.

4 DISCUSSÃO

As características físicas descritas para as quatro praias estudadas sugerem que ocorre uma diminuição da declividade das mesmas em direção ao norte. As praias de Guriri e Conceição da Barra, localizadas mais ao norte do estado, apresentam características físicas, assim como a estrutura da comunidade, mais similares entre si.

Sabe-se que o tamanho do grão proporciona espaços intersticiais que podem ser utilizados como habitat para a macrofauna bêntica. Para Brown e McLachlan (1990), o tamanho das partículas de sedimento pode influenciar diretamente estes organismos. Funções como escavar e se locomover podem ser afetadas, modificando a densidade e a distribuição espacial destes organismos.

Nos ambientes de alta energia que exibem maior declividade, e apresentam sedimentos compostos predominantemente por areia grossa; a sobrevivência destes organismos é comprometida pela ausência de proteções corporais, como exoesqueletos, e a impossibilidade de manter galerias e tubos fixos em função da menor estabilidade destes substratos (BROWN; MCLACHLAN, 1990). Hacking (1998) reporta que praias com grãos mais grosseiros careciam de misidáceos, pequenos poliquetas e anfípodes. O tamanho do sedimento e a força da corrente de água na zona de lavado provavelmente não permitiram a persistência desses animais de corpo frágil.

A granulometria registrada para a praia de Povoação concorda com o descrito por Albino e Suguio (2010), que classificaram esta praia como dominada por sedimentos do tipo areia grossa a muito grossa. Teixeira (2016) também registra para a praia de Degredo (distante cerca de 20 km ao norte do local desse estudo) o mesmo padrão de sedimento. Albino e Suguio (2010) ainda sugerem que a origem deste está diretamente relacionada com a descarga de efluentes provenientes do Rio Doce. Devido a seu alto fluxo e vazão, este rio tem a capacidade de aportar sedimentos para a região costeira e litorânea.

A curva leptocúrtica registrada para a praia de Povoação é indicativa de ambientes que possuem uma maior energia de ondas e correntes, com uma maior movimentação de sedimento. Assim, devido ao elevado hidrodinamismo, estes ambientes também apresentam menores teores de matéria orgânica (BARROS et al. 2008), como registrado neste trabalho.

Sabe-se que existe uma tendência para a riqueza de espécies de macroinvertebrados de praias arenosas, indo de dissipativas à refletivas, diminuir ao longo de um gradiente morfodinâmico (DEFEO et al., 1992, JARAMILLO; MCLACHLAN 1993, BRAZEIRO, 1999). McLachlan et al. (2013), em busca de padrões globais sobre a macrofauna de praias arenosas, também registraram menores valores de riqueza com o aumento exponencial do tamanho das partículas sedimentares. As características físicas da própria praia também podem ser responsáveis pela modificação das comunidade bênticas entre as praias. A “Hipótese de Exclusão” (“*Swash Exclusion Hypothesis*”) propõe que espécies não tolerantes ao estresse hidrodinâmico podem ser excluídas pelas condições adversas do ambiente.

Quanto ao aporte de sedimentos muito finos (lama), sabe-se que a deposição deste pode sufocar e provocar a morte de toda a macrofauna local. Um estudo simulando eventos catastróficos reproduziu parcelas experimentais cobertas com 10 cm de sedimento terrígeno. Estes depósitos sufocaram e mataram todos os organismos macrofaunais. A recolonização foi considerada lenta, sendo mediada por organismos escavadores que foram capazes de vencer a barreira de lama (NORKKO et al., 2002). Experimentos com a deposição de sedimentos mais finos, com uma camada inferior a 1 cm de espessura, não dizimaram toda a macrofauna, porém esta apresentou-se modificada, com a exclusão dos organismos mais sensíveis (LOHRER et al., 2004).

Segundo Ellis et al. (2004), a modificação dos habitats, devido à sedimentação elevada, demonstrou reduzir a diversidade e a abundância da macrofauna, além de prejudicar a obtenção de recursos, modificando a estrutura trófica das assembleias bênticas, como por exemplo, a redução na abundância de organismos suspensívoros. Os sedimentos muito finos (argilas) afetam diretamente estes organismos, ocorrendo a obstrução das estruturas responsáveis pela captura de alimento, interferindo na seleção de partículas e exigindo um maior gasto energético para remoção das partículas indesejadas (THRUSH et al, 2004). A baixa abundância do bivalve *C. subrostrata* pode estar relacionada a isto. A presença deste organismo, em estágio juvenil, também sugere uma possível reestruturação da macrofauna bêntica, visto que as coletas foram realizadas 62 dias após a chegada da lama a foz do Rio Doce.

