

COLÉGIO SÃO LUÍS

**ENSINO MÉDIO
CURSO DE METODOLOGIA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**FERNANDA SEMERDJIAN CIVIDANES
OLÍVIA ISABEL WHATELY ADAIR**

**FLORESTAS SUBMERSAS:
Análise dos recifes de corais no Arquipélago de Abrolhos – eventos de
branqueamento.**

**São Paulo
2025
FERNANDA SEMERDJIAN CIVIDANES
OLÍVIA ISABEL WHATELY ADAIR**

**FLORESTAS SUBMERSAS:
Análise dos recifes de corais no Arquipélago de Abrolhos – eventos de
branqueamento.**

Artigo apresentado como requisito de aprovação em “Metodologia de Iniciação Científica”, na 2ª série do EM do Colégio São Luís

Orientadora: Profa. **Mestra Gisele Cova dos Santos Rodrigues**

São Paulo
2025

DEDICATÓRIA

Gostaríamos de dedicar esse trabalho de pesquisa para nossa orientadora, Profa. Mestra Gisele Cova dos Santos Rodrigues. Ela nos ajudou muito durante todo o percurso do nosso trabalho, sempre com a sua paciência, compreensão, carinho e rigidez (quando era necessário). Não teríamos escolhido o tema “branqueamento de corais em Abrolhos” se não fossem por suas aulas sobre os Filos no ano passado, as quais fomentaram a nossa curiosidade pelo assunto.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Mestra Gisele Cova dos Santos Rodrigues, por sua paciência, dedicação e constante diálogo, que foram essenciais para nossa orientação ao longo de todo o processo.

Ao Prof. Andrey Guilherme Fernandes Almeida, pela atenção concedida durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Doutor Miguel Mies, pela valiosa colaboração e pelas pesquisas que enriqueceram significativamente o nosso estudo.

Ao Colégio São Luís, pela oportunidade e pelos recursos oferecidos, que possibilitaram a realização deste projeto.

À nossa família, em especial aos nossos pais, pela educação e carinho proporcionados.

“As alterações climáticas são a maior ameaça à nossa existência nesta que é a curta história do nosso planeta. Ninguém vai conseguir fugir das suas consequências.”

(Mark Ruffalo)

RESUMO

O presente trabalho investiga a causa e impactos do branqueamento de corais em Abrolhos com base em pesquisas de caráter bibliográfico e qualitativo. Esse evento acontece quando os corais perdem suas zooxantelas, algas microscópicas que participam de uma relação simbiótica com esses organismos. Quando ocorre a perda dessas algas, o coral enfraquece, branqueia e pode até morrer. Conclusões foram tiradas de que o aquecimento global e o consequente aquecimento das águas superficiais do oceano são o principal intensificador desse fenômeno. Nosso local de estudo, o Arquipélago de Abrolhos, localizado na Bahia, constitui um ecossistema marginal, sujeito a elevadas variações térmicas da superfície oceânica. Essa área contém diversas espécies de corais endêmicos e que podem ser considerados mais resistentes às mudanças climáticas por diversas características próprias e da região. Um fator observado como de extrema importância na capacidade de aclimação (resiliência frente às mudanças climáticas) desses seres é o estudo dos genes coralinos e de seus microbiomas, que propicia um maior entendimento das especificidades de cada espécie, e a alimentação heterotrófica, essencial no fortalecimento dos tecidos coralinos. Entretanto, conclui-se que, embora Abrolhos apresente espécies mais resilientes, sua preservação depende da implementação de políticas ambientais eficazes, da redução de pressões humanas e da valorização da importância dos recifes para a biodiversidade marinha e para comunidades humanas que deles dependem.

Palavras-chave: corais, zooxantelas, branqueamento, Abrolhos, espécies, mudanças climáticas, aquecimento da superfície das águas, ações antrópicas, conservação.

