



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



**COMUNIDADES BENTÔNICAS DE SUBSTRATO
CONSOLIDADO DO LITORAL DO ESPIRITO SANTO**

ILHÉUS-BA

2019

ANA ROSÂNGELA SANTOS CRUZ

**COMUNIDADES BENTÔNICAS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO DO LITORAL
DO ESPIRITO SANTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, área de concentração em Ecologia Marinha, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Fabiana Cézar Félix Hackradt

Co-orientador: Carlos Werner Hackradt

ILHÉUS-BA

2019

ANA ROSÂNGELA SANTOS CRUZ

**COMUNIDADES BENTÔNICAS DE SUBSTRATO CONSOLIDADO DO LITORAL
DO ESPÍRITO SANTO**

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

ILHÉUS – BA

2019

C957

Cruz, Ana Rosângela Santos.

Comunidades bentônicas de substrato consolidado do litoral do Espírito Santo / Ana Rosângela Santos Cruz. – Ilhéus, BA: UESC, 2019.

xi, 36 f.: il.; anexos.

Orientadora: Fabiana Cézar Félix Hackradt.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referências.

1. Bentos. 2. Organismos marinhos. 3. Recifes e ilhas de coral. I. Título.

CDD 577.77

Dr^a. Fabiana César Félix Hackradt
(Orientadora - UFSB/BA)

Dr^a. Erminda da Conceição Guerreiro Couto
(Membro interno)

Dr^a. Anaide Wrublevski Aued
(Membro externo)

ILHÉUS-BA

2019

Dedico todo o esforço que depus neste trabalho ao meu irmão Ruan Santos Cruz (in memoriam), que sonhou junto comigo e me incentivou a realiza-lo, a saudade é grande.

Dedico ao meu, Filho Guilherme Santos Goes, que é o amor que alimenta a minha força de continuar “nadando” espero que um dia possa entender a minha ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Xangô pela proteção e por abrir meus caminhos “KAWÔ KABIECILE”

A minha Mãe Rosângela do Reis e Tia Josenilda Batista pelo amor, carinho, apoio e principalmente por contribuírem sempre que ouviam um “Me salvem”

A minha companheira Liz Miranda pelo amor, força e principalmente por aturar os meus momentos de irritabilidade, não negando nunca um “ombro” nos momentos de angustia

Aos amigos e colegas do Laboratório de Ecologia e Conservação Marinha (Lecomar) pelo constante apoio, em especial ao melhor casal de todos os tempos Manoela e Ítalo, vulgo Dítalo, vocês foram essência e inspiração nessa reta final, e José de Anchieta por todo conhecimento compartilhado de uma forma muito atenciosa.

EM ESPECIAL a Magnífica Orientadora mais paciente e compreensiva Fabiana Félix e meu malvado favorito Coorientador Carlos Werner Hackradt, por todo ensinamento, suporte durante o mestrado e mais uma porção de coisas que não caberiam aqui, resumo em uma palavra Gratidão! Vocês me transformaram.

A Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e o Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais (PPGSAT) pela oportunidade de realizar o mestrado

Ao professor Dr. Alex Bastos (UFES) por fornecer dados para elaboração do mapa de localização.

Ao Projeto Gerenciamento Costeiro (GERCOS) pelos dados fornecidos para a realização da pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) por financiar o projeto GERCOS.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de mestrado, sem essa bendita bolsa minha pesquisa não seria possível.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo contendo os pontos de coletas e os limites das três zonas estudadas: Zona Norte (ZN), Zona Central (ZC) e Zona Sul (ZS). 7
- Figura 2:** Imagem do modelo de foto-quadrado (50 x 50 cm) com as quatro subdivisões internas utilizado nas amostragens..... 8
- Figura 3:** Imagem processada no CPCe com a distribuição de 70 pontos aleatórios. 10
- Figura 4:** Cobertura média (\pm erro padrão) dos grupos de organismos bentônicos e demais categorias identificadas na costa do Espírito Santo 12
- Figura 5:** Coberturas média dos organismos bentônicos e demais categorias identificadas nas zonas estudadas na costa do Espírito Santo. 13
- Figura 6::** Análise de escalonamento Multidimensional das amostras referentes a cobertura bentônica obtidas nas 3 zonas de estudo na costa do ES. Legenda: N-Norte, C- Centro e S- Sul. 16
- Figura 7:** Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de Corais pétreos nas zonas estudadas. A cor azul representando menores médias coberturas e a cor vermelha maiores médias de cobertura 17
- Figura 8 :** Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de Turf nas zonas estudadas. A cor azul representando as menores médias de coberturas e a cor vermelha as maiores médias de cobertura. 18
- Figura 9:** Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de macroalgas nas zonas estudadas. A cor azul representando as menores médias de coberturas e a cor vermelha as maiores médias de cobertura. 19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de fotoquadrados obtidos por setor e zonas estudadas no litoral do Espírito Santo.	9
Tabela 2: Média e erro padrão dos organismos bentônicos obtidos nas 3 zonas estudadas na costa do Espírito Santo e frequência absoluta (FQ) e erro padrão da cobertura de toda a área estudada.	14
Tabela 3: Resultados da análise de Permanova da cobertura bentônica entre as diferentes Zonas (Zo) e os setores aninhados em Zona (Se(Zo)), obtidos através de 9999 permutações. Legenda: df - graus de liberdade; MS - média dos quadrados; F – valor da permanova; P - valor de significância. Valores significantes em negrito.....	14
Tabela 4: Resultado do teste pairwise (t) da PERMANOVA da cobertura bentônica entre as diferentes Zonas (Zo). Legenda: N-Norte, C-Central, S-Sul; t- Estatística t; P(perm)-valor de significância.	15
Tabela 5: Resultado da análise (SIMPER) de similaridade entre a cobertura bentônica nas zonas amostradas, indicando a porcentagens de contribuição (Contrib %) de cada grupo para dissimilaridade (diss) interna.Legenda: N-Norte, C- Centro e S- Sul	15

SUMÁRIO

SUMÁRIO	X
RESUMO	XI
ABSTRAT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo geral	5
2.2 Objetivos específicos	5
3. METODOLOGIA	5
3.1 Área de estudo	5
3.2 Desenho amostral	7
3.3 Análise das imagens	9
3.4 Análise estatística	11
4. RESULTADOS	12
4.1 Cobertura Bentônica	12
5. DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÃO	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
8. ANEXOS	35

RESUMO

CRUZ, Ana Rosângela Santos. **Comunidades Bentônicas De Substrato Consolidado Do Litoral Do Espírito Santo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ecologia Marinha) – Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC. Ilhéus-BA. 2019.

As comunidades bentônicas associadas a substrato consolidado desenvolvem uma alta biodiversidade de organismos, que possuem uma capacidade de locomoção reduzida ou vivem fixas ao substrato, fazendo com que estejam suscetíveis às alterações das condições ambientais, tornando-se assim bioindicadores. Portanto, entender a composição bentônica numa escala regional é imprescindível para identificar distúrbios ambientais. O litoral do Espírito Santo está localizado no sudoeste do Atlântico Sul, tem uma extensão de 411km destaca-se do restante por apresentar um grande número de ilhas, ilhotas e lajes. É o estado onde ocorre a transição geográfica da região tropical para a temperada quente, na qual apresenta características de alta diversidade de algas, que foram relacionadas com a heterogeneidade de habitat e às condições de temperatura da água. Apesar da extensão e uma fauna diversa, os estudos nessa área são restritos geograficamente. Nesse contexto o presente estudo teve como objetivo caracterizar a composição das comunidades bentônicas do litoral do Espírito Santo, descrevendo sua variabilidade em duas escalas espaciais, e avaliando os fatores que influenciam os padrões de distribuição encontrada. Dessa forma, o litoral do ES foi dividido em 3 zonas e dentro destas foram amostrados 22 localidades, ao longo de dois anos (2017-2018) entre os meses de janeiro e março, resultando assim 648 amostras (fotoquadrados), em profundidade que variaram de 3m -30m. O teste PERMANOVA mostrou que há diferenças significativas na composição bentônica ($p < 0,05$) entre as zonas amostradas, indicando assim que a diferença de habitats podem promover ou limitar a coexistência de diferentes espécies. Adicionalmente, houve predomínio de corais somente na zona Norte, corroborando com a descrição de que o litoral do Espírito Santo está inserido na zona de desaparecimento de recifes de corais. Assim, o litoral do Espírito Santo apresenta um padrão espacial de distribuição dos organismos bentônicos que diferem entre as zonas norte, centro e sul apresentando um gradiente latitudinal, associados a diversos fatores abióticos e geológicos.

Palavras-Chave: Recifes, comunidade bêmicas, gradiente latitudinal

ABSTRAT

CRUZ, Ana Rosângela Santos. Comunidades Bentônicas De Substrato Consolidado Do Litoral Do Espírito Santo. 2019. Dissertação (Mestrado em Ecologia Marinha) – Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC. Ilhéus-BA. 2019.

Benthic communities associated with consolidated substrate develop a high biodiversity of organisms that have reduced mobility or live fixed to the substrate, making them susceptible to changes in environmental conditions, thus becoming bioindicators. Therefore, understanding benthic composition on a regional scale is essential to identify environmental disturbances. The Espírito Santo coast is located in the southwest of the South Atlantic, has a length of 411km stands out from the rest because it has a large number of islands, islets and slabs. It is the local where the geographical transition from tropical to warm temperate occurs and has characteristics of high diversity of algae that related to heterogeneity habitat and water temperature conditions. Despite its length and diverse fauna, studies in this area are geographically restricted. In this context, the present study aimed to characterize the composition of the benthic communities of the Espírito Santo coast, describing their variability on two spatial scales, and evaluating the factors that influence the distribution patterns found. Thus, divided the coast of Espírito Santo into 3 zones and 22 locations were sampled, over two years (2017-2018) between January and March, resulting in 648 samples (photo-squared), which varied in depth from 3m -30m. The PERMANOVA test showed that there are significant differences in benthic composition ($p < 0.05$) between the sampled zones, thus indicating that habitat differences may promote or limit the coexistence of different species. Additionally, there was a predominance of corals only in the North zone, corroborating the description that the Espírito Santo coast is inserted in the coral reef disappearing zone. Thus, the Espírito Santo coast presents a spatial distribution pattern of benthic organisms that differ between the north, center and south zones presenting a latitudinal gradient, associated with several abiotic and geological factors.

Keywords: Reefs, Benthic communities, latitudinal gradient

1. INTRODUÇÃO

O conceito sobre comunidade no âmbito da ciência marinha faz referência a associação e dominância de uma ou mais espécies de plantas e animais ocorrendo em uma localidade, possibilitadas por características físicas do habitat (RICKLEFS, 2000). Cada comunidade apresenta propriedades funcionais e estruturais que irão determinar a probabilidade de dadas espécies ocorrerem juntas (ODUM, 1997).

A estrutura de um habitat, é composta pela organização espacial dos objetos no ambiente (MCCOY e BELL, 1991) e o aumento da sua rugosidade (e.g. topologia, buracos, gretas e fendas) gera uma grande variedade de microhabitats que podem promover ou limitar a coexistência de diferentes espécies bentônicas. Fornecendo assim alimento, refúgio contra predadores e locais para reprodução e desenvolvimento, influenciando na manutenção da biodiversidade dentro de um ambiente (MAYHEW, 2006; BARROS et al., 2009)

Os fatores abióticos como por exemplo, profundidade também desempenham um importante papel na composição e funcionamento das comunidades bentônicas, que por sua vez, são compostas de organismos que vivem em associação direta com o substrato marinho (FLOETER et al., 2001; WILLIAMS et al., 2002; BARROS et al., 2009) desenvolvendo uma alta biodiversidade de organismos com variadas formas de vidas e alimentação (CASTRO E HUBER, 2012). Estudos apontam que a profundidade, assim como a rugosidade influenciam na diversidade do ambiente. Assim, fatores ambientais podem contribuir para o domínio de uma dada espécie, no entanto, as características biológicas de cada espécie também se torna um fator limitante para sua ocorrência (TORRUCO et al, 2003). Outro fator que pode determinar a diversidade de organismos é a variação latitudinal onde geralmente a maior riqueza ocorre em direção a linha do equador (0°) e decaindo em direção a latitudes mais altas, porém esses padrões estão passíveis a variações oriundas de fatores abióticos regionais (GASTON, 2000).

