



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS ARAPIRACA
UNIDADE EDUCACIONAL PENEDO
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA



LUCÉLIA LIMA FARIAS

RECRUTAMENTO DE CORAIS EM ÁREA MARINHA PROTEGIDA
NO NORDESTE DO BRASIL

Penedo – AL
2023

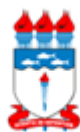
LUCÉLIA LIMA FARIAS

RECRUTAMENTO DE CORAIS EM ÁREA MARINHA PROTEGIDA
NO NORDESTE DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Pesca da Unidade Educacional Penedo –
Campus Arapiraca da Universidade
Federal de Alagoas, como requisito parcial
para obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia de Pesca.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Taciana Kramer
de Oliveira Pinto.

Penedo – AL
2023



Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus Arapiraca
Unidade Educacional Penedo
Biblioteca Setorial Penedo - BSP

F224r Farias, Lucélia Lima
 Recrutamento de corais em área marinha protegida no nordeste do Brasil / Lucélia
 Lima Farias. – Penedo, AL, 2023.
 34 f.: il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Taciana Kramer de Oliveira Pinto.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca –
Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*, Unidade Educacional Penedo,
Penedo, AL, 2023.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus Arapiraca*).
Referências: f. 29-34.

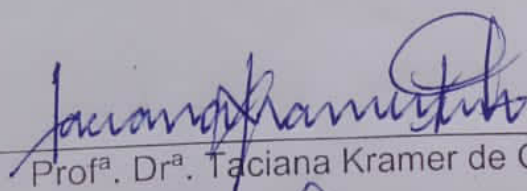
1. Recifes de corais. 2. Conservação. 3. Diversidade. 4. Ensino de ciências. I. Silva,
Aline Cristine Pereira. II. Título.

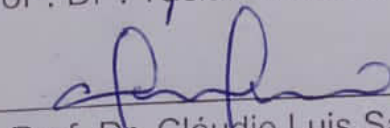
CDU 639.2

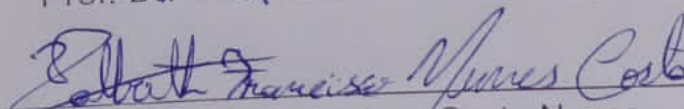


ATA DA 144ª DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos treze de março de 2023, o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **RECRUTAMENTO DE CORAIS EM ÁREA MARINHA PROTEGIDA**, foi apresentado pela acadêmica **LUCÉLIA LIMA FARIAS**, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Pesca desta Instituição Federal de Educação Superior. Após abertura dos trabalhos pela Prof^a. Dr^a. Taciana Kramer de Oliveira Pinto, que presidiu a sessão, o Trabalho foi submetido à avaliação pela banca examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Cláudio Luis Santos Sampaio (Examinador Interno - UFAL); Me. Valberth Francisco Costa Nunes (Examinador Externo - PPGDIBICT/ICBS/UFAL). Após análise pela banca examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado APROVADO, tendo obtido nota: 9,2 (Nove vírgula dois).


Prof^a. Dr^a. Taciana Kramer de Oliveira Pinto


Prof. Dr. Cláudio Luis Santos Sampaio


Me. Valberth Francisco Costa Nunes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por ter me dado a oportunidade de fazer este curso, e através dele eu ter crescido tanto profissionalmente como pessoalmente. Só tenho agradecer pelo seu infinito amor e por todos os momentos ter sido meu porto seguro. Sem o meu Senhor, eu não poderia estar aqui expressando minha gratidão. Obrigada Senhor! Esse TCC é dedicado ao Senhor que tudo fez por mim.

Agradeço a minha Família, por sempre acreditar em mim e me motivar a ser quem eu sou. Agradeço a minha irmã Maria Carolina, por ser um exemplo na minha vida e por ter me direcionado nos momentos que estava perdida, por me apoiar e me ajudar sempre. Gostaria de agradecer a minha mãe, Lucércia, pelos cafés da manhã que sempre fazia com maior amor e dedicação todos os dias que acordava cedo para ter que viajar para fazer as coletas ou até mesmo para ir para universidade. Gostaria de agradecer meu marido, Antônio Santiago, por ser meu porto seguro e por sempre estar ao meu lado em todos os momentos da minha graduação, me auxiliando e me motivando. Agradeço meus sobrinhos, Tarllyson, Thierry e Gabriel, pelas distrações que me proporcionaram nessa minha jornada.

Agradeço a Deus por ter me dado três amigos maravilhosos que fizeram da minha caminhada algo prazerosa e sempre animada, então muito obrigada Eliomara Gomes, Deyvisson Santos e Leonardo Barbosa, por sempre estarem comigo, em todos os trabalhos e provas difíceis.

Agradeço também ao professor Alexandre, por ter me acolhido no LAPEM e ter sido meu mentor no começo do curso. Apesar de não ter continuado essa linha de estudo, foi muito importante para o meu crescimento na universidade.

Agradeço a minha querida professora e orientadora Taci, por ter me apresentado os recifes de coral e feito me apaixonar por esse ecossistema e ter me colocado no PELD e através dele eu ter aprendido muito. Agradeço por toda sua contribuição neste trabalho, por correr junto comigo para a finalização do meu TCC. Agradeço por ter sempre buscado uma solução para as minhas dificuldades com a UFAL, por sempre se preocupar comigo e por acreditar na minha

capacidade, e sempre me motivar. Você foi essencial para minha formação. E não posso me esquecer do Buia, por todo carinho, apoio e credibilidade.

Agradeço a todos os meus colegas do LEB que me ajudaram direta ou indiretamente nessa minha caminhada: Juciellia, Anny, Valbert, Mayra, José, Nathaly, Gabriel e Lucas. Obrigada por fazerem parte da minha vida.

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Alagoas, Unidade Penedo, por terem me motivado e ensinado e terem feito eu chegar até aqui. A todos, meu muito obrigado.

Agradeço a UFAL pelos momentos que me proporcionou. Agradeço a todos os funcionários da universidade pela gentileza e suporte. Agradeço a todos que de forma direta e indireta me ajudaram a chegar até aqui.

“Deem graças em todas as circunstâncias, pois esta é a vontade de Deus para vocês em Cristo Jesus.” (1 Tessalonicenses 5:18)

“Porque nEle foram criadas todas as coisas nos céus e na terra, as visíveis e as invisíveis, sejam tronos, sejam dominações, sejam principados, sejam potestades; tudo foi criado por Ele e para Ele.”

Colossenses 1:16.

RESUMO

Recifes de corais tropicais são considerados os ecossistemas de maior diversidade biológica do planeta, desempenhando papel fundamental na ecologia de várias comunidades. No entanto, apesar da sua importância, vem sofrendo com impactos globais e, por isso a criação de zonas de exclusão é apontada como uma excelente estratégia para a proteção e conservação destes ambientes, além de ser considerada eficaz para mitigar impactos à biodiversidade marinha. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi investigar os padrões de recrutamento das assembleias de corais em recifes sujeitos a manejo de usos em uma área marinha protegida, de modo a testar a hipótese de que zonas de exclusão apresentam uma maior taxa de recrutamento do que zonas onde há atividades de turismo e pesca. Para isso, foram realizadas coletas de dados e experimentos em campo. Para estudar a abundância dos recrutas e calcular a taxa de recrutamento dos corais, foram realizadas 6 coletas de dados, entre 2018 e 2022, e um experimento de campo com placas de assentamento em recifes de diferentes usos: zonas de exclusão, de visitação e de uso sustentável inseridos na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, AL. As coletas foram realizadas através de mergulhos livres e uso de fotoquadrados de 25 x 25 cm, posicionados a intervalos de 2 m em transectos paralelos à linha de praia. Colônias <2cm de diâmetro máximo, consideradas recrutas, foram identificadas e quantificadas nos fotoquadrados através do método de pontos aleatórios. Para o experimento de campo, em cada um dos três recifes, 12 placas de assentamento representadas por tijolos de cerâmica de 18,5 x 18,5 cm, foram colocadas para acompanhar o assentamento de organismos bentônicos. Após 6 e 14 meses foram realizadas imagens das placas para análise da cobertura bentônica utilizando o método dos pontos aleatórios. O táxon dominante em todas as zonas recifais estudadas, independente do momento, foi *Siderastrea* spp. Além disso, índices de diversidade, abundância total, número de espécies, diversidade e equitatividade, apresentaram de forma geral, os maiores valores em março de 2018 e fevereiro de 2019, diminuindo significativamente em todas as zonas nos meses seguintes. A densidade total dos corais diferiu significativamente entre as zonas e períodos ($F= 0.304$, $p= 2.7900$). Através do experimento de campo foi possível verificar que as cianobactérias foram os primeiros organismos a colonizar as placas sendo substituídos por turfão longo do tempo. Foram encontradas diferenças significativas na cobertura entre os meses 6 e 14 mas não entre as zonas. Apesar de registrar uma condição de impacto em todos os recifes estudados com elevada cobertura de algas e baixas taxas de recrutamento de corais, principalmente na zona de exclusão, pode-se destacar a evidente eficácia do uso de recrutamento como ferramenta para monitoramento de qualidade dos ambientes recifais.

Palavras-Chave: recifes de corais, conservação, diversidade, APA costa dos corais.