ABSTRACT

The present study investigates the causes and impacts of coral bleaching in Abrolhos based on bibliographic and qualitative research. This phenomenon occurs when corals lose their zooxanthellae — microscopic algae that live in symbiotic association with these organisms. When these algae are lost, the coral weakens, turns white, and may eventually die. The findings indicate that global warming and the consequent increase in sea surface temperatures are the main intensifiers of this process. Our study site, the Abrolhos Archipelago, located in Bahia, represents a marginal ecosystem subject to significant thermal variations at the ocean surface. This area hosts several endemic coral species that can be considered more resistant to climate change due to both intrinsic and regional characteristics. One factor observed as crucial to the acclimation capacity (resilience to climate change) of these organisms is the study of coral genes and their microbiomes, which provides a deeper understanding of each species' specificities, as well as heterotrophic feeding, which is essential for strengthening coral tissues. However, it is concluded that although Abrolhos harbors more resilient species, its preservation depends on the implementation of effective environmental policies, the reduction of human pressures, and the recognition of the importance of coral reefs for marine biodiversity and the human communities that depend on them.

Keywords: corals, zooxanthellae, coral bleaching, Abrolhos, species, climate change, surface water warming, anthropogenic actions, conservation.

Lista de abreviaturas:

M. alcicornis – *Millepora alcicornis*

M. nitida – *Millepora nitida*

M. braziliensis – *Millepora braziliensis*

M. cavernosa – *Montastraea cavernosa*

Spp. – espécies

SUMÁRIO

ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. Os recifes coralinos e abrolhos	16
2.1. biologia dos corais.....	16
2.2. ABROLHOS	22
3. Eventos de branqueamento e impactos ambientais e sociais.....	25
4. Como os corais podem sobreviver a esses eventos?	30
5. METODOLOGIA DE PESQUISA	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa oferecer uma perspectiva detalhada a respeito da importância de corais como agentes de serviços ecossistêmicos, essenciais ao meio marinho. Neste contexto, também se objetiva mostrar que o branqueamento desses organismos, verificados nos recifes da Bahia (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 69), é de extremo perigo para o ecossistema marinho e, conseqüentemente, para grande parte da vida na Terra, pois, devido a importância socioeconômica e ecológica desses organismos (PALUMBI et al., 2014, apud Soares, 2023, p. 16), a morte dos corais pode afetar a cadeia alimentar marinha, a economia costeira e a alimentação de países que dependem de frutos do mar. Busca-se apresentar que os fatores para o branqueamento de corais são múltiplos e que atuam em conjunto, não se devendo atribuir a somente um deles a causa para esse fenômeno. Dessa forma, no presente trabalho, será exposto como as ações antrópicas podem ampliar o branqueamento para várias colônias, mas também para espécies individuais, como os corais-zooxantelas, que são mais afetados pelo aumento da temperatura térmica das águas superficiais do oceano. Ademais, procura-se explicar os mecanismos de sobrevivência desses organismos e realizar a comparação entre as colônias (e suas espécies) encontradas em recifes fora de Abrolhos e as identificadas no Arquipélago, que tendem a ter uma resistência maior devido à seleção natural do local, já que Abrolhos é um recife situado em uma região costeira rasa, o que facilita o comprometimento da saúde dos corais (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 80). Por fim, este trabalho evidenciará as vantagens das espécies mais resistentes e o que nós podemos fazer para que esses organismos sobrevivam cada vez mais a fenômenos como o branqueamento.

Em tempos como os de hoje, ações antrópicas como o desmatamento, destruição das matas ciliares, erosão do solo e a queima de combustíveis fósseis estão cada vez mais presentes em nossas vidas. Essas atividades proporcionam o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), sendo alguns necessários para a vida na Terra, como o dióxido de carbono (CO_2). De acordo com Molion (2008, p. 3), o “[...] efeito estufa faz com que a temperatura média global do ar, próximo à superfície da Terra, seja cerca de 15°C . Caso ele não existisse, a temperatura da superfície seria 18°C abaixo de zero”. Contudo, a quantidade de dióxido de carbono (CO_2) e de metano (CH_4) que está sendo liberada causa uma maior retenção de calor, o que aumenta a média térmica do globo (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 2). Consequentemente, provoca a elevação da temperatura média da superfície dos oceanos, o que acarreta o aquecimento dos corpos d’água, o derretimento das calotas polares e, por fim, o aumento do nível do mar (HUGHES et al., 2003; SOLOMON et al., 2007; HOEGH-GULDBERG, 2011; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 2). De acordo com Neto, Silva e Ferreira (2023), “os recifes de coral estão em constante ameaça em todo o mundo, devido a fatores relacionados a pesca predatória, poluição, aquecimento global e aumento da acidez dos oceanos”.