Atualmente diferentes interpretações da definição de complexidade de habitat têm sido feitas, e de maneira geral, a existência de elementos estruturalmente diferentes constituindo um habitat pode trazer mais clareza para este tipo de compreensão. Para isso, considera-se como descritores de complexidade a diversidade de elementos, o arranjo espacial, o tamanho,

a abundância ou a densidade dos organismos (TOKESHI & ARAKAKI, 2012). Então, é possível dizer que, devido a influência de seus componentes nas comunidades, o habitat é considerado um dos fatores determinantes da diversidade biológica, do comportamento e da distribuição dos indivíduos (SABATER & TOFAEONO, 2007).

A distribuição de organismos bênticos são fundamentais para todo ciclo e equilíbrio dentro de um ecossistema que abrange desde corais, algas calcárias, macroalgas, esponjas, octocorais, entre outros organismos invertebrados (PLAISANCE et al., 2011). A abundância desses organismos pode variar acentuadamente em pequenas escalas espaciais de poucos metros, sendo influenciada por fatores abióticos (BASTOS, 2013).

Os habitats costeiros bentônicos estão entre os ambientes marinhos mais produtivos do planeta, podendo ter origens: 1) abiogênicas como por exemplo os afloramentos rochosos nas zonas costeiras, que são habitats de grande importância econômica e ecológica por abrigar uma alta riqueza de espécies; 2) biogênicas como os recifes de corais que, por sua vez, são formados a partir dos pólipos de Anthozoa, Hexacorallia e Scleractinia que secretam esqueletos de CaCO_3 e podem formar estruturas de grande tamanho, volume ao longo de milhares de anos (SHEPPARD et al., 2009). As algas calcárias também contribuem no processo de formação do recife, pois secretam esqueletos de CaCO_3 (BURKE et al., 2011). Além de serem construtores de estruturas, são as primeiras colonizadoras de substratos duros marinhos disponíveis e atuam na cimentação e acreção de recifes tropicais. Elas também são substratos importantes para o assentamento de coral e crescimento inicial (AMANCIO et al., 2007). Dessa forma é constituído o sistema geomorfológico marinho mais complexo com uma das maiores biodiversidades do planeta (HOEGH-GULDBERG et al., 2007).

No Brasil, assim como em outras regiões do mundo, o recife de corais tem sua ocorrência associada a proximidade com a região tropical, são bastante heterogêneos, sua distribuição ocorre do estado do Maranhão ($0^\circ 53'S$, $44^\circ 16'W$) até a costa norte do estado do Espírito Santo ($19^\circ 40'S$, $39^\circ 17'W$) e sua maior concentração de ocorrência se dá na região sudoeste do Atlântico Sul (LEÃO, 1996; CASTRO E PIRES, 2001; MAZZEI et al., 2017). Essas formações recifais estão inseridas numa plataforma continental estável, que por sua vez é caracterizada por um relevo oceânico aplainado, sem grandes variações topográficas, onde a luz solar tem maior incidência, possibilitando assim o desenvolvimento de diversas espécies bentônicas (TESSLER E MAHIQUES, 2000). Assim, a região do banco dos abrolhos que vai

do sul do estado da Bahia até o Norte do estado do Espírito Santo compreende a um alargamento da plataforma continental brasileira, resultando na maior biodiversidade do Atlântico Sul (CASTRO E PIRES, 2001).

Estudos de padrões de distribuição bentônica em todo litoral brasileiro indicam que regiões de latitudes médias (20° S e 23°S) como a de maior riqueza bentônica dominadas por algas tipo tuf e macroalgas e com baixa cobertura de corais construtores de recifes (AUED et al., 2018). É nessa região que está inserida a área foco do presente estudo, que consiste no litoral do estado do Espírito Santo por sua vez está localizado no sudeste do Brasil, entre os estados do Rio de Janeiro e Bahia. Sua costa tem 411 km de extensão e está voltada para sudeste, no oceano Atlântico Sul destaca-se do restante por apresentar um grande número de ilhas, ilhotas e lajes (ALBINO et al., 2016). É o estado onde ocorre a transição geográfica da região tropical para a temperada quente, na qual apresenta características de alta diversidade de algas, que foram relacionadas com a heterogeneidade de habitat e às condições de temperatura da água (HORTA, 2001) influenciadas por duas correntes: A corrente do Brasil (CB) sendo quente e salina com baixos níveis de produtividade (OLIVEIRA, 1977) e sob a CB encontra-se a massa de Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada pela água fria e rica em nutrientes, que penetra na região costeira do Estado durante o verão (VALENTIN E MOREIRA 1978; ALBINO et al., 2016).

O estado do Espírito Santo, está inserido em um cenário estratégico no desenvolvimento do país, principalmente, devido as atividades econômicas do setor portuário. É sabido que esse tipo de atividade antrópica direta (e.g. lançamento de efluentes domésticos; construções sobre os costões; derrames de petróleo; metais pesados e introdução involuntária de espécies exóticas; pesca predatória) e indireta como as mudanças climáticas e acidificação dos oceanos; geram impactos muitas vezes irreversíveis para os ecossistemas marinhos.

As consequências para a biota refletem, principalmente, sob a diversidade de espécies que pode ser alterada pela modificação ou perda de habitat (CREED et al. 2007) e podem contribuir também para elevada biomassa e produção primária de algas epilíticas e macroalgas (CASTRO; PIRES, 2001), podendo resultar em um fenômeno conhecido como mudança de fase caracterizado pela substituição da biota construtiva (corais hermatípicos) para a dominância de organismos não construtores de recifes, como corais moles e algas (DONE,1992) influenciando negativamente na pesca e turismo (BELLWOOD et al., 2004)

Assim, estudos de reconhecimento de biodiversidade marinhas em escalas locais e regionais são fundamentais para base de estudos em ecologia, possibilitando constatações de danos ambientais, decorrentes de atividades antrópicas, tomando como base estudos anteriores de variação espacial e temporal, pois a ausência de dados anteriores inviabiliza a avaliação da extensão e possível previsão das consequências do impacto, resultando na falta de ações redutora e compensatórias que gerem a resiliência do ecossistema (GUILARDI et al. 2008; FRANCINI- FILHO et al., 2013).

Com o aumento da cobertura bentônica numa escala global, intensificou-se as buscas por respostas sobre impacto ambiental de diferentes origens, fazendo com que houvesse a necessidade de se obter informações mais meticulosas a respeito das comunidades bentônicas, pois são organismos que possuem uma capacidade de locomoção limitada ou são sésseis, dessa maneira estão mais expostos aos impactos locais e globais por períodos longos, logo sua resposta ao estresse os tornam bioindicadores da qualidade ambiental (DIAZ et al. 2004).

Diferentes métodos de amostragens podem ser realizados em comunidades bentônicas de substrato consolidado, sendo um dos mais comuns os fotoquadrados (MURRAY et al. 2002; BOHNSACK, 1979), uma metodologia que permite um maior esforço e tamanho amostral em um menor tempo em campo e sem gerar danos aos organismos marinhos.

No entanto, os estudos de comunidades bentônicas de substrato consolidado no litoral do Espírito Santo tem um histórico de levantamentos em locais específicos, podendo-se citar os trabalhos de Barbosa et al. (2008), que abordou as comunidades bentônicas dominadas por macrófitas de um recife exposto na praia de jacaraípe localizado no município de Serra; Mazzei et al. (2017) que abordou a fauna em recifes recém descobertos no litoral norte do estado; e o mais recente é a abordagem de Aued et al. (2018) que fez um levantamento da comunidade bentônica para todo o litoral brasileiro incluindo a região Sul do estado do Espírito Santo. Esse cenário reforça ainda mais a necessidade de conhecimento das comunidades bentônicas presentes nesse extenso litoral que detém uma das maiores biodiversidades marinhas do Brasil.

Assim o presente trabalho buscou responder as seguintes perguntas: qual a diversidade de organismos bentônicos presentes na costa do Espírito Santo? Há diferenças na comunidade

bentônica ao longo da costa? E quais são os fatores que possivelmente influenciam nesta zonação?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar as comunidades bentônicas de ambientes recifais (rochosos e coralíneos) do litoral do Espírito Santo .

2.2 Objetivos específicos

- Descrever a porcentagem de cobertura de espécies bentônicas de ambientes recifais no litoral do Espírito Santo;
- Determinar a diferença espacial da comunidade bentônica em pequena e larga escala ao longo do litoral do Espírito Santo.

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na costa do Espírito Santo (ES), localizado no sudeste do Brasil, entre os estados do Rio de Janeiro e Bahia. Sua costa tem 411 km de extensão e apresenta geomorfologia costeira heterogênea, abrangendo estruturas recifais, afloramentos de rochas ferruginosas, rochas ígneas e placas de algas calcárias (ALBINO et al., 2016). Para a coleta de dados e mensuração da cobertura bentônica a área de estudo foi segmentada em três zonas (Norte, Central e Sul; Figura 1).

Para delimitação das zonas foram traçadas linhas imaginárias perpendiculares a costa

(Figura 1). A zona Norte compreende a área entre a fronteira do estado da Bahia e Espírito Santo até o limite do município de São Mateus (ES). Essa região compreende o sul do Banco dos Abrolhos, onde há um alargamento na plataforma continental alcançando 200 km mar adentro, e com profundidades médias de 30m (CASTRO, 1994). Essa região compreende o sul do banco dos Abrolhos, que até a década passada era pouco estudada e caracterizada como uma área dominada por sedimentos não consolidados (areia ou lama) e desprovida de recifes, devido a grandes descargas fluviais advindas do Rio Doce (MOURA et al., 2013). Com técnicas de Side-scan (Bastos et al., 2013) revelou-se a existência de um complexo de recifes rasos (entre 12 a 25 m de profundidade) que foram denominados de Recifes Esquecidos (MAZZEI et al., 2017). É importante ressaltar que eram desconhecidos apenas para a ciência, pois segundo Mazzei e colaboradores (2017) sinais de atividade antrópicas foram registrados, como por exemplo fragmentos de rede de pesca e sinais de ancoragem.

A Zona Central compreende da foz do rio Piraque-açu até o município de Guarapari, abrangendo locais como as regiões do Baixo do Carapebus, Baixo do Relógio, Ilha das Garças e dos Pacotes, sendo composta por afloramentos rochosos e arenitos ferruginosos (LEÃO et al., 2005).

A Zona Sul foi delimitada a partir do limite sul do município de Guarapari até a fronteira dos estados Espírito Santo e Rio de Janeiro onde estão situadas a região das Três Ilhas, Ilhas Rasas e Ilha Escalvada, além de concreções recifais próximas a costa. É caracterizada como uma zona de transição tropical com predominância de águas oligotróficas e ressurgência sazonal (SCHMID et al., 1995; TEIXEIRA et al., 2013).

Devido à proximidade da costa, as zonas Central e Sul são áreas que estão mais sujeitas a impactos antrópicos diretos como: pesca predatória, lançamento de efluentes e excessivo aporte terrígeno decorrente da urbanização desenfreada, além das atividades portuárias e de exploração petroquímica, tais fatores podem moldar a composição de fundo da zona estudada (STERZA; FERNANDES, 2006).