ABSTRACT

Tropical coral reefs are considered the most biologically diverse ecosystems on the planet, playing a fundamental role in the ecology of many communities. However, despite its importance, it has been suffering from global impacts and, therefore, the creation of exclusion zones is considered an excellent strategy for the protection and conservation of these environments, in addition to being considered effective in mitigating impacts on marine biodiversity. Therefore, the objective of the present work was to investigate the recruitment patterns of coral assemblages in reefs subject to management of uses in a marine protected area, in order to test the hypothesis that exclusion zones present a higher recruitment rate than zones where there are tourism and fishing activities. For this, data collections and field experiments were carried out. To study the abundance of recruits and calculate the recruitment rate of corals, 6 data collections were carried out between 2018 and 2022, and a field experiment with nesting plates in reefs of different uses: zones of exclusion, of visitation and of sustainable use inserted in the Area of Environmental Protection Costa dos Corais, AL. The collections were carried out through free diving and using photo squares of 25 x 25 cm in area, positioned at intervals of 2 m in transects parallel to the beach line. Then, on each of the three reefs, 12 settlement plates represented by 18.5 x 18.5 cm ceramic bricks were placed to collect data on benthic cover and density of coral recruits. dominant in all reef zones studied, regardless of the moment, was *Siderastrea* spp. In addition, indices of diversity, total abundance, number of species, diversity and evenness, generally demonstrated the highest values in March 2018 and February 2019, observed significantly in all zones in the following months, with total density differing significantly between zones and periods ($F= 0.304$, $p= 2.7900$). Through the field experiment it was possible to verify that cyanobacteria were the first organisms to colonize the plates being replaced by Turf over time. There were significant differences in coverage between months 6 and 14, but not between zones. Despite registering an impact condition on all reefs considered to have high algae coverage and low coral recruitment rates, especially in the EZ, we can highlight the evidence of the use of recruitment as a tool for monitoring the quality of reef environments.

Keywords: coral reefs, conservation, diversity, Coral Coast APA.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Área de Estudo da Localizada em Maragogi inserida na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (Fonte: Laboratório de Ecologia Bentônica) 14
- Figura 02: Densidade de corais por m² por período e zona. Março de 2018 (A), Outubro de 2018 (B), Fevereiro de 2019 (C), Dezembro de 2019 (D), Setembro de 2020 (E), Janeiro de 2021 (F) e Fevereiro de 2022 (G). (ZE= Zona de Exclusão, ZV = Zona de Visitação e ZUS = Zona de Uso sustentável 19
- Figura 03: Densidade total (ind/m²) (A), número de espécies (B), Equitatividade de Pielou (C) e Diversidade de Shannon (D) dos recrutas de corais nas diferentes zonas (ZV = Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão) nos 7 momentos de coleta. 2018_ 3 (março de 2018), 2018_10 (outubro de 2018), 2019_ 2 (fevereiro de 2019), 2019_ 12 (dezembro de 2019,), 2020_9(setembro de 2020), 2021_1(janeiro de 2021) e 2022_2(fevereiro de 2022).....20
- Figura 04: Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (nMDS) aplicada aos dados de densidade de recrutas coralinos no momentos da coleta (A) e zonas (B). As elipses vermelhas indicam grupos de amostras de maior similaridade 22
- Figura 05: Percentual de Cobertura (%) dos taxos registrados nos dispositivos de assentamento após 12 meses de instalação. ZV = Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão. Em Maragogi na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais.23
- Figura 06 :Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (nMDS) aplicada aos dados do percentual de cobertura dos táxons registrados nos dispositivos de assentamento após 6 e 14 meses (ZV= Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão). Em Maragogi na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais..... 24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APACC	APA Costa dos Corais
GLM	Modelo Linear Generalizado
H	Diversidade de Shannon
J	Equitatividade de Pielou
N	Densidade total
nMDS	Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico
PERMANOVA	Análise de Variância Multivariada por Permutação
S	Número de espécies
UC	Unidade de Conservação
ZE	Zona de Exclusão
ZUS	Zona de Uso Sustentável
ZV	Zona de Visitação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1. <i>Área de Estudo</i>	13
2.2. <i>Coleta de Dados e Processamento das amostras</i>	14
2.3. <i>Análise de Dados</i>	16
2.4. <i>Experimento em Campo.....</i>	17
2.5. RESULTADOS	18
2.6. <i>Coletas de Campo</i>	18
2.7. <i>Experimento em Campo</i>	23
3. DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÕES GERAIS	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

Os recifes de coral consistem em um dos ecossistemas mais diversos do planeta, o qual desempenha papel fundamental na ecologia de várias comunidades (Veron, 1995; Davis et al., 2021), e atua como protetores da costa e refúgio/berçário para inúmeras espécies animais (Burke et al., 2011; Ferrario et al., 2014; Zilberberg et al., 2016; Davis et al., 2021). Representam uma grande fonte de renda para as nações em desenvolvimento por serem considerados ricos em biodiversidade, serviços ecossistêmicos e produtos para a sociedade (Zilberberg et al., 2016). De modo que, todo ano, inúmeros turistas são atraídos para as praias, pelas atividades de mergulho recreativo, gerando, assim, renda para os trabalhadores locais. Sem mencionar a pesca extrativista que, nesses ambientes, é uma das atividades que mais gera renda e emprego para a comunidade costeira (Torres, 2016; Costa, 2019).

Apesar de toda essa relevância (social, ecológica e econômica) (Leão, 1994; Costa, 2019) os recifes de coral vêm sofrendo gradativamente com os impactos globais envolvendo: o aumento da quantidade de sedimentos no mar, as mudanças climáticas, a sobrepesca, a contaminação das águas, a destruição do habitat e a poluição (Eddy, 2021). Todos esses contribuem para um grande desequilíbrio da cadeia trófica e que impacta diretamente a fisiologia dos organismos marinhos, devido à grande sensibilidade destes últimos aos distúrbios ambientais (Leão, 1994; Wilkinson, 2008; Eddy et al., 2021). Wilkinson (2008) aponta que nos anos 2000 cerca de 19% dos recifes ao redor do mundo já eram considerados inexistentes e 35% do restante se encontrava em situação de declínio gradual com extinção prevista para os próximos 10 a 40 anos. Estudos mais recentes apontam que com o aumento da temperatura dos oceanos, houve uma drástica diminuição de cerca de 14% dos corais existentes no mundo (Wilkinson, 2008; Eddy et al. e Souter et al, 2021).

Sabe-se que o recrutamento é um dos processos ecológicos mais importantes para manutenção e recuperação dos ecossistemas recifais, principalmente após ocorrência de distúrbios substanciais (Eriquez, 2006; Glassom, 2006; Martinez, 2013; Jouval et al., 2019). Porém, o sucesso do recrutamento depende de vários fatores que acontecem de forma espacial e temporal (Jouval, 2019) dentre eles a desova de corais adultos, que é geralmente iniciada com o aumento da temperatura do mar, mas cujo sucesso depende da fertilização e sobrevivência dos larvas, que são influenciados por fatores ambientais e interações biológicas, como por exemplo a competição que acontece entre coral e algas (Eriquez, 2006; Jouval et al., 2019). De acordo com Pereira (2016) a degradação dos recifes resulta em uma diminuição nas taxas de recrutamento de corais, devido às baixas taxas de fecundidade nos adultos e altas taxas de

mortalidade. Além disso, as altas taxas de sedimentação, sobrepesca, mudanças climáticas e outros fatores físicos e químicos, podem influenciar no sucesso ou fracasso desse recrutamento.

Nesse contexto, ao se falar em mudanças climáticas globais, de acordo com os estudos feitos por Baird et al. (2003), acredita-se que em 50 anos os níveis de dióxido de carbono (CO₂) e a temperatura, estarão mais altos do que a meio milhão de anos (Baird et al., 2003; Hoyer et al., 2016). Logo, diante dessas alterações ocorrerá o aumento do estresse térmico e da acidez nos oceanos (Riegl. B., 2003; Hoegh, 2011; Hoyer et al., 2016) causando o branqueamento em massa de corais, declínio da taxa de calcificação e uma série de mudanças fisiológicas que levará a mudanças ecológicas na comunidade (Wilkinson, 1996; Hoegh, 2011; Hoyer et al., 2016).

Ou ainda, levando em consideração o aumento das taxas de sedimentação no mar, que pode estar ligado a processos naturais (descargas fluviais, erosão costeira, enxurradas) ou às ações antrópicas (drenagem, desmatamento e ocupações humanas em regiões costeiras), e que tem sido indicado como uma das principais ameaças responsáveis pelo declínio do ecossistema recifal (Silva, 2011). Descobre-se que as partículas de sedimento que ficam suspensas podem fazer com que os ovócitos se agreguem, reduzindo assim as chances dos recifes serem fecundados (Rogers, 1990; Marangoni et al., 2016; Pereira et al., 2016). Da mesma forma que, podem danificar fisicamente os espermatozoides e larvas. Sem mencionar que, um local coberto por sedimento pode prejudicar o assentamento das larvas e diminuir drasticamente a penetração da luz que é tão importante para o processo de fotossíntese das zooxantelas (Zilberberg et al., 2016). Sendo a fotossíntese das zooxantelas prejudicada é fornecido menos alimento para os corais, o qual já está desgastado por tentar retirar o sedimento que recobre seu tecido, ocasionando um alto gasto energético e consequentemente uma redução do crescimento e reprodução com o objetivo de gastar menos energia (Rogers, 1990; Marangoni et al., 2016; Zilberberg et al., 2016).

Com o aumento da população humana, a procura por alimentos tem crescido colocando enormes demandas sobre os recifes de modo que a sobrepesca leva o ecossistema a uma drástica redução no número de peixes herbívoros, aumentando dessa forma a abundância das macroalgas que competem por espaço com os corais, ocasionando mortalidade e prejudicando o assentamento de corais (Bellwood et al., 2004; Leite et al., 2016). Ademais, outro impacto relevante é o lançamento de esgotos domésticos e industriais, que elevam as concentrações de metais pesados no meio e acrescentam poluentes orgânicos trazidos através dos rios (Rober, 1993; Wear e Thurber, 2015). Esses distúrbios culminam em alterações nas simbioses animais-algas, mudando as interações competitivas, aumentando a mortalidade direta, prejudicando

crescimento e também a sua reprodução e fazendo com que o recrutamento seja insuficiente (Lewi, 1995; Robert, 1993).

Diante de todo o exposto, é evidente a necessidade urgente da elaboração de projetos que visem estudar o recrutamento de corais os quais poderão trazer informações importantíssimas de como este recrutamento ocorre, como ele estrutura as comunidades recifais (Pinheiro, 2016) e como as atividades humanas prejudicam esse processo. Diante disso, Schiavetti (2013) defende que a implementação de uma unidade de conservação é uma alternativa viável para que os problemas relatados anteriormente sejam minimizados. Deve-se destacar que as áreas marinhas protegidas são importantes em países como o Brasil que se encontram em uma região tropical, e por conta disso, abrigam grande parte dos recifes de corais verdadeiros, que apresentam características diferentes das de outros recifes no mundo (Leão et al., 2010; Zilberberg et al., 2016; Costa, 2019).