É possível observar, através dos índices ecológicos, um acréscimo gradual do número de táxons e da diversidade à medida que se aumenta a distância da foz do Rio Doce. Teixeira (2016) registra, para praias próximas ao local de estudo, uma riqueza de espécies variando entre 14 e 15. Diferindo do registrado para duas praias de Aracruz – ES, por Coutinho (2013), que registra uma riqueza variando de 36 a 42. Este aumento na riqueza de espécies é justificado por apresentar sedimentos carbonáticos que tendem a possuir uma maior taxa de matéria orgânica.

Os maiores valores de diversidade de Shannon-Weaver e riqueza de Margalef foram registrados nas praias mais distantes. A redução da riqueza e, conseqüentemente, da diversidade na Praia de Povoação, pode estar relacionada com a interação de diversos fatores, como: I) a modificação do tamanho das partículas de sedimento presentes nesta praia; II) a baixa salinidade decorrente das fortes chuvas que ocorreram durante o

período de amostragem; e III) O aporte de lama proveniente do rompimento da barragem de Mariana.

Os descritores da macrofauna bêntica tendem a diminuir à medida que a salinidade se torna reduzida. A presença de uma espécie de *Oligochaeta* (*Enchytraeidae*) pode estar relacionada à baixa salinidade no local, uma vez que espécies pertencentes a esta família possuem sua distribuição limitada à regiões onde a salinidade é menor (TYNEN, 1969; LERCARI; DEFEO, 2006).

Artrópodes escavadores terrestres, como coleópteros da família *Staphylinidae*, são encontrados na maioria dos ambientes costeiros (FALLACI et al., 2002). Insetos (principalmente coleópteros) e entognatos foram registrados em três das quatro praias estudadas (Pontal do Ipiranga, Guriri e Conceição da Barra). Estes grupos, que normalmente ocorrem no supralitoral, zona que é caracterizada por permanecer seca a maior parte do tempo e apresentar uma faixa de detritos, podem ter sido coletados por termos realizado a coleta em período de marés de quadratura. Sabe-se que alguns coleópteros escavadores suportam curtos períodos de submersão (WYATT, 1986). Assim, a ocorrência destes organismos na zona de lavado pode estar associada com as fortes chuvas ocorridas durante o período de amostragem, evento que pode ter carregado estes organismos da linha de detritos até a zona de lavado. Alguns organismos invadem a zona intermareal apenas na maré baixa, sugerindo que o deslocamento destes organismos é realizado conforme necessidade (BROWN; MCLACHLAN, 1990). Contudo, são poucos os trabalhos descrevendo a ocorrência e a distribuição da entomofauna em praias brasileiras (ROSA et al., 2008; MARTINS et al., 2010; VIANA; BORZONE, 2015).

A abundância dos nematódeos no ambiente marinho é registrada em diversos trabalhos, independente do ecossistema estudado, seja este estuarino, litorâneo ou oceânico (SAJAN et al., 2010). Algumas espécies da família *Sacocirridae* habitam exclusivamente a zona de lavado de praias com predomínio de areia média a grossa (DI DOMENICO et al., 2009) como encontrado nas praias de Pontal do Ipiranga, Guriri e Conceição da Barra.

5 CONCLUSÃO

O baixo conhecimento da fauna deste trecho da costa brasileira impossibilita a realização de comparações da sua composição e abundância antes e depois do evento catastrófico. Entretanto, comparando a riqueza de espécies e a diversidade esperada para praias localizadas próximas a desembocadura de rios com vazão de água semelhante e as obtidas neste trabalho sugerimos que ocorreu uma modificação na estrutura da comunidade bêntica na Praia de Povoação (a mais próxima à foz do Rio Doce), com perda de espécies anteriormente presentes. Esta modificação foi mediada tanto pelas características físicas do próprio ambiente (aumento no fluxo de água doce), quanto pelo aporte de lama tóxica em consequência do rompimento da barragem.

Estudos ecológicos posteriores são necessários para consolidar e melhor entender a dinâmica das associações macrobênticas frente aos impactos promovidos por este tipo de acidente, aconselhando-se um monitoramento ao longo da costa, associado a testes de toxicidade nas principais espécies bênticas.

6 REFERÊNCIAS

ALBINO, J.; NETO, N.C.; OLIVEIRA, T.C.A. The Beaches of Espírito Santo. In: **Brazilian Beach Systems**. Springer International Publishing. p. 333-361. 2016.

ALBINO, J.; SUGUIO, K. Distribuição, composição e granulometria das areias bioclásticas da plataforma continental interna adjacente ao litoral centro-norte do Espírito Santo. In: **Anais em CD do VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul. Porto Seguro, BA**. 1999.

ALBINO, J.; SUGUIO, K. Sedimentation processes and beach morphodynamics active at the Doce River mouth, Espírito Santo State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 1031-1044, 2010.

AMARAL, A. C Z., et al. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. SPE2, p. 5-16, 2016.