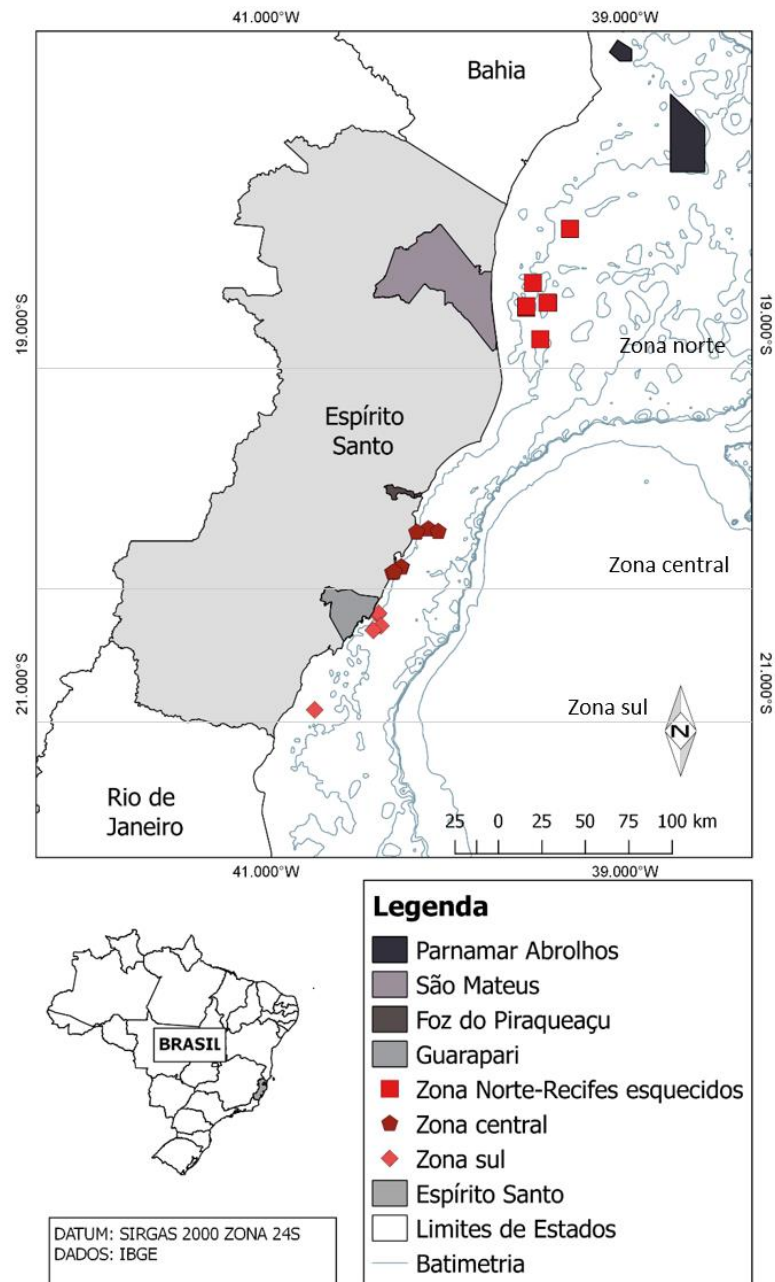


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo contendo os pontos de coletas e os limites das três zonas estudadas: Zona Norte (ZN), Zona Central (ZC) e Zona Sul (ZS).

3.2 Desenho amostral

Para a obtenção dos dados da cobertura bentônica foram realizadas seis campanhas de campo ao longo de dois anos (2017-2018) entre os meses de janeiro e março, onde as amostras foram obtidas através da metodologia de fotoquadrados.

No total foram amostrados 22 localidades (ambientes de substrato consolidado): 10 localidades na zona Norte; 7 localidades na zona Central e 5 localidades na zona Sul. O desenho amostral foi realizado de forma desbalanceada devido a disponibilidade de substrato em cada zona, assim não é possível discriminar um número absoluto de quadrados (ver Tabela 1). De forma aleatória, foram distribuídos quadrantes de 50 x 50cm, subdivididos em 4 partes iguais (25 x 25cm) (Figura 2) e obtidos imagens digitais utilizando câmeras fotográficas semi-automáticas. No total foram realizadas 648 amostras (fotoquadrados) em diferentes profundidades, onde de 3 à 10 m foram realizados 36% das amostras; de 10 à 20 m; 44% ; 20 à 30m, 19%.

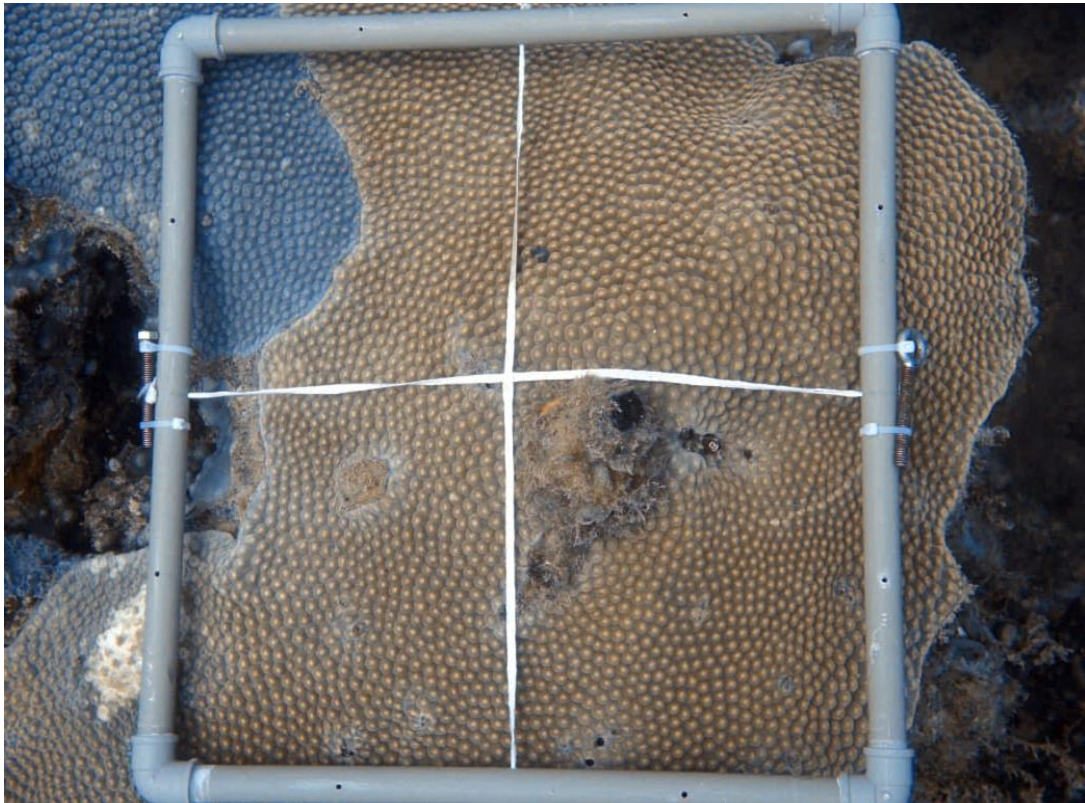


Figura 2: Imagem do modelo de foto-quadrado (50 x 50 cm) com as quatro subdivisões internas utilizado nas amostragens.

Tabela 1: Número de fotoquadrados obtidos por setor e zonas estudadas no litoral do Espírito Santo.

Zona Norte	Qtd de fotoquadrados	Zona Central	Qtd	Zona Sul	Qtd	Total
Esquecidos1	40	Baixo Carapebus	16	Ilha Sul	44	
Esquecidos2	40	C4	40	R1	32	
Esquecidos3	20	Ilha das Garças	28	Três Ilhas	48	
Esquecidos4	28	Ilhas Pacotes Exposto	40	Ilha Rasa	48	
Esquecidos5	28	Ilha Pacotes Protegido	24	Escalvada	40	
Esquecidos6	20	R14	24			
Esquecidos7	8	Baixo do Relógio	12			
Esquecidos8	12					
Esquecidos9	40					
RN1	16					
Total Fotoquadrados	252		184		212	648

3.3 Análise das imagens

Para obtenção de dados de cobertura bentônica as imagens foram analisadas no software CPCe (Coral Point Count with Excel extensions 4.1) (KOHLER; GILL, 2006), um total de 2.592 fotos correspondentes aos 648 fotoquadrados. A escolha da quantidade de pontos a ser utilizada na análise se deu através da elaboração de uma curva de saturação de espécies onde foram testados conjuntos amostrais contendo 30, 50, 70, 100 pontos aleatórios. A estabilidade da curva foi alcançada em 70 pontos, e, portanto, esse número foi utilizado para a obtenção dos dados percentuais de cobertura totalizando assim 280 pontos dispostos de forma aleatória por fotoquadrado (Figura 3).

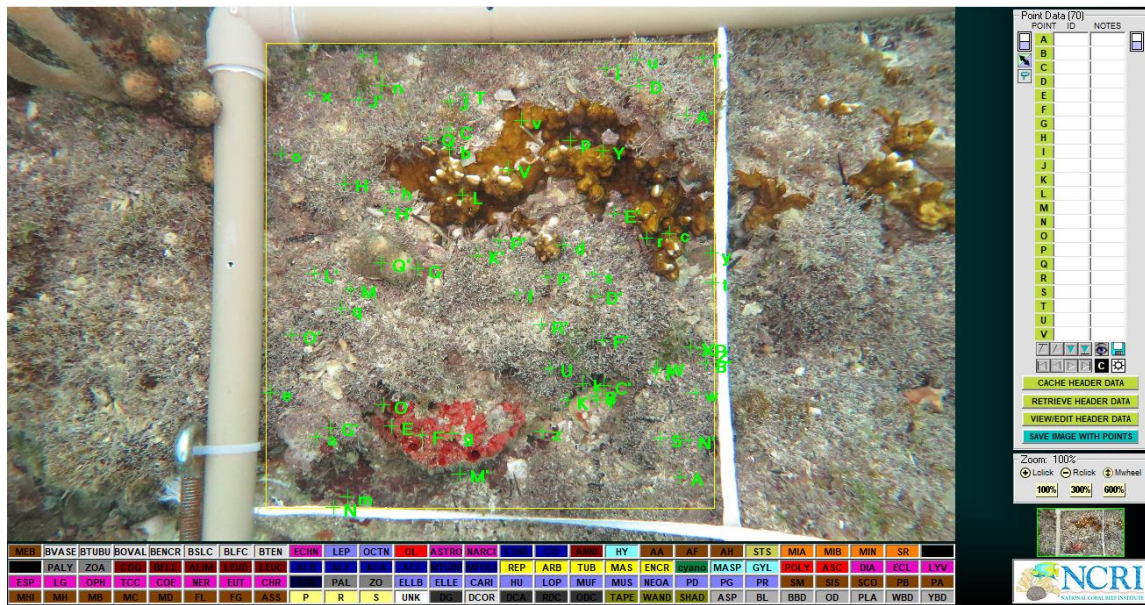


Figura 3: Imagem processada no CPCe com a distribuição de 70 pontos aleatórios.