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo investigar os padrões de recrutamento das assembleias de corais em recifes sujeitos a manejo de usos em uma área marinha protegida testando a hipótese de que zonas de exclusão apresentam uma maior taxa de recrutamento do que zonas onde há atividades de turismo e pesca. Essa hipótese foi testada através de coleta de dados e da realização de um experimento de campo com placas de assentamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC) que abrange 135 km de costa, desde o município de Tamandaré, na região Sul de Pernambuco até Paripueira em Alagoas, fica dentro dos limites 8°42'16" S e 35°04'40" W; 8°47'20" S e 34°47'20" W; 9°46'30" S e 35°25' W; 9° 9' 32'51" S e 35°36'59" W (Ferreira e Cava, 2001; Feitosa, 2005; Silveira, 2013; Costa, 2019) (Fig. 01). Essa área protegida foi criada no Brasil em 23 de outubro de 1997, de acordo com o Decreto Federal S/N, que consiste em ser uma área de proteção ambiental denominada APA Costa dos Corais (APACC) considerada uma das maiores unidades de conservação marinho-costeira brasileira. Esta área possui uma plataforma continental rasa, onde estão localizados vários recifes costeiros. Seu objetivo principal é a preservação dos recifes de coral e da biodiversidade marinha (Steiner et al., 2015; Leuzinger et al., 2018; Albuquerque e Adessa, 2019).

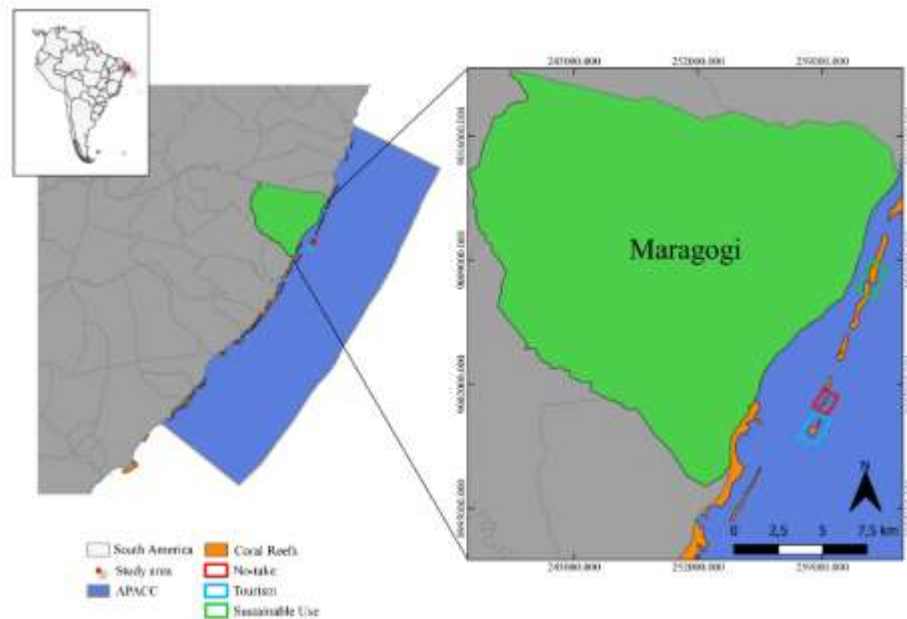


Figura 1: Área de Estudo da Localizada em Maragogi inserida na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. (Fonte: Laboratório de Ecologia Bentônica)

As áreas recifais da APA são zoneadas para diferentes tipos de usos. Dentre elas existem, zonas onde não é permitido nenhum tipo de atividade humana, representando o maior grau de conservação da UC (Silveira et al., 2010; Costa, 2019, ICMBio, 2021), que serão chamadas aqui de Zona de Exclusão (ZE), conhecida como *no-take zones*; zonas destinadas ao uso ordenado de turismo de base comunitária ou empresarial, chamadas aqui de Zona de Visitação (ZV) onde nenhuma atividade como pesca e coleta de organismos é permitida, e zonas destinadas ao uso geral, sujeitas as regras gerais da UC, chamadas aqui de Zonas de Uso Sustentável (ZUS).

Este trabalho foi desenvolvido nos recifes do Município de Maragogi, inseridos na APACC e localizados a uma distância média entre 2,5 e 3,5 km da costa. A proximidade da costa possibilita uma maior exploração turística nestes ambientes e mais de 750 mil turistas visitam a área por ano (BCC, 2022). Todos os recifes estudados apresentam uma área de cerca de 1 km². O presente estudo foi realizado em três áreas recifais sendo uma ZE, uma ZV e uma ZUS.

2.2. Coleta de Dados e Processamento das amostras

Foram realizadas 7 coletas de dados entre 2018 e 2022 sendo: março e outubro de 2018, fevereiro e dezembro de 2019 nas ZE e ZV e em setembro de 2020, janeiro de 2021 e fevereiro de 2022 nas ZE, ZV e ZUS. Nestes momentos e zonas foram coletados dados de densidade de recrutas de espécies de corais.

As coletas ocorreram sempre no período de baixa-mar de sizígia através de método não destrutivo utilizando mergulho livre, conforme descrito abaixo. Para os dados de cobertura

bentônica, em cada zona foram delimitados 5 sítios aleatórios sobre o topo recifal, realizando em cada sítio 6 transecções de 10 metros cada. Todas as transecções foram dispostas aleatoriamente e paralelamente à linha de praia seguindo protocolo ReBentos (Leão et al., 2015). Em cada transecção foram realizados 5 fotoquadrados de 25 cm x 25 cm, sendo 1 a cada 2 metros.

As imagens dos fotoquadrados foram processadas através do programa de computador PhotoQuad vl.4. Foram consideradas recrutas as colônias com diâmetro ≤ 2 cm , consideradas recrutas segundo protocolo da ReBentos (Leão et al ., 2015). A densidade foi calculada em colônias/m².

O protocolo do ReBentos é uma Rede de monitoramento de habitats Bentônicos Costeiros , que tem como objetivo padronizar coletas de dados com intuito de garantir uma amostragem mínima durante o monitoramento, utilizando uma metodologia de monitoramento contínuo e de longo prazo desses ecossistemas no litoral brasileiro.

2.3 Análise de Dados

Foram calculados os índices de diversidade de Shannon e equitatividade de Pielou para os recrutas, através da rotina *Diverse* do pacote estatístico Primer v6.0.

Uma análise de GLM (Modelos Lineares Generalizados) foi aplicada aos dados dos índices univariados e de densidade total de recrutas para verificar diferenças significativas nos diferentes momentos e zonas, aplicando um modelo quasipoisson e nível de significância de 5%. Um teste de Tukey foi aplicado *a posteriori* para verificar entre que grupos de amostras estavam as diferenças encontradas. Essas análises foram aplicadas utilizando o pacote *multcomp* (Hothorn et al., 2008) e do ambiente R.

Foram realizadas ainda análises multivariadas do tipo Escalonamento multidimensional não métrico (nMDS) e Análise de Variância Multivariada por Permutação (PERMANOVA) aplicadas aos dados de abundância de recruta das diferentes espécies, utilizando uma matriz de distâncias a partir do índice de similaridade de Bray- Curtis e 999 permutações. Para estas análises foram utilizados o pacote estatístico Primer v6.0+Permanova.

2.4. *Experimento em Campo*

Para analisar as taxas de assentamento e sobrevivência de corais pétreos e hidrocorais, foram utilizadas blocos de assentamento para um experimento em campo.

O experimento foi realizado nas mesmas zonas e recifes onde foram coletados os dados de cobertura bentônica e densidade de recrutas de corais. Em cada um dos 3 recifes foram colocadas 12 placas de assentamento representadas por tijolos de cerâmica de 18,5 cm x 18,5 cm. As placas foram dispostas no topo recifal com um afastamento de 1 metro entre elas, a uma profundidade mínima de 1 metro na maré baixa.

Para acompanhar o assentamento e recrutamento dos organismos nas placas foram realizadas coletas de imagens após 6 meses da colocação, em julho de 2021 e após 14 meses da colocação em fevereiro de 2022. Em cada um destes momentos foram realizadas imagens de todas as placas nas 3 zonas estudadas.

Para cálculo do percentual de cobertura dos táxons que colonizaram as placas foi usado o programa de computador PhotoQuad vl.4. Foi usada a ferramenta “freehand” para calibração da área das placas (18,5 x 18,5 cm). Após isso, utilizou-se o método dos pontos, sendo utilizados 30 pontos aleatórios. Os organismos presentes foram então identificados em nível taxonômico mais baixo possível e suas abundâncias em função do percentual de cobertura, calculada.

Para comparar a abundância e composição dos organismos bentônicos presentes nas placas de assentamento foram utilizadas análises multivariadas do tipo nMDS (escalonamento multidimensional não métrico) e PERMANOVA (Análise de variância multivariada por permutação) utilizando uma matriz de distâncias gerada a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis e 999 permutações. Para estas análises foram utilizados o pacote estatístico Primer v6.0+Permanova.

3. RESULTADOS

3.1. Coletas de Campo

Nos recifes de Maragogi foram registrados recrutas de 6 espécies de corais pétreos, sendo: *Mussismilia hispida* (Verrill,1901), *Favia gravida* (Verrill,1868), *Agaricia humilis* (Verrill,1902), *Porites astreoides* (Lamark,1868) e *Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767) e representantes do gênero *Siderastrea* spp. (Verrill,1868) o qual não foi possível identificar as espécies, além de 2 espécies de hidrocorais, *Millepora alcicornis* (Linnaeus,1785) e *Millepora braziliensis* (Verrill,1868) .

A *Siderastrea* spp. foi o táxon dominante em todos os momentos de coleta e em todas as zonas recifais estudadas com valores de densidade variando entre 1,92 e 16 colônias/m² na ZV, 2,13 a 10 colônias/m² na ZE e de 6,8 a 13,44 colônias/m² na ZUS (Fig. 2). Os maiores valores foram registrados nos meses de fevereiro de 2019 para ZV e ZE e em janeiro de 2022 para ZUS.