BARROS, L. C. et al. Estudos sedimentológicos na plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz e do Rio Timbó, norte do Estado de Pernambuco. **Revista de Geologia**, v. 21, n. 2, p. 123-134, 2008.

BRAY, J. R.; CURTIS, J.T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecological monographs**, v. 27, n. 4, p. 325-349, 1957.

BRAZEIRO, A. Community patterns in sandy beaches of Chile: richness, composition, distribution and abundance of species. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 72, n. 1, p. 93-105, 1999.

BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **The ecology of sandy shores**. Academic Press, 1990.

COUTINHO, M.S. **Diversidade da macrofauna bentônica de praias arenosas na APACosta das Algas - ES, Brasil**. Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 44p, 2013

COUTO, E. C.G. Comparação entre métodos para obtenção do teor de matéria orgânica em sedimentos estuarinos e costeiros através de ignição. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.37, n.2, p.443-448, 1994.

DE OLIVEIRA GOMES, L.E., et al. The impacts of the SAMARCO mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 2017.

DEAN JR.; W., E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. **Journal of Sedimentary Research**, v. 44, n. 1, 1974.

DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series**, v. 295, p. 1-20, 2005.

DI DOMENICO, M.; LANA, P.C.; GARRAFFONI, A.R.S. Distribution patterns of interstitial polychaetes in sandy beaches of southern Brazil. **Marine Ecology**, v. 30, n. 1, p. 47-62, 2009.

DIAS, A.J. **Análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**. Disponível em: <

http://www.oceanografia.ufba.br/ftp/Sedimentologia/Bibliografia/Alverino_Dias_Analise%20Sedimentar%20Sistemas%20Marinhos_2004.pdf>, p.86, 2004.

ELLIS, D. V.; HOOVER, P. M. Benthos on tailings beds from an abandoned coastal mine. **Marine Pollution Bulletin**, v. 21, n. 10, p. 477-480, 1990.

ELLIS, J. et al. Effects of terrigenous sedimentation on mangrove physiology and associated macrobenthic communities. **Marine Ecology Progress Series**, v. 270, p. 71-82, 2004.

FALLACI, M. Population dynamics and life history of two *Phaleria* species (Coleoptera, Tenebrionidae) living on the Tyrrhenian sandy coast of central Italy. **Acta Oecologica**, v. 23, n. 2, p. 69-79, 2002.

FOLK, R.L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, 1957.

HACKING, N. J. **Sandy beach macrofauna of eastern Australia: a geographical comparison**. 1998. Tese de Doutorado. University of New England.

HILL, M.O. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. **Ecology**, v. 54, n. 2, p. 427-432, 1973.

IBAMA, 2015. Laudo Técnico preliminar Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais
http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf, Acesso em 12 de outubro de 2016.

JARAMILLO, E; MCLACHLAN, A. Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 37, n. 6, p. 615-624, 1993.

KOPPEN, Wilhelm. Climatologia—Fundo de cultura econômica. **México, DF**, 1948.

LERCARI, D.; BERGAMINO, L.; DEFEO, O. Trophic models in sandy beaches with contrasting morphodynamics: comparing ecosystem structure and biomass flow. **Ecological Modelling**, v. 221, n. 23, p. 2751-2759, 2010.

LERCARI, D; DEFEO, O. Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 68, n. 1, p. 27-35, 2006.

LEVINTON, J.S. Marine biology: function, biodiversity, ecology. New York: Oxford University Press, 1995.

LOHRER, A.M. et al. Terrestrially derived sediment: response of marine macrobenthic communities to thin terrigenous deposits. **Marine Ecology Progress Series**, v. 273, p. 121-138, 2004.

MARTINS, A.L.G et al. Ocorrência de três espécies do gênero *Bledius* Leach, 1819 (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae) nas praias arenosas expostas do Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 23-30, 2010.

MCARDLE, S. B.; MCLACHLAN, A. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **Journal of coastal research**, p. 398-407, 1992.

MCLACHLAN, A., BROWN, A.C. **The Ecology of Sandy Shores**. Academic Press, Burlington, MA, USA, 373 pp., 2006.

MCLACHLAN, A. H. et al. The ecology of sandy beaches in southern Africa. **African Zoology**, v. 16, n. 4, p. 219-231, 1981.

MCLACHLAN, A. H., et al. Sandy beach conservation and recreation: guidelines for optimizing management strategies for multi-purpose use. **Ocean & coastal management**, v. 71, p. 256-268, 2013.

NICHOLS, F.H, et al. The modification of an estuary. **Science (Washington)**, v. 231, n. 4738, p. 567-573, 1986.

NORKKO, A., et al. Smothering of estuarine sandflats by terrigenous clay: the role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery. **Marine Ecology Progress Series**, v. 234, p. 23-42, 2002.