Segundo Glynn (1993, p. 2), os ecossistemas recifais são extremamente sensíveis às variações de temperatura das águas oceânicas. Logo, um aumento relativamente pequeno da temperatura das águas superficiais pode provocar a ocorrência de diversos fenômenos prejudiciais para os organismos marinhos, inclusive para os corais, que por causa do estresse térmico, podem expulsar suas zooxantelas, organismos que vivem dentro dos tecidos coralinos participando de uma relação simbiótica com eles, na qual os corais os oferecem abrigo e nutrientes, enquanto as zooxantelas realizam fotossíntese (Szmant et al., 1990, p.2 & Fautin et al., 2004, p.2). Com a perda dessas microalgas, os corais podem perder o acesso a seus nutrientes que advém da fotossíntese e, sem nutrientes e energia, esses organismos acabam perdendo o seu pigmento (HOEGH-GULDBERG, 1999; BAKER, 2001; HUGHES et al., 2003; RODRIGUES; GROTTOLI, 2006; WEIS; ALLEMAND, 2009; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 3), o que é visível no fenômeno de branqueamento (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 3).

Figura 1. Coral branqueado.



Fonte: “Recifes de Corais e os Impactos das Ações Antropogênicas” (SABADINI, 2017 apud Correia & Glaber, 2022, p.7)

Para explicar o que são os recifes coralinos, Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 70) citam:

Os recifes de corais constituem o mais diverso, mais complexo e mais produtivo dos ecossistemas marinhos costeiros (Connell, 1978). Eles fornecem alimento e são a principal fonte de recursos econômicos para centenas de milhares de pessoas que vivem nas regiões tropicais do nosso planeta (Moberg & Folke, 1999).

Ademais, existem animais marinhos que dependem do ecossistema coralino, como, por exemplo, os peixes e os invertebrados (WILSON et al. 2006; PRATCHETT et al. 2008; STELLA et al. 2011; apud GRAHAM & NASH, 2013, p. 9). Esses organismos têm uma preferência pelos recifes de corais, já que, para alguns, as fendas presentes proporcionam refúgio contra predadores (GRAHAM & NASH, 2012, p. 1 e 2). Essas fendas variam em extensão, provendo espaços para peixes de diversos tamanhos (GRAHAM & NASH, 2012, p. 315 e 316), e, de acordo com Nash e Graham (2018, p. 319), uma “[...] forte relação foi encontrada entre a complexidade estrutural (de corais) e a biomassa de peixes” (*tradução de autoria própria*). Segundo CASTRO et al. (2006, p. 7):

Os recifes de coral representam áreas de biodiversidade muito grande (hotspots), já que suas estruturas fornecem nichos e agem como berçário para uma enorme variedade de organismos, incluindo espécies comerciais de crustáceos e peixes.

Por causa das mudanças meteorológicas, o ambiente acidentado e intrincado desses recifes se transforma em um ambiente mais plano e suave, causando uma redução dos organismos presentes no local, visto que eles não possuem mais uma proteção certa, podendo até afetar a cadeia alimentar marinha em grande escala (GRAHAM & NASH, 2012, p. 316).