Além de *Siderastrea* spp., *F. gravida* e *A. humilis* foram representativas nos meses de março e outubro de 2018 e fevereiro de 2019, em geral com maiores valores de densidade na ZV (Fig.2, A, B e C). Os outros 4 momentos de coleta apresentaram menor número de espécies, sendo *M. alcicornis* a outra única espécie registrada além de *Siderastrea* spp. nos meses de dezembro de 2019 e setembro de 2020 e com valores de densidade média máximas de 3,4 colônias/m² (Fig.2, D e E). Nos meses de janeiro de 2021 e fevereiro de 2022, foram ainda registradas as espécies *M. cavernosa* e *M. hispida* porém com valores de densidade menores do que 0,3 colônias/m² (Fig.2, F e G).

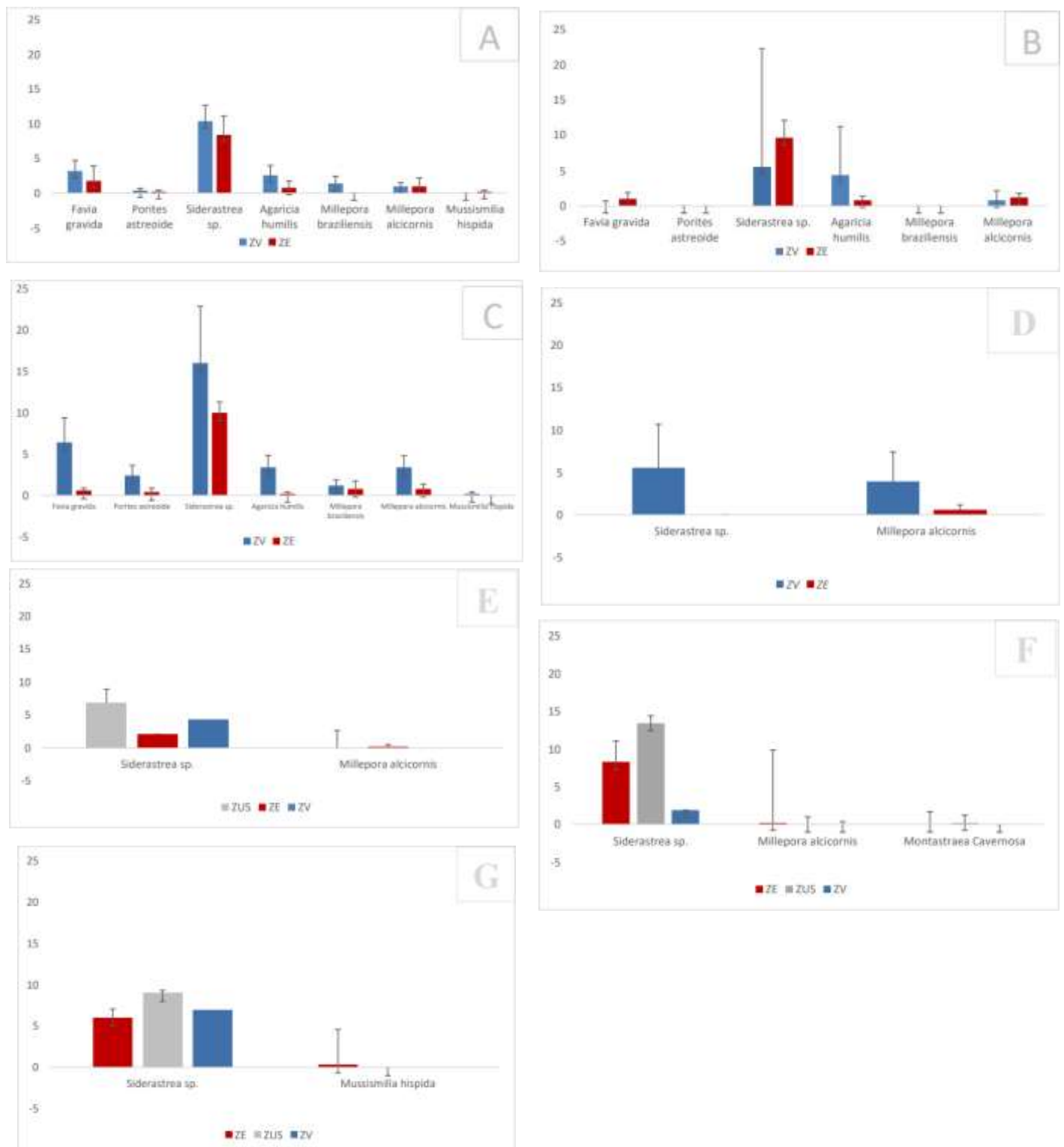


Figura 2: Densidade de recrutas por m^2 por período e zona: Março de 2018 (A), Outubro de 2018 (B), Fevereiro de 2019 (C), Dezembro de 2019 (D), Setembro de 2020 (E), Janeiro de 2021 (F) e Fevereiro de 2022 (G). (ZE=Zona de Exclusão, ZV=Zona de Visitação e ZUS=Zona de uso sustentável)

Os índices de diversidade calculados para os recrutas de corais, densidade total, número de espécies, diversidade e equitatividade, apresentaram de maneira geral, maiores valores para os primeiros períodos de coleta, de março de 2018 a fevereiro de 2019 diminuindo em todas as zonas nos meses seguintes (Fig 3, A, B, C e D), sendo os maiores valores para densidade total e número de espécies registrados em fevereiro de 2019 (Fig. 3, A e B). A única exceção foi a densidade total na ZUS em janeiro de 2021 que atingiu valor médio de 13,65 colônias/m² (Fig.3, A)(Fig 3).

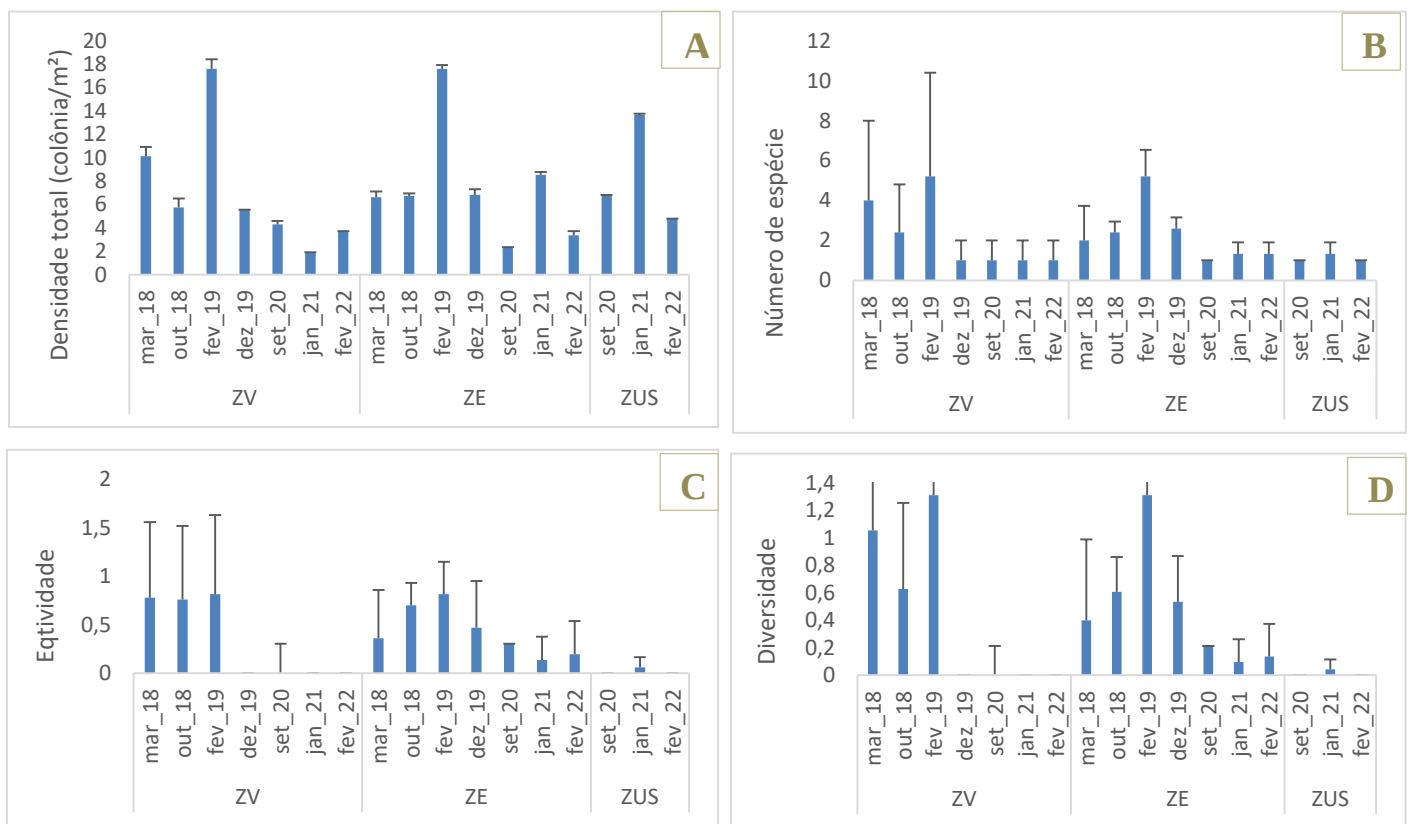


Figura 3: Densidade total (colônia/m²) (A), número de espécies (B), Equitatividade de Pielou (C) e Diversidade de Shannon (D) dos recrutas de corais péticos nas diferentes zonas (ZV = Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão) nos 7 momentos de coleta. 2018_3 (março de 2018), 2018_10 (outubro de 2018), 2019_2 (fevereiro de 2019), 2019_12 (dezembro de 2019), 2020_9(setembro de 2020), 2021_1(janeiro de 2021) e 2022_2(fevereiro de 2022).