RODIL, I. F.; LASTRA, M. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 61, n. 1, p. 37-44, 2004

ROSA, L. C.; BORZONE, C. A.; CARON, E. Ocorrência de *Diglossa brasiliensis* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae) em duas praias estuarinas da Baía de Paranaguá, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 563-565, 2008.

SAJAN, S.; JOYDAS, T. V.; DAMODARAN, R. Meiofauna of the western continental shelf of India, Arabian Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 86, n. 4, p. 665-674, 2010.

SCHLACHER, T. A., et al. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. **Marine ecology**, v. 29, n. s1, p. 70-90, 2008.

SCHLACHER, T.A.; THOMPSON, L. Spatial structure on ocean-exposed sandy beaches: faunal zonation metrics and their variability. **Marine Ecology Progress Series**, v. 478, p. 43-55, 2013.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. Ed. Edgard Blücher, São Paulo. 1ª edição.1973.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L. **Evolução da Planície Costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar**. In: Atas do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, p.93-116, 1982.

TEIXEIRA, B.A.C. **Estrutura da fauna bentônica de duas praias do norte do Espírito Santo**. p.65. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical Mestrado em Biodiversidade Tropical)- Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2016.

THRUSH, S. F. et al. Muddy waters: elevating sediment input to coastal and estuarine habitats. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 6, p. 299-306, 2004.

TÓTHMÉRÉSZ, B. Comparison of different methods for diversity ordering. **Journal of vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 283-290, 1995.

TYNEN, M.J. Littoral distribution of *Lumbricillus reynoldsoni* Backlund and other Enchytraeidae (Oligochaeta) in relation to salinity and other factors. **Oikos**, p. 41-53, 1969.

VIANNA, A. X. M. R.; BORZONE, C. A. Distribuição especial e temporal de espécies de *Bledius* (Coleoptera, Staphylinidae) em praias arenosas no sul do Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 105, n. 1, p. 122-132, 2015.

WYATT, T.D. How a subsocial intertidal beetle, *Bledius spectabilis*, prevents flooding and anoxia in its burrow. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 19, n. 5, p. 323-331, 1986.

APÊNDICE 1

Lista das espécies bênticas, registradas com valores absolutos de abundância, nas quatro praias estudadas.

Táxons	Praias estudadas			
	Povoação	Pontal do Ipiranga	Guriri	Conceição da Barra
PLATYHELMINTHES				
Proseriata não identificado	44			
NEMERTEA				
Nemertea não identificado			5	1
ANELLIDA				
POLYCHAETA				
<i>Pisionidens indica</i> (Aiyar & Alikunhi, 1940)		73	17	2
<i>Hemipodia californiensis</i> (Hartman, 1938)		2	21	3
Phyllodocidae não identificado		82	3	4
Sacocirridae não identificado		1210	18	8
OLIGOCHAETA				
Enchytraeidae não identificado	2			
NEMATODA				
Nematoda		1393	5	1
Thoracostomopsidae não identificado	169			
ARTROPODA				
CHELICERATA				
Acari não identificado	3		1	1
HEXAPODA				
INSECTA				
Isoptera não identificado				1
Brentidae não identificado		1		

Hydrophylidae não identificado		1	
Staphylinidae não identificado			1
Coleoptera não identificado (larva)		1	
ENTOGNATA			
<i>Entomobrydae</i> não identificado	3		
Colembola não identificado			1
CRUSTACEA			
Amphipoda não identificado	5	3	
<i>Emerita brasiliensis</i> (Schimitt, 1935)	2	2	4
<i>Excirolana sp</i>	8		
Isopoda não identificado		1	2
Mysidacea não identificado	1	38	15
MOLUSCA			
BIVALVIA			
<i>Chione subrostrata</i> (Lamarck, 1818)	2		
<i>Donax gemmula</i> Morrison, 1971		36	4

NOTA BREVE**COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA MEIOFAUNA BÊNICA DO MÉDIO LITORAL DA PRAIA DE POVOAÇÃO (FOZ DO RIO DOCE - ES) 80 DIAS APÓS O ACIDENTE DE MARIANA - MG***ZANETTI, G**

* Autor para correspondência: Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Departamento de Ciências Biológicas, Rodovia Ilhéus-Itabuna, km 16, CEP 45662-900, Ilhéus, Bahia, Brasil. (<http://www.uesc.br>). E-mail: geanzanetti@gmail.com

The Mariana disaster - composition and abundance of benthic meiofauna of the swash zone of the Povoação Beach (mouth of the Doce River) 80 days after the accident