Os principais componentes dos sistemas recifais são os cnidários, que incluem todos os organismos pertencentes ao filo Cnidaria (LEÃO, 2003, p. 78), os quais falaremos especificamente sobre os corais. Os mais representativos desse grupo são os corais portadores de microalgas simbiotes, tanto por serem os principais construtores das estruturas rochosas dos recifes, como pela produção de matéria orgânica junto com as zooxantelas (LEÃO, 2003, p. 78 e 79). Os simbiotes zooxantelas são algas microscópicas presentes nos tecidos dos corais e que participam de uma cooperação vital que beneficia ambos os organismos, fornecendo nutrientes ao coral via fotossíntese, enquanto em contrapartida, o coral provê abrigo para essas algas e lhes fornece elementos químicos necessários à sua sobrevivência (LEÃO, 2003, p. 82), como por exemplo o gás carbônico (CO_2), essencial para que as zooxantelas façam síntese (CASTRO & ZILBERBERG, 2016, p. 19).

Conforme Solomon et al. (2007), observações feitas desde 1961 demonstram que o aquecimento da superfície oceânica já alcançou até regiões mais profundas, além dos 1000 metros, consequência da retenção, pelos oceanos, de 80% do calor produzido na Terra. Essa retenção de calor faz as moléculas de água se agitarem e se afastarem, resultando assim na expansão térmica dos corpos d'água (SOLOMON et al., 2007). Este processo, somado ao derretimento das calotas polares, contribuiu com cerca de 57% e 28%, respectivamente, para o aumento do nível do mar, que no período entre 1961 e 2003, aumentou cerca de 1,8mm por ano (apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 2). Segundo Freitas, Oliveira e Kikuchi (2012, p. 2):

Essa subida no nível do mar provoca erosão costeira [...] e aumenta a quantidade de material em suspensão na superfície dos oceanos, reduzindo a penetração de luz na água e aumentando a possibilidade de afetar os corais com a carga sedimentar assentada sobre eles [mod.].

Esse fato pode ser observado no Arquipélago de Abrolhos, localizado na Bahia, o qual pode ser considerado um ecossistema marginal visto que a qualidade da sua água se encontra comprometida, podendo prejudicar o desenvolvimento da fauna coralina (LEÃO, 2013, p. 13; KIKUCHI, 2005; SUGGETT et al., 2012; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 1). Essa redução na condição ambiental é justificada principalmente pela alta variação térmica e, em algumas áreas, pela elevada turbidez (FREITAS, OLIVIERA & KIKUCHI, 2012, p. 1;), ou seja, uma grande quantidade de matéria orgânica e sedimento fino (lamoso) carbonático misturado a sedimento terrígeno/siliciclástico na superfície da água (LEÃO; GINSBURG, 1997; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 8), que limita a quantidade de luz disponível

para o coral-zooxantela, o que mais tarde poderá ser uma das causas do branqueamento dos mesmos, tendo em vista que são esses simbiossiontes que produzem a fotossíntese que serve como nutriente para esses corais sobreviverem. Entretanto, foi gentilmente esclarecido a partir de uma comunicação pessoal com o prof. Dr. Miguel Mies, do Instituto Oceanográfico (IO) da USP, que, ao mesmo tempo, a turbidez em suas condições normais pode atenuar o branqueamento de corais, pois as partículas sob a água não só bloqueiam a luz, mas também o calor de adentrar a superfície oceânica. Além disso, ele explicou que essa quantidade de sedimento teve um papel muito importante para moldar os recifes brasileiros. Ou seja, se a turbidez está elevada e a temperatura térmica também, as partículas sob a água ajudarão a atenuar o branqueamento. Entretanto, se a turbidez está altamente exagerada, ela prejudicará os corais. Contudo, é preciso lembrar que os corais são animais politróficos, ou seja, se alimentam tanto de organismos zooplancctônicos quanto por meio da fotossíntese realizada por seus simbiossiontes zooxantelas (SOARES, 2023, p. 15). Logo, dependendo das condições do ambiente em que o recife está localizado, o comportamento heterotrófico dos corais pode se transformar em grandes vantagens, as quais serão aprofundadas mais adiante. Além disso, a alta taxa de sedimentação é outro fator que reduz a qualidade ambiental marinha e que também afeta os corais (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 1), já que pode provocar o soterramento desses organismos. Isso ocorre, pois, esses recifes estão situados muito próximos à costa, o que faz com que os corais sejam mais degradados, enquanto os situados mais distante são os que apresentam menores sinais de degradação (KIKUCHI et al. 2010, p. 1). Nessas condições, as mudanças climáticas têm induzido um branqueamento dos corais mais severo nos recifes mais próximos da costa (LEÃO et al. 2008, p. 69).