A partir da análise de GLM foi possível verificar que o índice de diversidade de Shannon diferiusignificativamente apenas entre meses ($F= 0.51$, $p=3.36$). Através do teste de Tukey pode-se

verificar que a diversidade foi significativamente maior em fevereiro de 2019 do que em dezembro de 2019, ($p = 0,0109$), fevereiro de 2022 ($p = 0,0236$), janeiro de 2021 ($p = 0,0238$) e setembro de 2020 ($p = 0,0234$).

Para o número de espécies (S) também foram encontradas diferenças significativas através da Anova GLM apenas entre meses ($F=0.204$, $p=5.372$) e através do Teste de Tukey verificou-se que estas diferenças foram entre fevereiro de 2019 e outubro de 2018 ($p=0,0483$), dezembro de 2019 ($p < 0,001$), setembro de 2020 ($p<0,001$), janeiro de 2021 ($p<0,001$) e fevereiro de 2022 ($p<0,001$) e entre março de 2018 e dezembro de 2019 ($p = 0,00145$), setembro de 2020 ($p<0,001$), janeiro de 2021 ($p=0,0012$) e fevereiro de 2022 ($p<0,001$). O número de espécies em outubro de 2018 também foi significativamente diferente do registrado em setembro de 2020 ($p=0,036$) e em fevereiro de 2022 ($p=0,0217$).

Para a densidade total (N) foram observadas diferenças significativas tanto por período ($F=3,061$ e $p=0,0033$) como por zonas ($F=2,790$ e $p=0,0071$). O mês de fevereiro de 2019 deu diferença entre os outros meses. E as únicas zonas que houveram diferenças foram entre a ZUS e a ZE ($p = 0,0135$).

Para a Equitatividade de Pielou (J) não foram encontradas diferenças significativas.

As análises multivariadas aplicadas aos dados de densidade dos recrutas das espécies de corais pétreos e hidrocorais revelaram dissimilaridades e diferenças significativas (Pseudo – $F=2.9771$, $p=0.038$) na estrutura das assembleias apenas entre os períodos de estudo e não entre as zonas (Pseudo – $F=2.0835$, $p=0.096$). O nMDS resultou em dois grupos de amostras de maior similaridade sendo um grupo que engloba as amostras de março e outubro de 2018 e fevereiro de 2019 (A) e outro que engloba amostras dos outros meses (B) (Fig 4)

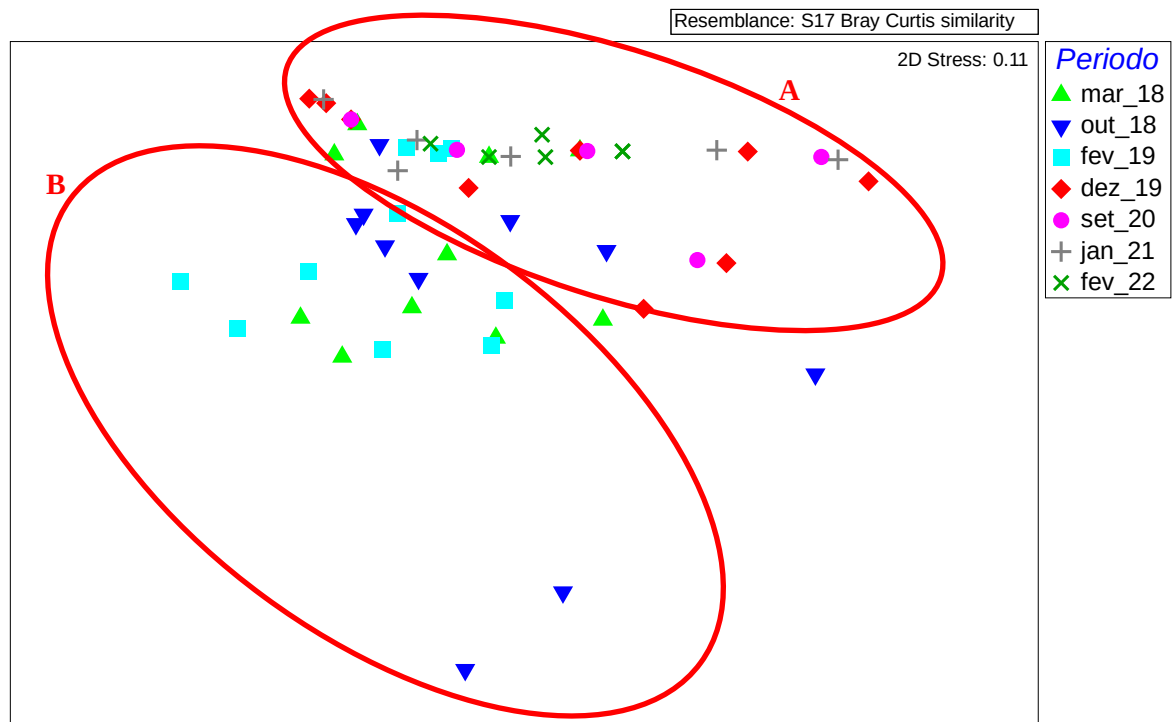


Figura 4: Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (nMDS) aplicada aos dados de densidade de recrutas coralinos nos períodos da coleta. As elipses vermelhas indicam grupos de amostras de maior similaridade.

A estrutura da comunidade de recrutas de coral pétreo foi significativamente diferente entre amostras dos grupos A e B evidenciados através do nMDS. Observou-se que o período de março de 2018 é significativamente diferente de dezembro de 2019 ($p = 0,041$) e fevereiro de 2022 ($p = 0,039$). O mês de outubro de 2018 é diferente de fevereiro de 2019 ($p = 0,032$), dezembro de 2019 ($p = 0,026$), janeiro de 2021 ($p = 0,027$) e fevereiro de 2022 ($p = 0,004$). O mês de fevereiro de 2019 é diferente de dezembro de 2019 ($p = 0,004$), setembro de 2020 ($p = 0,014$), janeiro de 2021 ($p = 0,003$) e fevereiro de 2022 ($p = 0,003$).

3.2. Experimento em Campo

Os táxons registrados nos blocos de assentamento nos dois momentos (6° e 14° mês após colocação) foram: Alga Calcária, Alga Filamentosa, Alga Frondosas, Cianobactéria, Alga Calcária Articulada, Turf e nas regiões que não foram colonizadas por nenhum organismo, chamadas de Ausência de Cobertura. Em nenhuma das placas houve registro de recrutas de espécies de coral pétreo ou hidrocoral, em nenhum dos dois momentos.

A Cianobactéria foi o grupo dominante no mês 6, apresentando os maiores valores de percentual de cobertura em todas as placas de assentamento estudadas, sendo na ZUS de 89,3 %, na ZV de 50 % e na ZE de 68,3%. O segundo grupo mais abundante neste mês foi a Alga Filamentosa tendo o maior valor de percentual de cobertura na ZV, 21,42%, seguido da ZE com 10% e ZUS com 4,86%. Analisando os resultados pode-se perceber que houve maiores percentuais de ausência de cobertura bentônica na ZE (4%) e na ZV (2,85%).

No mês 14 foram registrados: Cianobactéria, Alga Calcária, Turf, Alga Frondosa, Alga Calcária Articulada e partes dos blocos com ausência de cobertura.

O grupo dominante neste mês com maiores valores de percentual de cobertura em todas as zonas foi o Turf com valores que chegaram a 95 % na ZV; 91,3% na ZUS e 86,3 % na ZE. A alga calcária foi o segundo grupo mais abundante, com os maiores valores de percentual de cobertura na ZE de 9,6 % e 2 % na ZV, não sendo registrado na ZUS.

O percentual de ausência de cobertura apresentou maiores valores na ZUS de 4,4 %. As Cianobactérias foram mais abundantes na ZV, com valores médios de percentual de cobertura de 3,1 %, porém não foram registradas na ZE. Calcária Articulada foi encontrada apenas na ZV com valores de 1,3%, e Alga Frondosa apenas na ZUS com valores de 0,42 % de percentual de cobertura das placas de assentamento. (Fig 5.)

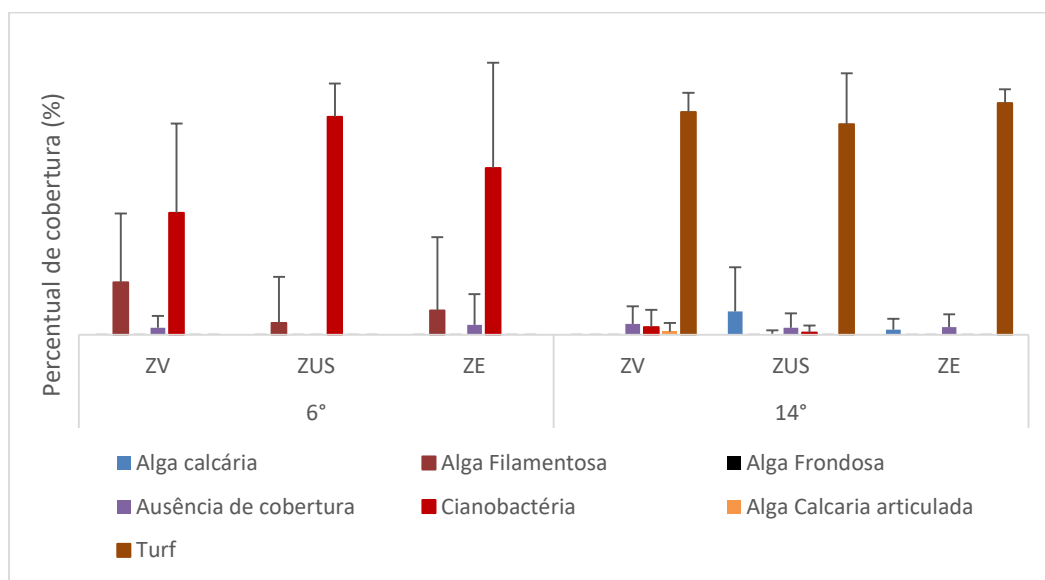


Figura 5: Percentual de Cobertura (%) dos taxons registrados nas placas de assentamento após 6 e 14 meses de instalação. ZV = Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão. Em Maragogia na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais.