ABSTRACT: The disruption of a dam, releasing mining waste in the Rio Doce-MG Basin in November 2015, was considered the "greatest socio-environmental and ecological disaster in Brazil" and the biggest accident in the world involving tailings dams. The accumulated toxic mud flowed through the main tributary leaving behind towns and rural areas completely destroyed and buried. When arriving at the Doce River (one of the main basins of the east coast of Brazil), the reed plume occupied the entire river bed and reached the mouth and the adjacent coast in 17 days. On January 23, 2016 (62 days after the arrival of the mud) a study was carried out to describe the composition and abundance of meiofauna, only in the post-disaster condition. Twenty sediment samples were obtained using a PVC collector with 20 cm diameter, buried at 5 cm depth. The samples were fixed with a 5% formalin solution and stained with 1% Bengal Rose to facilitate counting and identification of specimens. The sediment was processed on overlapping sieves for meiofauna and 250 µm and the material contained in each sieve was screened under a stereoscopic microscope in the Benthic Ecology Laboratory of the Santa Cruz State University. The meiofauna were composed by few groups (Nematoda, Platyhelminthes, Acari and Oligochaeta). The low salinity, expected by the great contribution of fresh water in the mouth of the Doce River, suggests that its original fauna should present low species richness, as recorded in this work. However, the contribution of toxic mud can explain the absence of expected groups in these conditions, besides favoring the dominance of Nematoda.

Key-words: disruption of dams, diversity, tropical beach.

COMPOSIÇÃO E ABUNDÂNCIA DA MEIOFAUNA BÊNICA DO MÉDIO LITORAL DA PRAIA DE POVOAÇÃO (FOZ DO RIO DOCE - ES) 80 DIAS APÓS O ACIDENTE DE MARIANA - MG

RESUMO: O rompimento de uma barragem, liberando resíduos de mineração na Bacia do Rio Doce – MG em novembro de 2015, foi considerado o "maior desastre socioambiental e ecológico brasileiro" e o maior acidente do mundo envolvendo barragens de rejeitos. A lama tóxica acumulada fluiu através do principal afluente deixando para trás cidades e áreas rurais completamente destruídas e soterradas. Ao chegar ao Rio Doce (uma das principais bacias da costa leste do Brasil), a pluma de rejeitos ocupava todo o leito do rio e alcançou a foz e o litoral adjacente em 17 dias. Em 23 de Janeiro de 2016 (62 dias após a chegada da lama) foi realizado um estudo para descrever a composição e a abundância da meiofauna, apenas na condição de pós desastre. Vinte amostras de sedimento foram obtidas utilizando um coletor de PVC com 20 cm de diâmetro, enterrado a 5 cm de profundidade. As amostras foram fixadas com uma solução de formalina a 5% e coradas com Rosa de Bengala a 1% para facilitar a contagem e identificação de espécimes. O sedimento foi processado sobre peneiras, superpostas, de 1.000, 500 e 250 μm . O material contido nesta última foi triado, sob microscópio estereoscópico, no Laboratório de Ecologia Bêntica da Universidade Estadual de Santa Cruz. A meiofauna foi composta por Platyhelminthes (Proseriata n.i.), Nematoda (Família Thoracostomopsidae), Acari n.i. e uma espécie não identificada de Enchytraeidae (Oligochaeta). A baixa salinidade, esperada pelo grande aporte de água doce na foz do Rio Doce, sugere que sua fauna original deveria apresentar baixa riqueza de espécies, como registrado neste trabalho. Entretanto, o aporte da lama tóxica pode explicar a ausência de grupos esperados nestas condições, além de favorecer a co-dominância de platelmintos e nemátodos.

Palavras chave: rompimento de barragens, diversidade, praia tropical.

INTRODUÇÃO

Desde o início do processo de urbanização, o homem se utiliza do ambiente marinho como receptor final de diversos tipos de rejeitos oriundos de suas atividades. As praias arenosas sofrem com a poluição, o derramamento de óleo e de outras substâncias tóxicas, além do aporte de matéria orgânica proveniente de efluentes domésticos e industriais, remobilização de sedimentos por dragagem (LEWIS et al., 2001; DEFEO et al., 2009).

Interferências humanas diretas, como a presença de veículos, a mineração, a compactação por pisoteio (DEFEO et al., 2009; SCHLACHER: THOMPSON, 2012), são impactos comuns. Estas interferências normalmente possuem efeitos negativos sobre o sistema afetando diretamente os organismos bênticos (BROWN & MCLACHLAN, 2002; MCLACHLAN & BROWN, 2006). A comunidade bêntica das praias arenosas, é composta predominantemente por poliquetas, crustáceos e moluscos (MOLINA & VARGAS, 1994; DEFEO et al., 2017).