Para a identificação dos organismos bentônicos foram utilizadas as referências bibliográficas nacionais (HAJDU et al., 2011; STENECK E DETHIER, 1994 ; NASSAR, 2012) e internacionais (HUMANN E DELOACH, 2002), além do portal eletrônico <https://www.marinespecies.org>, para conferência de nomenclaturas e locais de ocorrência de cada organismo. Assim a classificação de cada organismo bentônico se deu da seguinte maneira: 1) em nível de espécies quando possível foram identificados os corais hermatípicos e zoantídeos; 2) em nível de grandes grupos taxonômicos sendo eles esponjas, cianobactéria, hidrozoários, outros invertebrados, gorgônias, macroalgas, equinodermos, turf (algas epilíticas até 10cm de altura, segundo Connell et al., 2014). Este tipo de agrupamento é útil em estudos de monitoramento, pois permitem comparações gerais da estrutura de comunidade entre áreas diferentes, sem necessariamente considerar assembleias de espécies locais (DRUMMOND; CONNELL 2005) além de evitar erros de classificação devido à dificuldade de identificação em nível específico por fotografia; 3) substrato inconsolidado. Durante as análises partes da imagem que não correspondiam a organismos vivos, como por exemplo sombra, estrutura do fotoquadrado e da fita, foram também identificadas e posteriormente ignoradas na distribuição percentual dos organismos.

3.4 Análise estatística

Para diminuir os efeitos das espécies raras e dominantes nos dados de cobertura utilizou-se a transformação do arcoseno no software R (<https://www.r-project.org>).

A diferença entre as variáveis (% de cobertura dos organismos) e co-variáveis (profundidade e rugosidade) que descrevem a estrutura da comunidade bentônica considerando duas escalas espaciais - a grande escala, Zona (Zo, fator fixo) e a menor escala, localidades (Le, fator aleatório) - foram testadas por meio da análise de variância por permutações (PERMANOVA) considerando 9999 permutações. Uma matriz de similaridade foi construída a partir dos dados de porcentagem de cobertura de cada grupo definido utilizando a matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis previamente as análises. As variáveis profundidade e rugosidade foram utilizadas como co-variáveis com a finalidade de retirar sua influência sobre o efeito dos fatores testados sobre a cobertura bentônica. Quando houve diferença estatística, o teste par a par (*pairwise*) da PERMANOVA foi usado para identificar em que níveis dos fatores foram encontradas as diferenças. Posteriormente foi realizada uma análise multivariada de similaridade de porcentagens (SIMPER) para compreender quais grupos taxonômicos mais contribuíram para a dissimilaridade entre as zonas.

A análise de escalonamento multidimensional (MDS) foi utilizada para descrever a estrutura espacial dos dados de cobertura em cada Zona e usada para representar uma matriz de proximidades (semelhança) entre uma série de amostras de modo que possam ser mais facilmente visualizados. Adicionalmente, foi executado um teste de homogeneidade das dispersões multivariadas (PERMDISP) que testa se as dispersões multivariadas dentro de cada localidade diferem entre as zonas.

Para todas as análises considerou-se um nível de significância de 5%, e para a realização das análises multivariadas foi utilizado o programa PRIMER-e v.6. O software QGIS versão 2.18 foi utilizado para gerar uma análise espacial de distribuição da cobertura bentônica. Foi adotado o modelo espacial de interpolação que consiste no processo de utilização de pontos com valores conhecidos para estimar os valores em outros pontos desconhecidos (QGIS, 2018).

4. RESULTADOS

4.1 Cobertura Bentônica

Considerando toda a área amostrada obteve-se um total de 13 grandes grupos taxonômicos onde o mais abundante foi o turf (35% e $\pm 1,8$) seguido de macroalgas (12,6% e ± 1), algas calcárias (11,2% e $\pm 0,8$), esponja (8,3% e $\pm 0,5$) corais (5,7% e $\pm 0,8$) e zoantídeos (5,4% e $\pm 1,2$) (Figura 4).

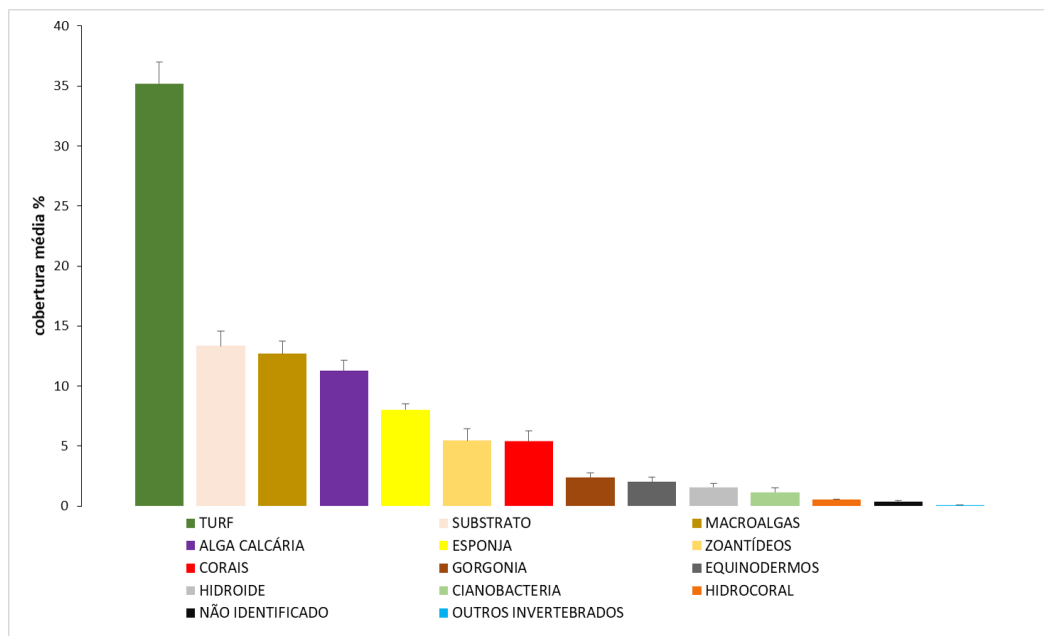


Figura 4: Cobertura média (\pm erro padrão) dos grupos de organismos bentônicos e demais categorias identificadas na costa do Espírito Santo

Todos os grupos bentônicos foram observados nas 3 zonas, exceto hidrocoral que não foi registrado na zona Central. As 3 zonas apresentaram predominância de grupos bentônicos distintos, sendo o turf a cobertura mais representativa independente da zona amostrada (Tabela 2). Aparte do turf, na zona norte observou-se a predominância da cobertura coralínea (14,07 %), seguida de esponjas (12,56%), macroalgas (11,16%) e Zoantídeos (8,30%) (Figura 5, Tabela 2). Considerando a cobertura coralínea foi possível identificar treze espécies das quais cinco são endêmicas do Brasil. A espécie de coral *Montastraea cavernosa* foi a que

apresentou a maior cobertura média com 7,12 % \pm 7,7, (Anexo 1).

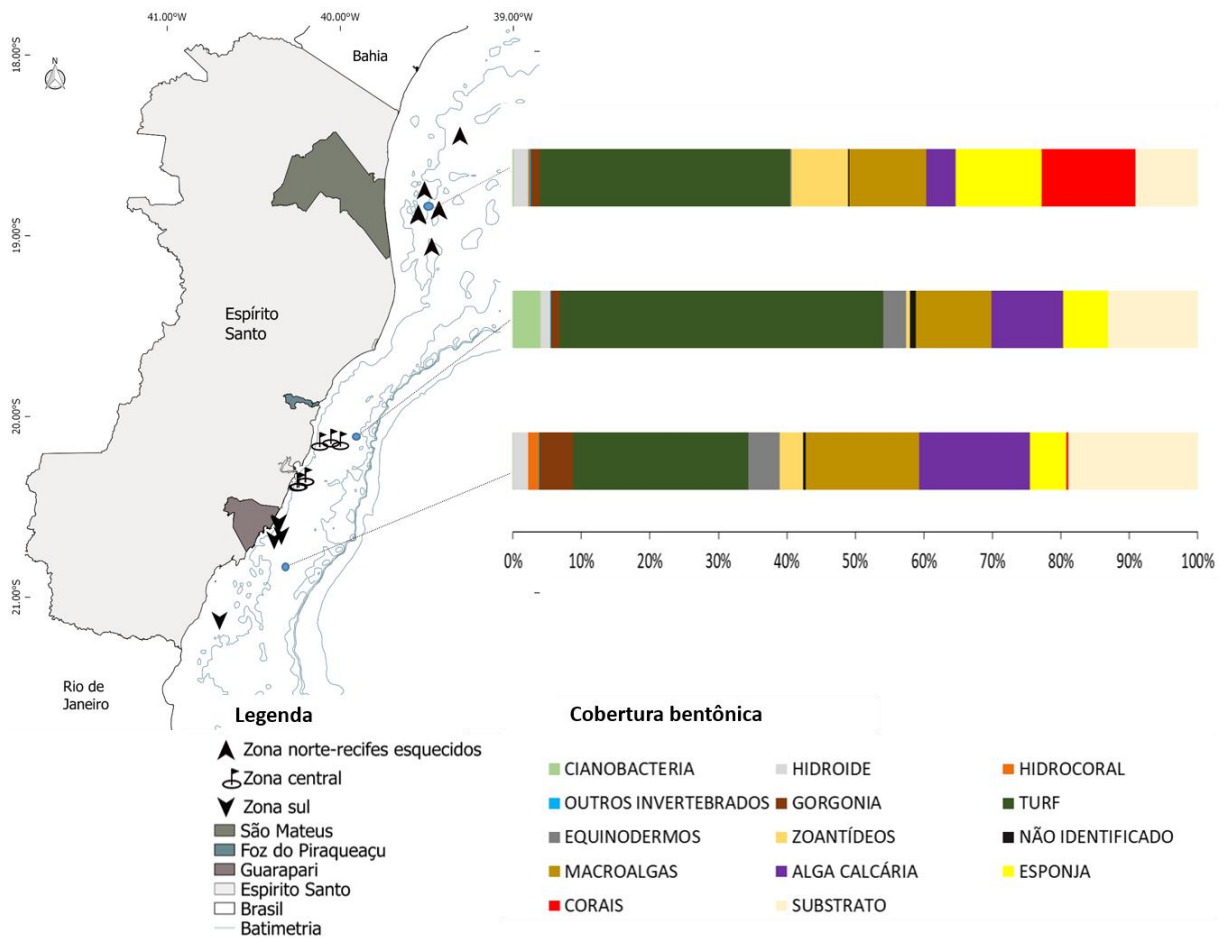


Figura 5: Coberturas média dos organismos bentônicos e demais categorias identificadas nas zonas estudadas na costa do Espírito Santo.

Por outro lado, na Zona Central e Sul houve uma maior ocorrência de macroalgas (11,13 % e 16,32 %), seguida de alga calcária (10,43 % e 15,91 %), respectivamente (Tabela 2). O percentual de cobertura de cianobactéria, gorgônias, hidroides, equinodermos e outros invertebrados foram baixos em geral. Entretanto, a análise entre localidades aponta que os grupos bentônicos supracitados, contribuem para uma maior heterogeneidade entre localidades (Anexo 2). Vale ressaltar que uma das 10 localidades da zona norte, a formação recifal (EQ4) apresentou uma alta taxa de cobertura do grupo zoantídeo ~74%, caracterizando assim essa localidade como a mais homogênea da zona norte (Anexo 2).

Tabela 2: Média e erro padrão dos organismos bentônicos obtidos nas 3 zonas estudadas na costa do Espírito Santo e frequência absoluta (FQ) e erro padrão da cobertura de toda a área estudada.