As análises multivariadas aplicadas revelaram dissimilaridades (Fig 6). e diferenças significativas (Pseudo $-F=2.5175$, $p=0.049$) entre os meses 6 e 14, mas não entre as zonas ($F=7.95213$ e $p=0.001$).

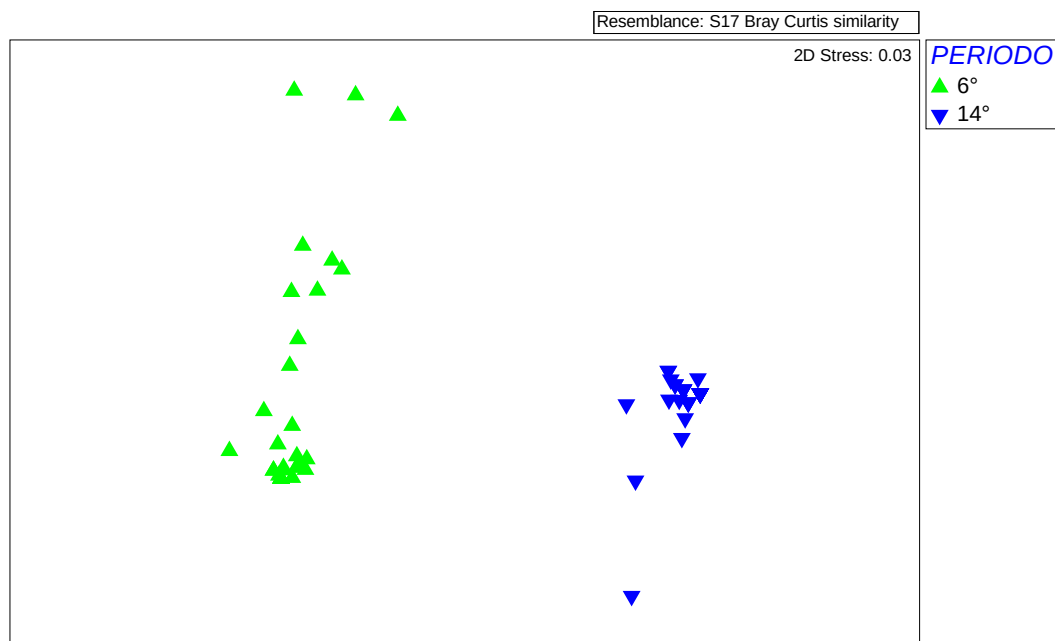


Figura 6: Análise de Escalonamento Multidimensional não Métrico (nMDS) aplicada aos dados do percentual de cobertura dos táxons registrados nas placas de assentamento após 6 e 14 meses de instalação (ZV= Zona de Visitação, ZUS = Zona de Uso Sustentável e ZE= Zona de Exclusão). Em Maragogia na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais.

4. DISCUSSÃO

Unidades de conservação (UCs) são áreas destinadas à preservação e regeneração da natureza (Cunha, 2008). Dentre as UCs existem as Zonas de Exclusão (ZE), também conhecidas como *no-take zones*, onde são proibidas atividades antrópicas. Devido a isso, cientistas creditam a estes ambientes apresentam uma maior capacidade de recuperação e resistência aos impactos globais, sendo lugares propícios as maiores atividades de recrutamento (Cruz et al., 2009). Os resultados do presente trabalho indicam que para a região estudada da APA Costa dos Corais, a ZE não apresentou maiores taxas de recrutamento durante os anos de estudo comparado com as zonas abertas a atividades humanas, contrapondo o sugerido por Cruz et al. (2009). Além disso não foi possível verificar o assentamento de nenhuma espécie de coral pétreo em 14 meses de experimento em nenhuma das zonas.

Ao ser analisado os resultados do experimento não foi possível observar recrutamento em nenhuma das zonas. Apesar de terem sido encontradas relacionadas a colonização e estabelecimento de diferentes grupos de táxons autótrofos como o complexo algal Turf, cianobactérias e diferentes espécies de macroalgas.

As cianobactérias apresentam capacidade de adaptação e crescimento rápido, principalmente em ambientes que tenham condições ideais como o aumento de matéria orgânica, temperaturas elevadas e disponibilidade de luz (Pereira, 2013, Costa, 2018). Nesse estudo a mesma obteve uma dominância significativa nas placas no mês 6º e foram substituídas por Turf no 14º mês, indicando serem boas colonizadoras, mas pouco eficientes como competidoras.

Segundo Zilberbeg et al. (2016) as algas têm a tendência de serem as primeiras a aparecerem nos ambientes recifais, principalmente por terem uma reprodução mais acelerada, ao contrário dos corais. Mesmo sendo de grande importância nos ambientes recifais por servirem de alimento e abrigo para muitas outras espécies, porém, em grande dominância estes organismos podem ocasionar a morte dos recifes e dificultar os assentamentos de recrutas nos ambientes recifais.

Em estudos recentes, Aued et al. (2018), afirma que os ambientes recifais brasileiros possuem naturalmente uma baixa cobertura coralínea, tendo uma alta dominância de algas Turf e macroalgas. Isso pode justificar o fato de não terem sido encontrados nenhum sítio de atividade de recrutamento nos dados do experimento.

De acordo com Leão (2016), o Brasil conta com vinte e três espécies de corais pétreos zooxantelados e cinco hidrocorais, porém, essa diversidade é considerada baixa. Entretanto, apesar desta baixa diversidade de corais quando comparados a outras áreas recifais do mundo, os recifes brasileiros apresentam elevado grau de endemismo e

uma alta diversidade biológica de organismos em geral, aumentando a sua relevância ecológica. (Zilberberg et al., 2016).

Para a coleta de dados foi observado que a *Siderastrea* spp. foi o táxon mais representativo em termos de ocorrência e densidade em todos os momentos e zonas do estudo. Para Poggio (2007), essa espécie é considerada extremamente resistente às variações de temperatura, luminosidade, baixa salinidade e alta turbidez (Leão et al., 1988, Menezes et al., 2013). Fatores como esses podem favorecer a resistência e dominância desta espécie, obtendo dessa forma um percentual de cobertura maior que os demais.

Espécies como *F. grvida* e *A. Humilis*, apresentam uma grande importância significativa na formação dos recifes brasileiros, apesar dos estudos mostrarem uma baixa densidade. Essa espécie apresenta estratégia reprodutiva diferenciada, por serem incubadoras apresentando períodos reprodutivos mais extensos que espécies com reprodução liberadora que possuem uma reprodução anual (Zilberberg et al., 2016).

O gênero *Mussismilia* possui duas espécies bastante conhecida *M.hispida* e *M. hartti*, que estão entre os corais pétreos com maior importância, por serem construtores de recifes. Possuem uma desova de gametas e são hermafroditas. Sua reprodução acontece uma vez ao ano, dependendo da região os períodos de reprodução podem variar (Castro e Pires, 2001; Neves e Pires, 2002; Costa, 2019). Segundo Azevedo (2015) diferenças entre condições ambientais de diferentes regiões, como temperatura da água e regime de chuva podem favorecer a baixa densidade de recrutamento, sendo um dos fatores que justifiquem os resultados encontrados no presente estudo.

Nas análises do experimento e coleta em campo, foi possível verificar, uma queda drástica de recrutamento e espécies de coral entre os anos de 2019 a 2020. Estudos recentes apontam dois impactos significativos que possam justificar os resultados, sendo um deles o desastre de derramamento de óleo no sudoeste da costa atlântica e o aumento da temperatura dos oceanos.

No final de agosto de 2019, um grande derramamento de óleo atingiu a costa tropical brasileira, onde foi considerado como um dos piores desastres ambientais das últimas décadas (Escobar 2020, Magris e Giarrizzo 2020, Miranda et al., 2022). A poluição por óleo contribui significativamente para o declínio dos recifes de corais. O efeito agudo do óleo pode causar um grande colapso do ecossistema, com extensa mortalidade dos recifes. Estudo de Miranda et al., (2022) forneceu evidências de que o petróleo bruto atingiu os recifes de corais da APACC. A quantidade e duração da exposição ao óleo podem influenciar espécies e comunidades locais (Peterson et al. 2003, Shafir et al. 2007), ocasionando perturbações no crescimento e metabolismo dos corais.

Estresses térmicos também podem estar associados as recentes degradações dos recifes. O aquecimento global resultou no aumento da frequência e magnitude dos eventos de

branqueamento e mortalidade em massa de corais (Hughes et al., 2017; Sully et al., 2019). Segundo Pereira et al., (2022), estudos recentes demonstraram uma mortalidade de corais após o evento de estresse térmico. Sendo possível que impactos adicionais possam ter intensificado a mortalidade de corais durante o período do evento de branqueamento em 2020.

O sucesso do recrutamento está interligado com a presença de cobertura recifal e com sucesso reprodutivo, que está diretamente relacionado a fatores bióticos, como predação, competição e oferta de alimento, como também fatores abióticos, como temperatura, salinidade, luminosidade, sedimentação, eutrofização, poluição da água (Richmond e Hunter, 1990). Além disso, o recrutamento depende da habilidade da larva em identificar um lugar apropriado para assentamento e metamorfose (Richmond, 1997). Um dos fatores que proporciona a sobrevivência e desenvolvimento da larva que depende de um local para assentar.

Desse modo, existem espécies que requerem diferentes tipos de substratos e, suas distribuições no recife variam de acordo com a disponibilidade deste recurso (Segal e Castro, 2001). Os corais, aparentemente, assentam em locais onde são menores as chances de predação e menores as taxas de deposição de sedimento, desde que continuem recebendo luz de diferentes intensidades (Alavarenga, 2004). Altas taxas de crescimento de algas, sedimentação, contaminação do óleo e variações de temperatura, podendo impedir o recrutamento de corais, justificando dessa forma, as baixas taxas de densidade de recrutas do presente estudo (Pereira et al., 2013; Brandt. et al. e Costa, 2019).

5. CONCLUSÕES GERAIS

A partir desse trabalho, podemos concluir que após 14 meses de experimento, não houve registro de assentamento de espécies de coral pétreo. Para melhor entender este resultado e os processos de sucessão ecológica nos recifes de coral, sugere-se a continuidade do experimento por um tempo mais longo, uma vez que corais apresentam crescimento lento, períodos específicos de reprodução e elevada mortalidade de larvas.