Há ainda impactos antrópicos inesperados, como o ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, quando o rompimento de uma barragem de mineração causou um dos maiores desastres socioambientais já registrados no Brasil. Estima-se que foram carreados mais 50 milhões de m³ de rejeitos até a sua desembocadura no Oceano Atlântico, localizada no litoral do Estado do Espírito Santo (IBAMA, 2016). Por onde passou, os rejeitos provocaram uma destruição massiva, matando milhares de peixes e invertebrados (ESCOBAR, 2015). O impacto causado sobre os ecossistemas marinhos, estuarinos e costeiros ainda é desconhecido (MIRANDA E MARQUES, 2016). O soterramento inesperado dos organismos bênticos pode levar à mortalidade da fauna menos tolerante, reduzindo assim a riqueza e a diversidade (LANCELLOTTI: STOTZ, 2004; LEE: CORREA, 2007)

Nos últimos 35 anos tem aumentado o interesse sobre o papel desempenhado pela meiofauna bêntica e sua utilização como ferramenta para detectar impactos ambientais (DEZFOULI et al., 2016; JOULI et al., 2017).

Devido à sua importância ecológica, a alta sensibilidade às perturbações, e o contato direto com o sedimento, estes organismos tem dado suporte à gestão do ambiente marinho (URBINA, 2016).

A meiofauna bêntica, além de responder as modificações provocadas no seu habitat, tem a estrutura e a composição das suas comunidades geridas por fatores biológicos (predação, competição e disponibilidade de alimento e produtividade) assim como por fatores físicos do próprio ambiente (salinidade, temperatura, declividade, tamanho dos grãos) (DEZFOULI et al., 2016; JOULI et al., 2017).

Sabe-se que composição e abundância da macrofauna modificou-se significativamente após a chegada da lama com rejeitos de mineração ao estuário do Rio Doce, tendo sido observada uma redução na densidade e diversidade de organismos, assim como a modificação da estrutura trófica após o impacto (DE OLIVEIRA GOMES et al., 2017). Entretanto, nada é conhecido sobre o impacto deste desastre na meiofauna marinha local, embora trabalhos recentes (PEREIRA et al., 2017) tenham apontado a meiofauna de praias arenosas como importante bioindicador do grau de degradação das mesmas.

Assim, o objetivo deste estudo é descrever a composição e a abundância dos organismos pertencentes à meiofauna bêntica da Praia de Povoação – ES, cerca de 80 dias após o “desastre de Mariana”.

MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas na Praia de Povoação (19°38'647S 39°48'615W), situada ao norte da desembocadura do Rio Doce (Figura 1).

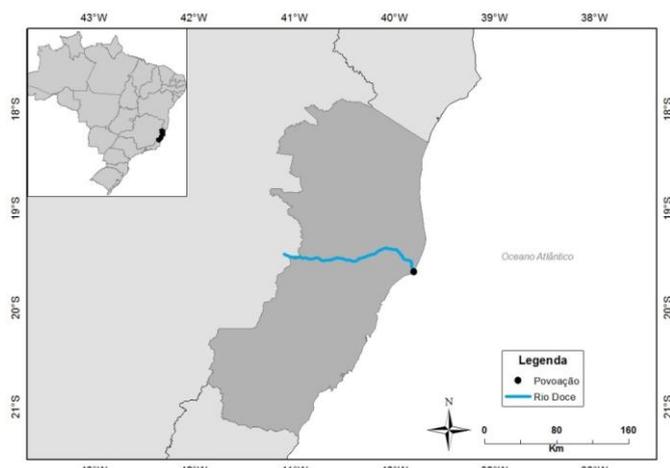


Figura 1: Mapa do litoral do Estado do Espírito Santo com a localização da área de estudo, Praia de Povoação - ES.

Os procedimentos de amostragem foram realizados em janeiro de 2016, 78 dias após o rompimento das barragens e 62 dias após a chegada da lama de rejeitos de minério de ferro da mineradora SAMARCO à foz do Rio Doce.

Para estimar o total de sólidos em suspensão (TSS) e a salinidade, foram coletados 1,5L de água do mar. As amostras de água do mar foram filtradas em filtros de papel e secas em estufa a 60°C. O material retido em cada filtro foi raspado e pesado em balança digital (precisão de 0,001g).

Pipetagem de finos foi realizada, a uma temperatura a 25°C, com alíquotas retiradas a 10 cm de profundidade. Foram retiradas sucessivas alíquotas, em seis tempos, seguindo o protocolo de Dias (2004). A granulometria, a seco seguiu o protocolo de SUGUIO (1973). Os parâmetros sedimentológicos foram calculados segundo FOLK e WARD (1957).

O teor de matéria orgânica (M.O.) foi obtido de acordo com Dean (1974) como sugerido, para sedimentos costeiros, por Couto (1994).

A amostragem limitou-se apenas ao mesolitoral inferior – denominado zona de “swash”, em maré de amplitude de 0,3m. Para a análise do material biológico foram tomadas 20 amostras com auxílio de um testemunhador cilíndrico de PVC (20 cm de diâmetro e 5 cm de profundidade) com distância de um metro entre um ponto amostral e outro.