Grupos bentônicos	zona norte		zona central		zona sul		FQ	±
	media	erro±	media	erro ±	media	erro ±		
CIANOBACTERIA	0,13	0,09	4,01	2,66	0,05	0,02	1,15	0,34
TURF	36,49	6,20	47,41	7,92	25,23	5,03	35,20	1,83
MACROALGAS	11,16	3,57	11,13	1,73	16,32	2,17	12,69	1,06
ALGA CALCÁRIA	4,29	1,10	10,43	3,35	15,91	2,88	11,30	0,86
ESPONJA	12,56	0,41	6,60	0,22	5,25	0,24	8,04	0,50
EQUINODERMOS	0,20	0,12	3,32	1,67	4,51	3,09	2,02	0,41
HIDROIDE	2,09	1,80	1,45	0,57	2,15	0,95	1,55	0,30
OUTROS INVERTEBRADOS	0,19	0,12	0,07	0,04	0,04	0,02	0,09	0,03
HIDROCORAL	0,14	0,12	0,00	0,00	1,50	1,01	0,57	0,03
GORGONIA	1,42	0,68	1,30	0,75	4,88	1,22	2,40	0,34
CORAIS pétreos	13,74	3,16	0,01	0,01	0,29	0,08	5,38	0,89
ZOANTÍDEOS	8,30	7,35	0,60	0,49	3,35	1,82	5,44	1,28
NÃO IDENTIFICADO	0,23	0,05	0,77	0,48	0,41	0,16	0,38	0,08
SUBSTRATO	9,13	5,05	13,15	3,78	18,64	4,62	13,33	1,24

Considerando todos os grupos bentônicos avaliados o teste PERMANOVA evidenciou diferenças significativas na cobertura bentônica entre as três zonas estudadas e a pequena escala espacial, entre os setores (aninhados a cada zona) (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados da análise de Permanova da cobertura bentônica entre as diferentes Zonas (Zo) e os setores aninhados em Zona (Se(Zo)), obtidos através de 9999 permutações. Legenda: df - graus de liberdade; MS - média dos quadrados; F – valor da permanova; P - valor de significância. Valores significantes em negrito.

Fonte de variação	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
zo	2	18664	3,6783	0,0016
se(zo)	19	4222,8	10,928	0,0001
Res	140	386,4		
Total	161			

O teste par a par com base na PERMANOVA *pairwise*, revelou que a zona norte

diferiu das demais zonas, enquanto que a zona central e sul não houve diferença significativa (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado do teste pairwise (t) da PERMANOVA da cobertura bentônica entre as diferentes Zonas (Zo). Legenda: N-Norte, C-Central, S-Sul; t-Estatística t; P(perm)-valor de significância.

ZONAS	t	P(perm)
C,S	1,5577	0,0523
C, N	2,0274	0,0038
S, N	2,0259	0,0126

A análise de similaridade entre as espécies SIMPER revelou que as zonas Central e Sul foram dissimilares a zona Norte com um índice de ~ 49% e os principais grupos bentônicos que contribuíram para essa diferença foram a porcentagem de cobertura de corais e turf para ambas as áreas, macroalgas para a zona Central e alga calcária na zona Sul (Tabela 5).

Tabela 5: Resultado da análise (SIMPER) de similaridade entre a cobertura bentônica nas zonas amostradas, indicando a porcentagens de contribuição (Contrib %) de cada grupo para dissimilaridade (diss) interna. Legenda: N-Norte, C- Centro e S- Sul

ZONAS	C,N	S,N
	diss=49,55	diss= 49,09
Grupos bentônicos	Contrib%	Contrib%
Corais	20	17,97
Turf	14,67	11,29
Substrato	11,67	12,55
Macroalgas	9,76	10,27
Alga calcária	8,99	11,66
Esponjas	8,5	7,19
zoantídeos	7,84	8,82
Cianobactéria	4,68	-
Equinodermos	4,27	4,71
Gorgônia	-	6,27

A diferença no padrão de distribuição entre as zonas pode ser melhor observada através do diagrama de ordenação de escalonamento multidimensional (MDS), onde as amostras das zonas central e sul se distribuíram espacialmente de maneira mais semelhantes quando comparados com a zona norte (Figura 6). Para corroborar esse resultado o teste do PERMDISP deu significativo para todas as zonas amostradas ($p < 0,0001$).

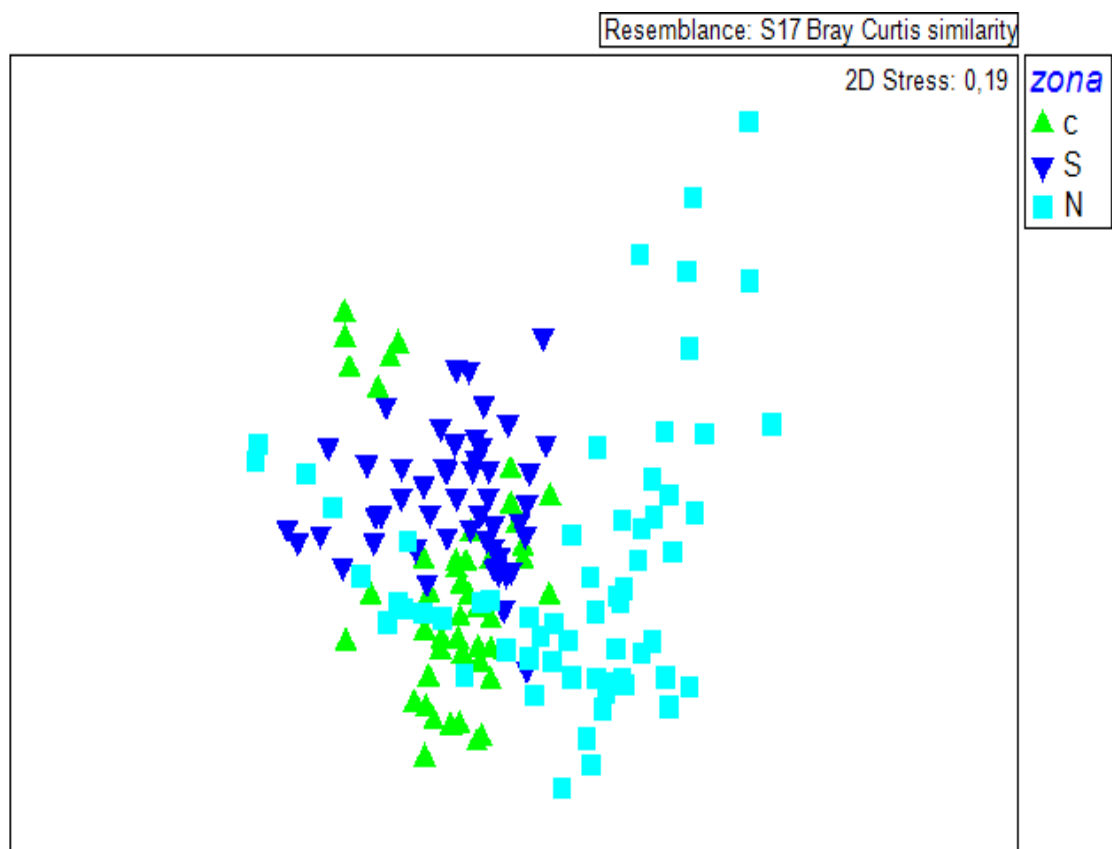


Figura 6:: Análise de escalonamento Multidimensional das amostras referentes a cobertura bentônica obtidas nas 3 zonas de estudo na costa do ES. Legenda: N-Norte, C- Centro e S- Sul.

Os mapas de interpolação elaborados para representar a cobertura bentônica ao longo do litoral do ES, apresentaram um padrão de distribuição que confirmam os resultados encontrados nas análises estatísticas, onde os corais tiveram predomínio na zona Norte (Figura 7) seguido do grupo turf e macroalgas que tiveram diferentes porcentagens de

cobertura nas 3 (Figura 8 e 9).

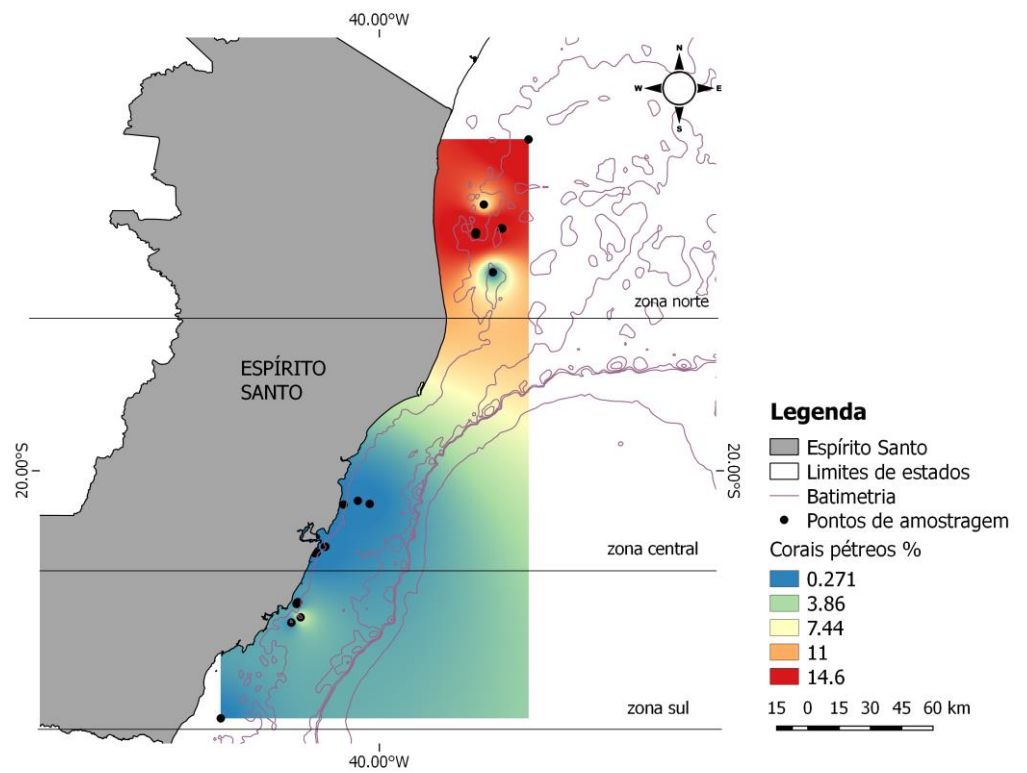


Figura 7: Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de Corais pétreos nas zonas estudadas. A cor azul representando menores médias coberturas e a cor vermelha maiores médias de cobertura

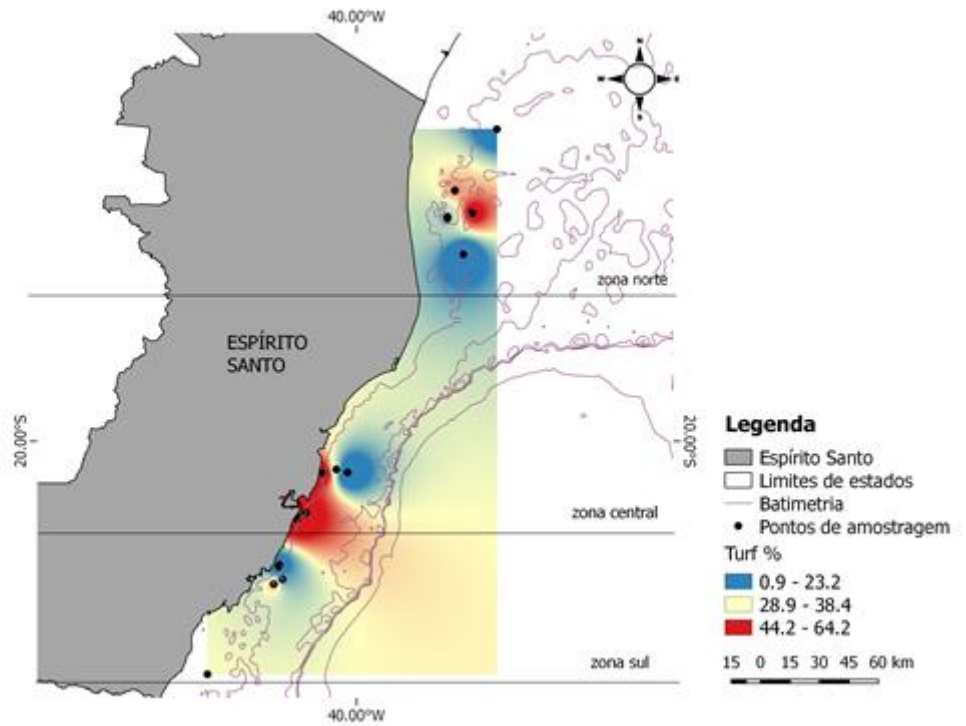


Figura 8 : Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de Turf nas zonas estudadas. A cor azul representando as menores médias de coberturas e a cor vermelha as maiores médias de cobertura.