Sugere-se ainda uma análise temporal mais detalhada e em períodos de reprodução de espécies de coral pétreo, já registrados na literatura, para verificar se não está ocorrendo assentamento ou se após assentar, há uma grande mortalidade não permitindo o recrutamento, sobrevivência e crescimento destes recrutas.

Segundo Aued et al. (2018) as províncias brasileiras naturalmente possuem baixos índices de cobertura coralínea, fazendo com que os resultados mostrem um baixo percentual de cobertura da maioria dos táxons. Eventos como derramamento de óleo que ocorreu em 2019 e o aumento do estresse térmico em 2020, são um dos fatores que possam ter sido responsáveis pela modificação do espaço natural desses recifes ocasionando a mortalidade de corais durante os anos de estudo.

Pode-se sugerir também que devido à falta de fiscalização, pode estar havendo um uso não ordenado da pesca, com declínio da densidade de peixes herbívoros, e impacto associados ao turismo, modificando o ambiente, sem contar impactos provenientes do continente como os lançamentos de esgotos, entrada excessiva de nutrientes e elevados índices de sedimentação.

Dessa forma se faz necessário um monitoramento contínuo destes recifes para descobrir se existe eficiência na manutenção de zonas de uso como ZUS e ZE, agregando assim, uma importância destas zonas para manutenção e recuperação da biodiversidade. Se faz também necessária reforçar a importância de programas de fiscalização para haver um monitoramento eficaz, junto com trabalho de sensibilização ambiental com a comunidade local e usuários em geral, sobre a importância da conservação dos recifes de coral.

REFERÊNCIAS

- Acosta, A.; Dueñas, L.F.; Pizarro, V. Review on Hard Coral Recruitment (Cnidaria: Scleractinia) in Colombia. **Universitas Scientiarum**, v.16, n. 3, p. 200-218, 2011.
- Advanis, S.; Rix, L.N.; Aherne, D.M.; Alwany, M.A.; Bailey, Dm. Distance from a Fishing Community explains Fish Abundance in a No-Take zone with weak compliance. **Plos One**, p. 1-17, 2015. Doi:10.1371/Jornal.Pone.0126098.
- Albuquerque, H. C De.; Abessa, D. M De. S. Poluição química em uma Unidade de Conservação costeira marinha do Brasil: Revisão sistemática e notas sobre a produção científica. **Revista Costa**, v. 1, n. 1, p. 41-58, 2019.
- Alvarenga, M.F. Recrutamento de Corais Recifais no Banco dos Abrolhos, Brasil, 2004.
- Aued, A.W.; Smith, F.; Quimbayo, J.P.; Cândido, D.V.; Longo, G.O.; Ferreira, C.E.L; Large-Scale patterns of benthic marine communities in the brazilian province. **Plos One**, v.13, n. 6. E0198452, 2018. <https://doi.org/10.1371/Journal.E0198452>.
- Azevedo, L.P. Conectividade genética do coral endêmico (Scleractinia: Mussidae) ao longo da costa brasileira. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biologia Evolutiva, UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- Baird, A.H.; Hughes, T.P.; Bellwood, D.R.; Card, M.; Connolly, S.R.; Folke, C.; Grosberg, R.; Hoegh-Guldberg, O.; Jackson, J.B.; Kleypas, J.; Lough, J.M. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. **Science** v. 301, p. 929-933, 2003.
- Bellwood, D.R.; Hughes, T.P.; Card, R.C.; Grosberg, F.; Jackson, J. B. C.; Kleypas, M.; Marshall, L.; Nyström, M. S.R.P.; Roughgarden, J. Climate change, human impacts, and the resilience of Coral Reefs, 2004. Doi: 10.1126/science.1085046.
- Burke, L.; K. Reytar, M.; Spalding, A.; Washington, D.C., Perry. Reefs at risk revisited. World Resources Institute (WRI), The Nature Conservancy, Worldfish Center, International Coral Reef Action Network, UNEP World Conservation Monitoring Centre and Global Coral Reef Monitoring Network, 114p, 2011.
- Castro, C. B.; Amorim, L.C.; Calderon, E.N.; Segal, B. Cobertura e Recrutamento de Corais Recifais (Cnidaria: Scleractinia e Milleporidae) nos Recifes Itacolomis, Brasil. Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro, v. 64, n.1, p. 29-40, 2006.
- Castro, C.B.; Pires, D.O. Brazilian Coral Reefs: What We Already Know And What Is Still Missing. **Bulletin of Marine Science**, v. 69, n.2, p. 357-371, 2001.
- Costa, L. D. F.; Magalhães, V. B. L.; Zemor, J. C.; Yunes, J. S.; Fóes, G. K.; Wasielesky, W.; Poersch, L. H. Estratégia de manejo para minimizar problemas com florações de cianobactéria nodularia *Spumigena* em viveiros de camarões no sistema BFT. **Instituto de Oceanografia Programa de Pós-Graduação em Aquicultura**, v.73, 2018.
- Costa, V. F. N. **Recrutamento de corais em áreas recifais submetidas a diferentes usos: eficiência de implementação de Zonas de Exclusão**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal de Alagoas, 2019.
- Cruz, I. C. S.; Kikuchi, R. K. P.; Leão, Z. M. A. N. Caracterização dos recifes de corais da Área de Preservação da Baía de Todos os Santos para fins de manejo, Bahia, Brasil, 2009.

Cunha, C. C.; Loureiro, C. F. B. Educação Ambiental e Gestão Participativa de Unidades de Conservação: Elementos para se Pensar a Sustentabilidade Democrática. **Ambiente & Sociedade**, v. 11, p. 237-253, 2008.

Davis, K. A.; Pawlak, G.; Monismith, S. G. Turbulence and Coral Reefs. **Annual Review of Marine Science**, v. 13, n. 1, 2021.

Eddy, T.D.; Vicky, W.Y.; Reygondeau, G.; Cisneros-Montemayor, A. M.; Greer, K.; Palomares, M. L. D.; Bruno, J. F.; Ota, Y.; Cheung, W. W. L. Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services, **One Earth**, v. 4, Issue 9, p. 1278-1285, Issn 2590-3322, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>.

Enriquez, S.; Roman, R. A. Effect of water flow on the photosynthesis of three marine Macrophytes from a Fringing-Reef Lagoon .Mexico, 2006.

Escobar, H. Misterioso Derramamento de Óleo Ameaça Paraíso Da Biodiversidade Marinha No Brasil. **Ciência**. <https://doi.org/10.1126/Science.Aba1003>. 2020.

Feitosa, V. C.; Araújo, E. M. Influência do turismo sobre a Ictiofauna Recifal das Galés de Maragogi (Al) e Parrachos de Maracajaú (Rn). Dissertação (Mestrado). Programa De Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

Ferrario, F.; Beck, M.; Storlazzi, C.; Micheli, F.; Shepard, C.; Aioldi, L. the effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. **Nat Commun**, v. 5, p. 3794, 2014.

Ferreira, B. P.; Maida, M.; Cava, F. **Características e perspectivas para o manejo da pesca na APA Marinha Costa Dos Corais**. Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Anais v. 1, p. 50- 58, 2000.

Glassom, D.; Celliers, L.; Schleyer, M. H. Coral recruitment patterns at sodwana bay, South Africa. **Coral Reefs** v. 25, p. 485–492, 2006. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0117-6>.

Guo, J.; Yu, K.; Wang, Y.; Zhang, R.; Huang, X.; Qin, Z. Potential impacts of anthropogenic nutrient enrichment on coral reefs in the South China Sea: Evidence from nutrient and chlorophyll a levels in seawater. **Environ, Sci.: Processes Impacts**. v. 21, p. 1745, 2019.

Hoegh-Guldberg, O. The Impact of climate change on Coral Reef Ecosystems. In: Dubinsky, Z., Stambler, N. (Eds) Coral Reefs: An Ecosystem In Transition. Springer, Dordrecht, 2011. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_22.

Hoey, A. S.; Howells, E.; Johansen, J. L.; Hobbs, J. P. A.; Messmer, V.; Mccowan, D. M.; Wilson, S. K.; Pratchett, M. S. Recent advances in understanding the effects of climate change on Coral Reefs, 2016.

Hothorn, T.; Bretz, F; Westfall, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346-363, 2008.

Hughes, T. P.; Baird, A. H.; Bellwood, D. R.; Card, M.; Connolly, S. R.; Folke, C.; Roughgarden, J. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral **Reefs**. **Science**, v. 301, n. 5635, p. 929-933, 2003.

Hughes, T. P. ; Kerry, J. T. ; Álvarez-Noriega, M.; Álvarez-Romero, J.; Anderson, Kd.; Baird,

A. Aquecimento global e branqueamento em massa recorrente de corais. **Natureza** v. 543, p. 373–377. Doi: 10.1038/Nature21707. 2017.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/apacostadoscorais/images/stories/PM_APACC_2021.pdf, 2021.

Jessen, C.; Voolstra, C.R.; Wild, C. In situ effects of simulated overfishing and eutrophication on settlement of benthic coral reef invertebrates in the central red sea. **PEERJ** 2:E339, 2014.; doi 10.7717/peerj.339.

Jouval, F.; Latreille, A. C.; Bureau, S.; Adjerdoud, M.; Penin, L. Multiscale variability in coral recruitment in the mascarene islands: from centimetric to geographical scale. **Plos One**: v.14, n.3: E0214163. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214163>, 2019.

Laborel, J. L. **Les peuplements de madréporaires des côtes tropicales du Brésil**. Annales de l'université d'abidjan série e v. 2, n. 3, p. 1-261, 1969.

Leão, Z. M. A. N.; Araújo, T. M. F.; Nolasco, M. C. The Coral Reefs off The Coast of Eastern Brazil. **Proc. Int. Coral Reefs Symp.** 6. Townsville, Australia. p. 339-346, 1988.