O processamento das amostras biológicas consistiu no peneiramento sobre malhas

sobrepostas de 1.000, 500 e 250 μm . Os organismos e o sedimento retidos na última malha foram triados, sob microscópio estereoscópico, e preservados em álcool a 80%. Em cada amostra (n=20) os indivíduos foram contados e identificados até o menor nível taxonômico possível. Como descritores da fauna foram utilizados apenas os valores de abundância e de riqueza de espécies (S).

RESULTADO E DISCUSSÃO

A salinidade registrada foi muito baixa (5), refletindo o grande aporte de água doce no sistema costeiro. A transparência da água foi inferior a cinco centímetros, com elevado teor de TSS (0,993 g.L^{-1}). Assim como a salinidade, o teor de M.O. também foi considerado muito baixo ($0,3 \pm 0,002\%$). O sedimento local foi classificado como areia grossa bem selecionada, com distribuição leptocúrtica e aproximadamente simétrica, com baixos teores de silte (1,61%) e argila (0,39%). O valor médio do grão foi de $0,4429 \Phi$. Em praias de desembocadura fluvial é comum a presença de sedimentos mais grosseiros (areia média a grossa) aportados pelo rio (BIRD, 2008; JESUS: ANDRADE, 2011).

A baixa salinidade registrada também é um fator importante a ser considerado na estruturação da meiofauna, estando entre os fatores mais seletivos para a meiofauna costeira (SEMPRUCI et al., 2017).

Foram registrados 772 organismos distribuídos em quatro táxons. Uma espécie não identificada de Proseriata (Platyhelminthes) foi co-dominante (47,5%) com uma espécie não identificada da Família Thoracostomopsidae (Nematoda) (44,7%). Uma espécie não identificada de Acari (6,5%) e um Oligochaeta não identificado, pertencente à Família Enchytraeidae (1,5%) representaram a meiofauna presente.

A riqueza registrada neste trabalho pode ser considerada muito baixa. A diversidade e a riqueza são menores em ambientes poluídos e estressados, devido ao desaparecimento de organismos mais sensíveis como, por exemplo, ostracodas, gastrotricos, hidrozoários e tardigrados,

permanecendo apenas organismos mais tolerantes, como os nemátodos (PUSCEDDU et al., 2007).

A alta abundância de nematódeos registrada neste estudo pode estar relacionada a capacidade tanto de desintoxicação, quanto de habitar ambientes hipóxicos que lhes permite viver em ambientes extremos (VEIT-KOHLER et al., 2009). Nematódeos pertencentes à família Thoracostomopsidae são registrados em praias com alto hidrodinamismo e apresentam variações sazonais na abundância (GREENSLADE; NICHOLAS, 1991).

Os platelmintos Proseriata ocorrem em todos os habitats marinhos, desde o supralitoral ao infralitoral, e em todos os tipos de sedimentos (CURINI-GALLETTI; MARTENS, 1990). A grande abundância de uma espécie não identificada de Proseriata pode explicar a ausência de organismos comuns em áreas com menor salinidade como copépodos, anfípodos e poliquetas, uma vez que os mesmos são presas comuns deste grupo (CURINI-GALLETTI, 2001). Entretanto, o conteúdo de seus intestinos também inclui espécimes inteiros de nemátodos (aqui co-dominantes).

Os resultados obtidos neste trabalho são pioneiros para a área de estudo. A falta de informações sobre a meiofauna local, antes da chegada da lama da SAMARCO, impede a realização de comparações da estrutura da comunidade meiobêntica antes e depois do desastre. Entretanto, sugerem que o impacto, assim como as características ambientais, podem ter promovido extinção local de espécies de grupos normalmente registrados em praias arenosas com baixas salinidades como, por exemplo, poliquetas e microcrustáceos, que seriam mais sensíveis a estas modificações.