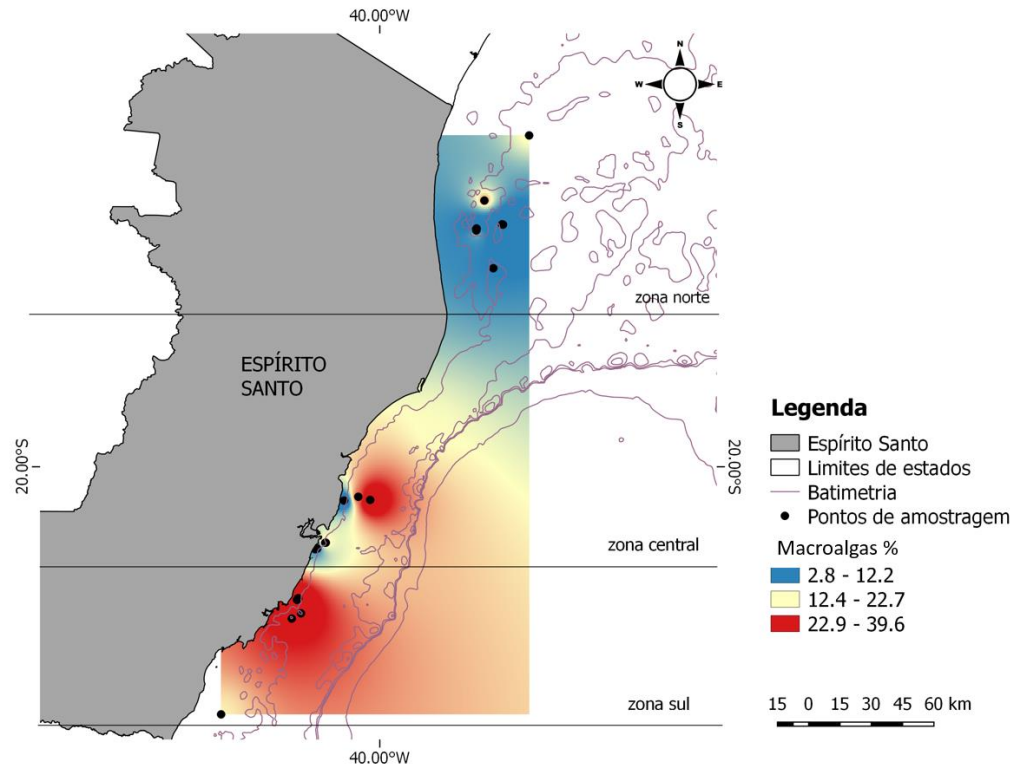


Figura 9: Mapa de modelo interpolação de ponderação pelo inverso da distância (IDW) da cobertura de macroalgas nas zonas estudadas. A cor azul representando as menores médias de coberturas e a cor vermelha as maiores médias de cobertura.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo fornece a primeira base de levantamento de abundância e diversidade da comunidade bentônica de todo o litoral do Espírito Santo. A dominância se deu por grupos de algas tipo turf e macroalgas. Tal afirmação corrobora com estudos que indicam esse mesmo padrão para toda a extensão do litoral brasileiro, até mesmo em recifes biogênicos onde a cobertura de algas é maior do que corais pétreos (AUED et al., 2018). Este cenário é observado em ecossistemas marinhos de outras partes do mundo como nas ilhas do Caribe, onde estudos apontam uma cobertura de algas tipo turf de 23,6 % (JACKSON et al., 2014), e 53% de macroalgas, nas ilhas havaianas (VROOM et al., 2016). O declínio de organismos calcificadores como os corais é uma realidade global (WILKINSON, 2004;

BRUNO E SELIG, 2007) assim as algas podem rapidamente ocupar espaço acarretando no fenômeno conhecido como mudança de fase (NYSTRÖM et al., 2008). Esse fenômeno é tipicamente observado em ecossistemas impactados, onde a relação coral/alga é reduzida (MCMANUS E POLSENBERG, 2004). Entretanto estudos realizados nas ilhas da Samoa Americana, onde o nível de impacto é considerado alto pelos autores, as médias de cobertura de corais relatadas são maiores do que as de algas (BRAINARD et al., 2008). Dessa forma atributos que classificam ambientes saudáveis e não saudáveis são relativos (VROOM et al., 2016), indicando haver outras influências na ocupação espacial das espécies de corais e macroalgas.

Outros fatores podem explicar as altas ocorrências de algas como a pesca predatória que leva a diminuição de herbívoros e conseqüente predomínio de macroalgas (ARONSON E PRECHT, 2000), como também a urbanização desenfreada que acarreta no aumento da lixiviação de sedimentos e nutrientes para o ambiente costeiro, fatos que favorecem a reprodução e ocupação acelerada de algas (MCCOOK, 2001; VERMEIJ et al., 2010;). De um outro ponto de vista, as altas taxas de cobertura de macroalgas (mais abundantes nas zonas Central e Sul) ao longo do litoral do ES podem estar correlacionadas a influência da ressurgência (PRATA, 2007), atuante na zona Sul do estado, que por sua vez é um fenômeno onde camadas inferiores de águas mais frias e ricas em nutrientes afloram a superfície. Sabe-se que o litoral do Espírito Santo é reconhecido como uma zona de transição dos ambientes recifais, que ocorrem desde o estado do Maranhão e desaparecem no ponto médio da costa do Espírito Santo (CASTRO E PIRES, 2001; MAZZEI et al., 2017). A presença dessa massa de água fria na zona eufótica a partir da do ponto médio da costa do estado, onde há um encurtamento da plataforma continental (ALBINO et al., 2016), resulta em grande aumento na produtividade primária (PRATA, 2007), o que contribui para a redução do recrutamento e a permanência de espécies construtoras de recifes de corais, diminuindo assim sua ocorrência. Assim a dominância de turf e macroalgas pode ocorrer devido à combinação de fatores físico-químicos e os efeitos das atividades antrópicas (AUED et al., 2018).

Nesse estudo, a cobertura coralínea foi mais abundante na Zona Norte, região localizada ao sul do Banco dos Abrolhos, caracterizada pelo alargamento da plataforma continental (CASTRO E PIRES, 2001). Além dos fatores citados acima, a origem geológica e eventos importantes para constituição, modificação e realidade atual desta zona, pode estar intimamente ligada a toda história paleogeológica do Banco dos Abrolhos, como por exemplo

o resultado de atividades vulcânicas ocorridas entre o Cretáceo superior e Eoceno médio (ASMUS et al., 1972). Eventos de sedimentação, regressão marinha, irradiação de populações de corais escleractíneos e, por consequência, biogênese de recifes e estruturas coralíneas, podem ter agido de maneira semelhante em todo Banco dos Abrolhos, e por consequência nesta zona, favorecendo a predominância e ocorrência destes *taxa* nessa zona (LEÃO et al., 2003)

Dentre os corais hermatípicos registrados neste estudo, a espécie mais abundante de foi a *Montastraea cavernosa* corroborando FRANCINI-FILHO et al. (2013). Essa abundância pode ser explicada devido a essa espécie ser reconhecida por ter uma elevada capacidade de remoção de sedimento, logo é resistente a sedimentação (LASKER, 1980) e típica de regiões mesofóticas, logo e se beneficia em ambientes de baixa luminosidade (KAHNG et al., 2010) 3). A disponibilidade de nutrientes nos recifes costeiros avaliados, podem levar a altas taxas de crescimento e reprodução da *Montastraea cavernosa*, contribuindo assim para o sucesso de recrutamento larval desta espécie (PIRES et al., 2011). Tais afirmações estão de acordo com as características dos “recifes esquecidos” que são complexos recifais bem próximos a costa, com profundidades médias variando de 20 a 30m (MAZZEI et al., 2017).

No presente estudo, notou-se que a cobertura de esponjas na zona Norte é similar a de corais. Um estudo sobre a associação entre esponjas e corais indicou uma grande diversidade de espécies de porífera (n=65) associadas aos corais (LOPES, 2011). Este fato reforça a importância dos corais como facilitadores para o recrutamento de organismos epibiontes, além de corroborar estudos anteriores que demonstraram uma maior riqueza de invertebrados sobre esqueletos de coral mortos (FREDERINSEN E JENSEN, 1992). Em comparação a outros invertebrados, as esponjas formam um dos grupos mais dominantes nas comunidades de substrato consolidado, tanto em riqueza como em biomassa, exercendo assim um papel importante no funcionamento dos ecossistemas em ambientes tropicais (BELL, 2008). Tal relevância está ligada ao papel filtrador que as esponjas exercem no habitat onde ocorre a remoção de matéria orgânica e microrganismos, tornando possível assim a ciclagem de nutrientes (WULFF, 2001). Goeji et al., (2013) constatou através de experimentos que as esponjas são as responsáveis pelo desenvolvimento de recifes de corais em águas oligotróficas, explicando assim o paradoxo dos recifes. Esta habilidade das esponjas pode ser a possível resposta de como estruturas recifais com alta cobertura coralínea podem ser mantidas em ambientes costeiros oligotróficos (presença da foz do Rio Doce e inúmero outros

rios), com alta sedimentação, e em profundidades superiores a 20m.

Depois das esponjas, o grupo dos zoantídeos foi o que esteve presente em maior quantidade na região norte, sendo a espécie *Palythoa caribaeorum* a mais abundante. Segundo Maida e Ferreira (1997), essa é a espécie mais comum em ambientes recifais e sobretudo mais abundante nas ilhas oceânicas, bem como na costa brasileira. Isso se deve ao fato de serem a espécie de crescimento mais acelerado em comparação com as outras espécies da mesma classe, tornando-se fortes competidores e dominadores de espaços em ambientes recifais, matando ou impedindo o crescimento de outros organismos sésseis, através de contato físico ou atuando indiretamente com interferência química por alelopatia (FAUTIN, 2009; FRANCINI-FILHO E MOURA, 2010). Zoantídeos como a *P. caribaeorum*, também podem ser indicadores, assim como as macroalgas, de eventos de mudança de fase (CRUZ et al., 2015). O crescimento acelerado desses organismos contribui a longo prazo para a perda de complexidade dos recifes de coral, levando através de um efeito cascata, a um empobrecimento da comunidade como um todo (DONE, 1992). Neste estudo, registramos uma cobertura média de 8% de Zoantídeos na zona Norte e por localidade a formação recifal EQ4 situada na zona Norte apresentou uma média de 74% de zoantídeos, sendo que em recifes próximos, Francini-Filho e colaboradores (2013) relataram uma alta cobertura de *Palythoa caribaeorum* (até 25% em alguns locais) no arco costeiro recifal de abrolhos. Entretanto a falta de registros anteriores impossibilita a afirmação da possível ocorrência desse fenômeno na área estudada.