Leão, Z. M. A. N. B.; Castro, C. B. P. The Coral Reefs of Southern Bahia. In Hetzel, (Eds). **Corals of Southern Bahia**, p. 151-159. Rio De Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

Leão, Z. M. A. N. Monitoramento dos recifes e ecossistemas coralinos. In Turra, A.; Denadai, Mr., Orgs. Protocolos para monitoramento de habitats bentônicos costeiros – rede de monitoramento de Habitat Bentônico Costeiro -Rebentos [Online]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2016.

Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Oliveira, M. D.M.; Vasconcellos, V. Status os eastern brazilian coral reefs in time of climate changes. **Pan-American Journal of Aquatic Swcience**, v. 5, n. 2, p. 224-235, 2010.

Leite, D. C. De A.; Machado, L. F.; Rosado, A. S.; Peixoto, R. S. A saúde de nossos recifes: uma questão de equilíbrio, 2016.

Leuzinger, S. Reproductive energy investment in Corals: Scaling With Module Size. **Ecologia**. 136, 2018. doi: 524-31. 10.1007/s00442-003-1305-5.

Lewi, S. Biodiversity and Habitat Destruction: A comparative study of model forest and coral reef Ecosystemsproc. **R. Soc. Lond. B.** v. 261, p. 381–388, 1995. <http://doi.org/10.1098/rspb.1995.0163>.

Machendiranathan, M.; Ranith, L; Senthilnathan. A.; Saravanakumar, T. Resilience of Coral Recruits In the Gulf of Mannar Biosphere Reserve (Gommbr), India. **Regional Studies In Marine Sciences**, 34101055, 2020. doi:10.1016/j.rsma.2020.101055.

Magris, R.; Giarrizzo, T. Misterioso derramamento de óleo no Oceano Atlântico ameaça a biodiversidade marinha e a população local no Brasil. **Mar Pollut Bull** v.153, p.110961. 2020.

Maragogi é o Destino nacional mais admirado do Brasil, aponta pesquisa da exame. Blog da Costa dos Corais- BCC. Disponível em: <https://blogdacostadoscorais.com/2022/08/09/>. Acesso em 18 de março de 2023.

Marangoni, L. F. De B.; Marques, J. A.; Bianchini, A. Fisiologia de Corais: A Simbiose Coral-Zooxantela, o fenômeno de branqueamento e o processo de calcificação, 2016.

Martinez, S.; Abelson, A. Coral Recruitment: The Critical Role of Early Post-Settlement Survival. **Ices Journal of Marine Science**, v. 70, 2013.

Menezes, N. M. de., Neves, E.G., Barros, F., Kikuchi, R.KP. de., Johnsson, R. Intraconial variation in *Siderastrea* de Blainville, 1830 (Anthozoa, Scleractinia): taxonomy under challenging morphological constraints. *Biota Neotropical*, 13 (Biota Neotrop. V.13, p108-116. Doi:10.1590/s1676-06032013000100012

Miranda, R.; Pinto, T.; Lopes, R.; Santos, J.; Sampaio, C.; Santos, R.; Pereira, P.; Cardoso, A.; Malhado, A.; Ladle, R. Oil Spill Disaster In Southwest Atlantic Coast: An Evaluation Of Short-Term Effects On Coral Reef Benthic Assemblages. **Anais Da Academia Brasileira De Ciências**. 94. 20210401. 10.1590/0001-3765202220210401. 2022.

Neves, E. G.; Pires, D. O. Sexual Reproduction of Brazilian Coral *Mussismilia hispida* (Verrill, 1902). **Coral Reefs**, v. 21, p. 161-168, 2002.

Pedro H. C.; Pereira, G. V.; Lima, A. V. F.; Pontes, L. G.F.; Côrtes, E.; Cláudio, L.S. S.; Pinto, T. K.O.; Ricardo, J.; Miranda, A. T. C.; Júlia, C. A.; José, C. S. S. Unprecedented Coral Mortality on Southwestern Atlantic Coral Reefs Following Major Thermal Stress. **Sec. Coral Reef Research** v. 9 . <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.725778>. 2022.

Pereira, H. M. Assentamento e Recrutamento do Bentos, com Ênfase em Corais, nos Ambientes Recifais de Tamandaré, Recife, 2016.

Pereira, C. M.; Schiavetti, A.; Calderon, E. N. Renovação de Comunidades Coralíneas em Recifes, 2013.

Pinheiro, A. C. M. Distribuição, Recrutamento e Sobrevivência do Coral Pétreo *Siderastrea Stellata* (Verrill, 1868) em um Recife Arenítico do Atlântico Sul. Natal, 2016.

Poggio, C.; Leão, Z.; Mafalda-Junior, P. Registro de Branqueamento em *Siderastrea* Spp. em Poça Intermareais do Recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. *Interciência*, v. 34, p. 7, 2009.

Peterson, C.; Rice, S.; Short, J.; Esler, D.; Bodkin, J.; Ballachey, B.; Irons, D. Resposta do Ecossistema a longo prazo ao derramamento de óleo. **Ciência** v.302, p. 2082-2086. 2003.

Richmond, R. H.; Hunter, C. L. Reproduction and Recruitment of Corals: Comparisons Among The Caribbean, The Tropical Pacific, and The Red Sea. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** v.60, n.1, p.185-203, 1990.

Richmond, R. H. Reproduction and Recruitment In Corals: Critical Links In The Persistence of Reefs. In: Birkeland C (Ed) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman and Hall, New York, p. 175-197, 1997.

Riegl, B. Climate Change and Coral Reefs: Different Effects in Two High-Latitude Areas (Arabian Gulf, South Africa). **Coral Reefs**, v. 22, p. 433-446, 2003.

Robert, H.; Richmond, Coral Reefs: Present Problems and Future Concerns Resulting From Anthropogenic Disturbance, **American Zoologist**, v. 33, Issue 6, p. 524-536, 1993.

<https://doi.org/10.1093/icb/33.6.524>.

Roberts, C. M. Effects of Fishing on the Ecosystem Structure of Coral Reefs. **Conservation Biology**, v. 9, p. 988-995, 1995. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.9051332.x-i1>.

Rogers, C. S. Responses of Coral Reefs and Reef Organisms to Sedimentation. Virgin Islands National Park, Po Box 710, St. John, Usvi 00830, 1990.

Sala, E.; Giakoumi, S. No-Take Marine Reserves are the most effective protected áreas in the Ocean. **Ices Jornal of Marine Science**, 2017.

Schiavetti, A.; Manz, J.; Zapelini, C. Dos S.; Magro, T. C.; Pagani, M. I. Marine Protected areas in Brazil: An Ecological Approach Regarding The Large Marine Ecosystems, Ocean e Coastal Management, v. 76, p. 96-104, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.02.003>.

Segal, B.; Castro, C. B. Slope Preferences of Reef Corals (Cnidária, Scleractinia) in The Abrolhos Archipelago, Brazil. Bolm. Mus. Nac., v. 418, p. 1-10, 2000.

Shafir, S.; Van Rijn, J.; Rinkevich, B. Curto e longo prazo toxicidade de dispersantes de óleo cru e óleo para duas espécies representativas de Corais. **Environ Sci Technol** v14, p. 5571-5574. 2007.

Silva, L. G. S. Caiçaras e Jangadeiros: Cultura Marítima e Modernização no Brasil. CEMAR: Centro De Culturas Marítimas. São Paulo: USP. p. 145 , 1993.

Silva, O. N.; Mulder, K. C. L.; Barbosa, A. E. A. D.; Otero Gonzalez, A. J.; Lopez-Abarrategui, C.; Rezende, T. M. B.; Dias, S. C.; Franco, O. L. Promiscuous host-defense peptides: from natural screenings to biotechnological applications. *frontiers in microbiology*, v. 2, p. 232, 2011.

Silva. A. S. Evolução da Sedimentação nos Recifes Costeiros de Abrolhos nas ÚltimasDécadas. Salvador, 2011.

Silveira, C. B. L Da; Ferreira, B. P.; Coxey, M. S. Variação Temporal nos Recifes de Corais de Maragogi, APA Costa dos Corais , 2010 – 2013.

Souter, D., Planes, S., Wicquart, J., Logan, M., Obura, D., Staub, F. Status of coral reefs of the world: 2020 report. Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN)/International Coral Reef Initiative (ICRI). Accessed: <https://gcrmn.net/2020-report/> , 2021.

Steiner, A.Q.; Amaaral, J. R De B. C. Do; Sassi, R.; Barradas, J. I. Zonação de Recifes Emerso de Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Nordeste do Brasil. Iheringia. **Série Zoologia, Porto Alegre**, v. 105, n. 2, p. 184-192, 2015.

Sully, S.; Burkepile, D.; Donovan, Mk.; Hodgson, G.; Van Woesik, R. Uma Análise Global do branqueamento de corais nas últimas duas décadas. **Nat. Comum.** v.10, p.1264. Doi: 10.1038/S41467-019-09238-2. 2019.

Torres, D. R. P. Influência do Turismo na Comunidade de Corais em Recifes do Nordeste do Brasil. Natal, 2016.

Veron, J. E. N. Corals in Space and Time: The Biogeography and Evolution of the 1543 Scleractinia. Cornell University Press, 1995.

Wakwella, A.; Mumby, P. J.; Roff, G. Sedimentation and Overfishing Drive Changes In Early Succession and Coral Recruitment. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 287, n. 1941, 2020. Doi:10.1098/Rspb.2020.2575.

Wear, S. L.; Thurber, R. V. Sewage Pollution: Mitigation is Key for Coral Reef Stewardship. **Ann N Y Acad Sci**. v. 1355, n. 1, p. 15-30, 2015. Doi: 10.1111/Nyas.12785. Pmid: 25959987; Pmcid: Pmc4690507. Epub.

Wilkinson, C. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre. Townsville, Austrália, p. 298, 2008.

Wilkinson, C. R. Global Change and Coral Reefs: Impacts On Reefs, Economies And Human Cultures. **Global Change Biology**, v. 2, p. 547-558,1996. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.1996.tb00066.x>.

Zilberberg, C; Abrantes, D. P.; Marques, J. A.; Machado, L. F.; Marangoni, L. F. De B. Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisa Coral Vivo, Rio De Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016.