2. REFERÊNCIAS

- BIRD, E. C. **Coastal geomorphology: an introduction**. 2^a ed. New York: John Wiley & Sons, p.436, 2008.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 01, p. 62-77, 2002.
- COUTO, E.C.G. Comparação entre métodos para obtenção do teor de material orgânica em sedimentos estuarinos e costeiros através de ignição. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.37, n.2, p.443-448, 1994.
- CURINI- GALLETTI, M.; MARTENS, P. Karyological and ecological evolution of the Monocelididae (Platyhelminthes, Proseriata). **Marine Ecology**, v. 11, n. 3, p. 255-261, 1990.
- CURINI-GALLETTI, M. **The Proseriata. Interrelationships of the Platyhelminthes**, p. 41-48, 2001.
- DE OLIVEIRA GOMES, L.E., et al. The impacts of the SAMARCO mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 2017.
- DEAN, J.R, W, E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. **Journal of Sedimentary Research**, v. 44, n. 1, 1974.
- DEFEO, O. et al. Aggregate patterns of macrofaunal diversity: An interocean comparison. **Global Ecology and Biogeography**, v. 26, n 7, p.823–834, 2017.
- DEFEO, O. et al. Threats to sandy beach ecosystems: a review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 81, n. 1, p. 1-12, 2009.
- DEZFOULI, T.T. et al. Study on the Meiofauna Community Structure in Sajafi Shores as the BioIndicator of Environmental Pollution. **Open Journal of Ecology**, 6, 632-644, 2016.
- DIAS, A.J. **Análise sedimentar e o conhecimentos dos sistemas marinhos ((Uma Introdução à Oceanografia Geológica)**. Disponível em: <http://www.oceanografia.ufba.br/ftp/Sedimentologia/Bibliografia/Alverino_Dias_Analise%20Sedimentar%20Sistemas%20Marinhos_2004.pdf>, p.86, 2004.

ESCOBAR, H. Mud tsunami wreaks ecological havoc in Brazil. **Science** 350, 1138–1139, 2015.

FOLK, R.L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Research**, v. 27, n. 1, 1957.

GREENSLADE, P.; NICHOLAS, W. L. Some Thoracostomopsidae (Nematoda: Enoplida) from Australia, including descriptions of two new genera and diagnostic keys. **Invertebrate Systematics**, v. 4, n. 5, p. 1031-1052, 1990.

IBAMA, 20165. **Laudo Técnico preliminar Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais** http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf, (Consultado em 02 de outubro de 2016).

JESUS, L. V.; ANDRADE, A. C. S. Erosão da praia próxima ao espigão da Coroa do Meio–Aracaju–SE. **Anais do XXIV Simpósio de Geologia do Nordeste Aracaju: J. Andrade**, p. 176, 2011.

JOUILI et al. Environmental quality assessment of El Bibane lagoon (Tunisia) using taxonomic and functional diversity of meiofauna and nematodes. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, page 1 of 11. doi:10.1017/S0025315416000990. 2017.

LANCELLOTTI, D.A., STOTZ, W.B. 2004. Effects of shoreline discharge of iron mine tailings on a marine soft-bottom community in northern Chile. **Marine Pollution Bulletin**. 48, 303–312p. 2004.

LEE, M.R., CORREA, J.A. An assessment of the impact of copper mine tailings disposal on meiofaunal assemblages using microcosm bioassays. **Mar. Environ. Res.** 64 (1), 1–20p. 2007.

LEWIS, M. A. et al. Dredging impact on an urbanized Florida bayou: effects on benthos and algal-periphyton. **Environmental Pollution**, v. 115, n. 2, p. 161-171, 2001.

MCLACHLAN, A.; BROWN, A. **The Ecology of Sandy Shores**. San Diego, Academic Press, Burlington, MA, USA, p. 373, 2006.

MIRANDA, L.S.; MARQUES, A. C. Hidden impacts of the SAMARCO mining waste dam collapse to Brazilian marine fauna - an example from the staurozoans (Cnidaria). **Biota Neotropica**, v. 16, n. 2, 2016.

MOLINA, O.; VARGAS, J.A. Estructura del macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador. **Revista Biología Tropical**, v.42, n.1/2, p165-174,1994.

PEREIRA, T. J. et al. Patterns of Spatial Variation of Meiofauna in Sandy Beaches of Northwestern Mexico with Contrasting Levels of Disturbance. **Thalassas** DOI 10.1007/s41208-017-0038-x. 2017

PUSCEDDU, A. et al. Trophic state, ecosystem efficiency and biodiversity of transitional aquatic ecosystems: analysis of environmental quality based on different benthic indicators. **Chemistry and Ecology**, v. 23, n. 6, p. 505-515, 2007.

SCHLACHER, T. A.; THOMPSON, Luke. Beach recreation impacts benthic invertebrates on ocean-exposed sandy shores. **Biological Conservation**, v. 147, n. 1, p. 123-132, 2012.

SEMPRUCCI et al. Is meiofauna a good bioindicator of artificial reef impact? **Mar Biodiv**, 47:511–520 DOI 10.1007/s12526-016-0484-3. 2017.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1973.

URBINA, M.A. Temporal variation on environmental variables and pollution indicators in marine sediments under sea Salmon farming cages in protected and exposed zones in the Chilean inland Southern Sea. **Science of the Total Environment** 573: 841–853. 2016.

VEIT-KÖHLER, G., et al. Metazoan meiofauna within the oxygen-minimum zone off Chile: results of the 2001-PUCK expedition. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 56, n. 16, p. 1105-1111, 2009.