Embora os recifes de corais estejam limitados a zona Norte, outros organismos calcários bioconstrutores estão presentes no litoral do Espírito Santo. As algas calcárias são as principais formadoras dos bancos de rodólitos os quais são comuns na costa brasileira, e suportam um elevado número de espécies associadas. Segundo Amado-Filho e colaboradores (2007) o relevo oceânico do litoral do ES é caracterizado por extensas áreas de bancos de rodólitos em diferentes profundidades que chegam 150m se alternando a áreas de depósitos de silte e associados a desembocaduras fluviais. É importante ressaltar que na região do banco dos Abrolhos está inserido no maior leito contínuo de rodólitos do mundo (AMADO-FILHO et al., 2012) que assim como as macroalgas são bioengenheiras, onde fornecem complexidade estrutural e microambientes relativamente estáveis para outras espécies em grandes extensões, resultando em maior biodiversidade e produtividade primária bêntica (RIUL et al., 2009). Amado-Filho e colaboradores (2018), constataram que as algas calcárias não articuladas

tiveram sua taxa de crescimento quase que duplicada em um período de 10 anos na região dos Abrolhos, podendo estar associadas aos distúrbios ambientais (físico e biológicos) explicado por Steneck (1994). As regiões do centro e sul do litoral do ES apresentaram as maiores taxas de cobertura de algas calcárias, o que segundo Amado Filho e colaboradores (2018), pode estar associado ao tipo de substrato que caracteriza esta zona, principalmente afloramentos rochosos e arenito de praia, contribuindo para uma maior abundância deste grupo. Adicionalmente, o maior hidrodinamismo conferido pelo estreitamento da plataforma continental a partir da região central, favorece uma maior taxa de energia das ondas o que contribui para um crescimento compacto de organismos, com estruturas mais densas (GHERARDI E BOSENSE, 2001).

O presente estudo buscou caracterizar a comunidade de organismos bentônicos do litoral do Espírito Santo, descrevendo sua variabilidade em duas escalas espaciais, e avaliando os fatores de influência que explicam a distribuição encontrada. Fatores geomorfológicos como substrato e estreitamento da plataforma, oceanográficos como fenômenos de ressurgência, físicos como temperatura e ondas, biológicos como associação com outras espécies e antrópicos como sedimentação e eventos de mudança de fase, foram elencados como possíveis explicações para a distribuição da comunidade bentônica encontrada. Dada a inexistência de trabalhos anteriores é difícil afirmar a ocorrência de alguns desses eventos, o que torna importante a realização de trabalhos de monitoramento para avaliar a evolução temporal da cobertura recifal.

6. CONCLUSÃO

Os dados ecológicos apresentados aqui fornecem a primeira base de estudos de comunidade bentônica para todo o litoral do Espírito Santo. Foi constatado um padrão de zoneamento na distribuição dos organismos bentônicos que diferem tanto em grande escala apresentando um gradiente latitudinal (Norte vs Centro e Sul) possivelmente associados a diversos fatores abióticos, geológicos e antrópicos, como em pequena escala, associado a distribuição de substrato e microhabitats e padrões de complexidade do habitat. A zona norte por estar localizada ao sul do banco dos Abrolhos, que consiste na região de maior biodiversidade do Atlântico Sul Ocidental, é um hotspot de biodiversidade composta por

espécies endêmicas de corais, bem como abundância de esponjas, zoantídeos, entre outros organismos invertebrados. Enquanto que as zonas inseridas em maiores latitudes (Sul e Central) possuem uma caracterização distinta, dominada por turf, macroalgas e algas calcárias, possivelmente associada ao hidrodinamismo e geologia local, predominando espécies adaptadas a condições de alta turbidez. Entender como se caracteriza a composição de organismos bentônicos e como estes se distribuem espacialmente é de suma importância, pois são organismos sensíveis a mudanças ambientais se tornando bioindicadores de qualidade ambiental. A falta de estudos pretéritos impossibilita a avaliação do real grau de conservação ou degradação dessas comunidades bentônicas, realidade preocupante visto que essa área já foi alvo do maior desastre ambiental registrado no Brasil como o rompimento da barragem Mariana produzindo uma inundação de 60 milhões de toneladas de lama tóxica que se deslocou pelo rio Doce e atingiu a área de estudo. Dessa forma, estudos com grandes escalas temporais e espaciais, como este, podem fornecer dados ecológicos fundamentais para a compreensão dos fatores que influenciam nas mudanças de padrões das comunidades bentônicas do litoral do estado do Espírito Santo, podendo contribuir para futuros estudos que visem monitorar essa região, podendo auxiliar na tomada de decisões referente a criação e/ou manutenção de áreas marinhas protegidas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO J., NETO N., OLIVEIRA T. 2016. **The Beaches of Espírito Santo**. 10.1007/978-3-319-30394-9_13.

AMADO-FILHO, GILBERTO M. et al. 2018. Spatial and temporal dynamics of the abundance of crustose calcareous algae on the southernmost coral reefs of the western Atlantic (Abrolhos Bank, Brazil). **Algae**, v. 33, n. 1, p. 85-99.

AMADO-FILHO, GILBERTO M. et al. 2012. Rhodolith beds are major CaCO₃ bio-factories in the tropical South West Atlantic. **PloS one**, v. 7, n. 4, p. e35171.

AMANCIO, C. E. 2007. Precipitação de CaCO₃ em algas marinhas calcárias e balanço de CO₂ atmosférico: os depósitos calcários marinhos podem atuar como reservas planetárias de carbono?. **Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo**.

ARONSON, R. B. and W. F. PRECHT . 2000. Herbivory and algal dynamics on the coral reef at Discovery Bay, Jamaica. **Limnology and Oceanography** 45: 251–255.

ASMUS, H. E. 1972. Espírito Santo--Pattern of Brazilian Marginal Basins. **AAPG Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 601-602.

AUED AW, SMITH F, QUIMBAYO JP, CÂNDIDO DV, LONGO GO, FERREIRA CEL, et al. 2018. Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province. **PLoS One**.

BARBOSA, S. O., FIGUEIREDO, M., E TESTA, V. 2008. Estrutura e dinâmica de comunidades bentônicas dominadas por macrófitas na zona intramareal da praia de Jacaraípe, Espírito Santo, Brasil. **Hoehnea**, 35(4), 563-575pp.

BARROS, F.C.R.; CRUZ, I.C.S.; KIKUCHI, R.P.K.; LEÃO, Z.M.A.N. 2009. Ambiente Bentônico. In: Hatje, V. & Andrade, J.B. (ed.) Baía de Todos os Santos: aspectos oceanográficos. **EDUFBA**. 306p.

BASTOS, A.C., MOURA, R.L., AMADO-FILHO, G.M., D'AGOSTINI, D.P., SECCHIN, N.A., FRANCINI-FILHO, R.B., GUTH, A.Z., SUMIDA, P.Y.G., MAHIQUES, M.M., THOMPSON, F.L., 2013. Buracas: novel and unusual sinkhole-like features in the Abrolhos Bank. **Cont. Shelf Res.** 70, 118–125.

BELL, E. E. 2008. Exploring employee perception of the work environment along generational lines. **Performance Improvement**, v. 47, n. 9, p. 35-45.

BELLWOOD, D. R., HUGHES, T. P., FOLKE, C., & NYSTRÖM, M. 2004. Confronting the coral reef crisis. **Nature**, 429(6994), 827.

BOHNSACK JA. 1979. Photographic quantitative sampling of hard-bottom benthic communities. **Bulletin of Marine Science**, 29:242-252.

BRUNO JF, SELIG ER. 2007. Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: timing, extent, and subregional comparisons. **Plos One** 2:e711.

BRAINARD R, ASHER J, GOVE J, HELYER J, KENYON J, ET AL. 2008 Coral Reef Ecosystem Monitoring Report for American Samoa: 2002–2006. Pacific Islands Fisheries Science Center, **PIFSC** Special Publication, SP-08-002.

BURKE, L., REYTAR, K., SPALDING, M., & PERRY, A. 2011. Reefs at risk. **World Resources Institute, Washington, DC**, v. 124.

CASTRO, C.B. 1994. Corals of Southern Bahia. Pages 160–176 in B. Hetzel and C. B. Castro, eds. **Corals of southern Bahia**. Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

CASTRO, C. B.; PIRES, D.O. 2001. Brazilian coral reefs: what we already know and what is

still missing. **Bulletin of Marine Science**, v. 69, n. 2, p. 357-371, 2001.

CASTRO, PETER; HUBER, MICHAEL E. 2012. Biologia marinha. **AMGH Editora**.

CONNELL, S. D., FOSTER, M. S., & AIROLDI, L. 2014. What are algal turfs? Towards a better description of turfs. **Marine Ecology Progress Series**, 495, 299-307.

CREED, J. C.; DE PAULA, A. F. 2007. Substratum preference during recruitment of two invasive alien corals onto shallow-subtidal tropical rocky shores. **Marine Ecology Progress Series**, v. 330, p. 101-111.

CRUZ, I. C.; LOIOLA, M.; ALBUQUERQUE, T.; REIS, R.; JOSE DE ANCHIETA, C. C.; REIMER, J. D.; CREED, J. C. 2015. Effect of phase shift from corals to Zoantharia on reef fish assemblages. **PLoS One**, v. 10, n. 1, p. e0116944.

DE GOEIJ, J. M., VAN OEVELEN, D., VERMEIJ, M. J., OSINGA, R., MIDDELBURG, J. J., DE GOEIJ, A. F., & ADMIRAAL, W. 2013. Surviving in a marine desert: the sponge loop retains resources within coral reefs. **Science**, 342(6154), 108-110.

DIAZ RJ, SOLAM M & VALENTE RM. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. **Journal of Environmental Management**, 73:165-181.

DONE TJ. 1992. Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. **Hydrobiologia** 247: 121–132

DRUMMOND S.P E CONNELL S.D. 2005. Quantifying percentage cover of subtidal organisms on rocky coasts: a comparison of the costs and benefits of standard methods. **Marine and Freshwater Research**, v.56, p.865-876.

Equipe de Desenvolvimento do **QGIS**. 2018. Sistema de Informações Geográficas do **QGIS**. Projeto Código Aberto Geospatial Foundation. <http://qgis.osgeo.org>.

FAUTIN, D. G. Structural diversity, systematics, and evolution of cnidae. **Toxicon**, v. 54, n. 8, p. 1054-1064, 2009.

FLOETER, S. R., GUIMARÃES, R. Z., ROCHA, L. A., FERREIRA, C. E. L., RANGEL, C. A., & GASPARINI, J. L. 2001. Geographic variation in reef-fish assemblages along the Brazilian coast. **Global Ecology and Biogeography**, v. 10, n. 4, p. 423-431.

FRANCINI-FILHO, R. B., MOURA, R. L., FERREIRA, C. M., & CONI, E. O. 2008. Live coral predation by parrotfishes (Perciformes: Scaridae) in the Abrolhos Bank, eastern Brazil, with comments on the classification of species into functional groups. **Neotropical Ichthyology**, v. 6, n. 2, p. 191-200.

FRANCINI-FILHO, R. B.; & MOURA, R. L. D. 2010. Predation on the toxic zoanthid *Palythoa caribaeorum* by reef fishes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 58(1), 77-79.

FRANCINI-FILHO, R. B., CONI, E. O., MEIRELLES, P. M., AMADO-FILHO, G. M., THOMPSON, F. L., PEREIRA-FILHO, G. H., GÜTH, A. Z. 2013. Dynamics of coral reef benthic assemblages of the Abrolhos Bank, eastern Brazil: inferences on natural and anthropogenic drivers. **Plos one**, 8(1), e54260.

FREDERIKSEN, R.; JENSEN, A.; WESTERBERG, H. 1992. The distribution of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* around the Faroe Islands and the relation to internal tidal mixing. **Sarsia**, v. 77, n. 2, p. 157-171.

GASTON, K. J. 2000. Global patterns in biodiversity. **Nature**, 405(6783), 220.

GHERARDI, D. F. M.; BOSENCE, D. W. J. 2001. Composition and community structure of the coralline algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. **Coral reefs**, v. 19, n. 3, p. 205-219.

GUILARDI N.P, PEREIRA FILHO G.H & BERCHEZ F. 2008. Current knowledge status of the ecology of hard bottom benthic communities in Brazil and the need for new approaches. **Oecologia Brasiliensis**, 12:197-205.

HAJDU, E.; PEIXINHO, S.; FERNANDEZ, J. C.C. 2011. Esponjas marinhas da Bahia: guia de campo e laboratório. **Museu Nacional**.

HOEGH-GULDBERG, P. J. MUMBY, A. J. HOOTEN, R. S. STENECK, P. GREENFIELD, E. GOMEZ, C. D. HARVELL, P. F. SALE, A. J. EDWARDS, K. CALDEIRA, N. KNOWLTON, C. M. EAKIN, R. IGLESIAS-PRIETO, N. MUTHIGA, R. H. BRADBURY, A. DUBI, M. E. HATZIOLOS. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. **Science** 318, 1737–1742.

HORTA, P.A., AMÂNCIO E., COIMBRA, C.S. & OLIVEIRA, E.C. 2001. Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras. **Hoehnea** 28: 243-265.

HUMANN, P.; DELOACH, N. 2002. Reef Creature Identification: Florida, Caribbean, Bahamas. **New World Publications**, Star Standard Industries.

JACKSON J.B.C, DONAVAN M.K, CRAMER K.L, LAM V.V. 2014. Status and trends of

Caribbean coral reefs: 1970– 32012. **Global Coral Reef Monitoring Network, Switzerland, IUCN.**

KAHNG SE, GARCIA-SAIS JR, SPALDING HL, BROKOVICH E, WAGNER D., et al...2010. Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. **Coral Reefs** 29(2): 255–275.

KOHLER, K. E.; GILL, S. M. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. **Computers & Geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1259-1269. LASKER HR. 1980. Sediment rejection by reef corals: the roles of behavior and morphology in *Montastraea cavernosa* (Linnaeus). **J Exp Mar Biol Ecol** 47: 77–87.

LEÃO, Z.M.A.N. 1996. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 68(3): 439-452.

LEÃO Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P. 2005. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 51: 599-611, 2005.

LEÃO, Z. M. A. N; KIKUCHI, R.K.P.; TESTA, V. 2013. Corals and coral reefs of Brazil. In: **Latin American coral reefs**. Elsevier Science, p. 9-52.

LOPES, D.A. 2011. Taxonomia de Cladorhizidae (Poecilosclerida, Demospongiae) do Mar Profundo Chileno e Brasileiro, com Ênfase em Poríferos Associados a Scleractinia Azooxantelados (Cnidaria). Análise cladística e biogeográfica de Asbestopluma. Tese de Doutorado. **Museu nacional /Universidade Federal do Rio de Janeiro**. 361 p.

MAIDA, M., E FERREIRA, B. P. 1997. Coral reefs of Brazil: an overview. In Proceedings of the 8th international coral reef symposium (Vol. 1, No. 263, p. 74). **Smithsonian Tropical Research Institute Panamá.**

MAYHEW, PETER J. 2006. Discovering evolutionary ecology: bringing together ecology and evolution. **Oxford University Press, USA.**

MAZZEI, E. F. ET AL. 2017. Newly discovered reefs in the southern Abrolhos Bank, Brazil: anthropogenic impacts and urgent conservation needs. **Marine pollution bulletin**, v. 114, n. 1, p. 123-133.

MCCOOK, L. 2001. Competition between corals and algal turfs along a gradient of terrestrial influence in the nearshore central Great Barrier Reef. **Coral Reefs**, v. 19, n. 4, p. 419-425.

MCCOY, EARL D.; BELL, SUSAN S. 1991. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. In: **Habitat structure**. Springer, Dordrecht, P. 3-27.

MCMANUS, J. W. AND J. F. POLSENBERG . 2004. Coral–algal phase shifts on coral reefs: ecological and environmental aspects. **Progress in Oceanography** 60: 263–279.

MOURA, R. L., SECCHIN, N. A., AMADO-FILHO, G. M., FRANCINI-FILHO, R. B., FREITAS, M. O., Minte-Vera, C. V., ... & Guth, A. Z. 2013. Spatial patterns of benthic megahabitats and conservation planning in the Abrolhos Bank. **Continental Shelf Research**, 70, 109-117.

MURRAY S.N, AMBROSE R.F E DETHIER M.N. 2002. Methods for Performing Monitoring, Impact, and Ecological Studies on Rocky Shores. Coastal Research Center, **Marine Science** Institute, University of California, Santa Barbara, California. MMS Cooperative, 217 p.

NASSAR, C. 2012. Macroalgas marinhas do Brasil: guia de campo das principais espécies. **Technical Books Editora.**

NYSTRÖM, M.; GRAHAM, N. A. J.; LOKRANTZ, J.; NORSTRÖM, A. V. 2008. Capturing the cornerstones of coral reef resilience: linking theory to practice. **Coral Reefs**, 27(4), 795-809.

ODUM, E. P. 1997. Fundamentos de Ecologia. Lisboa: **Fundação Calouste Gulbenkian.** 927 p.

PAWLIK, J. R. 2011. The chemical ecology of sponges on Caribbean reefs: natural products shape natural systems. **Bioscience**, v. 61, n. 11, p. 888-898.

PIRES, D. O., SEGAL, B., & CAPARELLI, A. C. 2011. Reproductive effort of an endemic major reef builder along an inshore–offshore gradient in south-western Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 91(8), 1613-1616.

OLIVEIRA, E. C. 1977. Algas Marinhas Bentônicas do Brasil. Tese de Livre-docência, **Universidade de São Paulo, São Paulo.**

PLAISANCE, L., CALEY, M. J., BRAINARD, R. E., E KNOWLTON, N. 2011. The diversity of coral reefs: what are we missing?. **PLoS One**, v. 6, n. 10, p. e25026.

PRATA, P. M. 2007. Caracterização do ambiente marinho do estado do Espírito Santo utilizando dados do banco nacional de dados oceanográficos. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal do Espírito Santo.**

RICKLEFS, R. E & G.I, MILLER. ECOLOGY. 2000. **New York: W. H. Freeman and Company.** 200. 822 p.

RIUL, P., LACOUTH, P., PAGLIOSA, P. R., CHRISTOFFERSEN, M. L., & HORTA, P. A. 2009. Rhodolith beds at the easternmost extreme of South America: Community structure of an endangered environment. **Aquatic Botany**, v. 90, n. 4, p. 315-320.

SABATER, M. G.; TOFAEONO, S. P. 2007. Scale and benthic composition effects on biomass and trophic group distribution of reef fishes in American Samoa1. **Pacific Science**, v. 61, n. 4, p. 503-521.

SHEPPARD, S. K., DALLAS, J. F., MACRAE, M., MCCARTHY, N. D., SPROSTON, E. L., GORMLEY, F. J & FORBES, K. J. 2009. Campylobacter genotypes from food animals, environmental sources and clinical disease in Scotland 2005/6. **International journal of food microbiology**, 134(1-2), 96-103.

STERZA, J. M.; FERNANDES, L. L. 2006. Zooplankton community of the Vitória bay estuarine system (southeastern Brazil). Characterization during a threeyear study. **Braz. J. Oceanogr.**, v. 54, n. 2–3, p. 95–105.

STENECK, R.S. & DETHIER, M.N. 1994. A funcional group approach to the structure of algal – dominated communities. **Oikos** 69: 476-498.

TEIXEIRA, J. B., MARTINS, A. S., PINHEIRO, H. T., SECCHIN, N. A., DE MOURA, R. L., & BASTOS, A. C. 2013. Traditional ecological knowledge and the mapping of benthic marine habitats. **Journal of environmental management**, 115, 241-250.

TESSLER, M. G & MAHIQUES, M.M. de. Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos. IN: TEIXEIRA, W. et al. 2000. Decifrando a Terra. São Paulo, **Oficina de Textos**, 568p. Il. p. 261-284

TOKESHI, M., ARAKAKI, S. 2012. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. **Hydrobiologia**, v. 685, n. 1, p. 27-47.

TORRUCO, D., GONZÁLEZ, A., ORDAZ, J. 2003. The role of environmental factors in the lagoon coral community structure of Banco Chinchorro, Mexico. **Bulletin of marine science**, 73(1), 23-36.

VALENTIM, J. & MOREIRA, A.P. 1978. A matéria orgânica zooplanctônica nas águas de ressurgência de Cabo Frio (Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 50:103-122

VERMEIJ, M. J., VAN MOORSELAAR, I., ENGELHARD, S., HÖRNLEIN, C., VONK, S. M., & VISSER, P. M. 2010. The effects of nutrient enrichment and herbivore abundance on the ability of turf algae to overgrow coral in the Caribbean. **PloS one**, 5(12), e14312.

VROOM, P. S., & BRAUN, C. L. 2010. Benthic composition of a healthy subtropical reef: baseline species-level cover, with an emphasis on algae, in the Northwestern Hawaiian Islands. **Plos One**, 5(3), e9733.

WILKINSON C.R. 2004. Status of coral reefs of the world. **Australian Institute of Marine Science**, Townsville.

WILLIAMS, P. H.; MARGULES, CHRISTOPHER R.; HILBERT, DAVID W. 2002. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. **Journal of biosciences**, v. 27, n. 4, p. 327-338.

WULFF, F. ET AL. 2001. A nutrient budget model of the Baltic Sea. In: A systems analysis of the Baltic Sea. **Springer**, Berlin, Heidelberg,. P. 353-372.

8. ANEXOS

Anexo 1: tabela da média (%) e erro padrão (\pm) de cobertura de espécies de corais pétreos entre as zonas estudadas. Legenda: ** valores de cobertura menores que 0,001.

Zonas ESPÉCIES	Sul		Central		Norte	
	média	\pm	média	\pm	média	\pm
<i>Agaricia</i> sp	**	**	0	0	0,29	0,6
<i>Favia gravida</i>	0,01	0,02	0	0	**	**
<i>Madracis decactis</i>	0,03	0,05	0	0	1,04	1,62
<i>Meandrina braziliensis</i>	0,01	0,03	0	0	0,27	0,85
<i>Millepora</i> sp	1,5	2,51	0	0	0,13	0,39
<i>Montastraea cavernosa</i>	**	**	**	0,02	7,12	7,07
<i>Mussismilia braziliensis</i>	0,08	0,15	0	0	**	0,01
<i>Mussismilia hartii</i>	0	0	0	0	2,92	3,65
<i>Mussismilia hispida</i>	0	0	0	0	1,39	1,25
<i>Porites astreoides</i>	**	**	0	0	**	**
<i>Porites branneri</i>	0,05	0,11	0	0	0,04	0,07
<i>Scolymia wellsi</i>	0	0	0	0	0,01	0,02
<i>Siderastrea</i> sp	0,11	0,09	**	0,01	0,98	0,73

Anexo 2: Gráfico da cobertura bentônica (%) nas diferentes localidades dentro das três zonas. Legenda: EQ= Esquecidos; BR= Baixo do relógio; R14= R14; IPP= Ilhas pacotes; IPE= Ilhas pacotes lado exposto; IG= Ilha das garças; C4= Concreções; BC=Baixo do carepebus; ES= ilha escalvada; IR= Ilha rasa; TI= Três Ilhas; R1= R1; IS= Ilha sul.