No Brasil, estão presentes diferentes espécies de corais que constituem a fauna de cnidários do país. Da Classe Anthozoa, são dezoito espécies de corais pétreos (ordem Scleractinia), quatro de antipatários (ordem Antipatharia) e onze de octocorais (ordem Alcyonacea); mas, há também a Classe Hydrozoa, constituída pelos hidrocorais (família Stylasteridae) (LEÃO, 2015, p. 11; Pires et al., 2015, p. 52). A maioria dessas espécies está presente em Abrolhos (LEÃO, 2015, p. 11).

Os corais pétreos são aqueles que produzem e secretam um esqueleto calcário (Martignato, 2021, p. 9) e, por isso, são os principais construtores de recifes (LEÃO et al., 2008, p. 80). Alguns de seus representantes são as espécies *Mussismilia*

braziliensis, *Siderastrea Stellata*, *Montastraea cavernosa* e *Favia gravida* (LEÃO, 2003, p. 11). Sobre essas espécies de corais pétreos, a segunda e a quarta possuem similaridades com espécies caribenhas; a primeira é endêmica do Brasil e a principal construtora dos recifes de Abrolhos; a segunda é resistente a altas temperaturas e mudanças ambientais, além de sobreviver em áreas com alta sedimentação e pouca luz; a terceira também resiste bem a variações de temperatura e a turbidez, conseguindo viver em diferentes profundidades e ter uma grande capacidade de recuperação após eventos de branqueamento; e a quarta também suporta bem águas quentes e turvas (LEÃO, 2003, p. 11). De acordo com uma análise dos topos dos recifes de Abrolhos apresentada no artigo de Leão (2003, p. 20), as oscilações do nível do mar (Martin et al. 1996 apud LEÃO, 2003, p. 20) fizeram os recifes ficarem expostos à erosão marinha, às fortes radiações solares e aos altos níveis de sedimentação e de turbidez das águas. Dentre os corais moradores desses recifes, as únicas espécies que sobreviveram às condições desse estresse ambiental foram os corais endêmicos *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* (LEÃO, 2003, p. 20). Já os hidrocorais, não são corais verdadeiros (CASTRO et al., 2006, p. 7) e sim corais moles, o que quer dizer que eles não são compostos por carbonato de cálcio e por isso são mais flexíveis e macios, não desempenhando um papel tão essencial quanto os corais pétreos na construção dos recifes (prof. Dr. Miguel Mies, comunicação pessoal, 9 de junho de 2025). Mesmo assim, são importantes, e seus principais representantes são a *Millepora alcicornis* e espécies endêmicas brasileiras, como a *Millepora braziliensis* e a *Millepora nitida*, comuns em Abrolhos (LEÃO, 2003, p. 12 e 13). Outra espécie de hidrocoral é a *Solanderia gracilis*, mais rara e encontrada em zonas mais profundas e sombreadas do Arquipélago (BELÉM et al., 1982 apud LEÃO, 2003, p. 13). Os corais antipatários (corais-negros) são aqueles que secretam um esqueleto não calcário e de cor escura, formado também por pequenos espinhos (Migotto et al., 2011, p. 64 e 65). Geralmente são encontrados em águas mais profundas também (LIMA, 2017, p. 16) e por isso são menos comuns nos recifes de Abrolhos, já que é uma região rasa (LIMA, 2017, p. 24). As principais espécies desse coral registradas no Arquipélago são a *Antipathes tanacetum*, encontrada em profundidades médias, e a *Antipathes columnaris*, típica de ambientes mais profundos (LIMA, 2017, p. 28 e 99). Já os octocorais são corais que possuem oito tentáculos e a presença de escleritos, estruturas microscópicas calcárias, em sua morfologia (Migotto et al., 2011, p. 65). Igualmente aos hidrocorais, eles também são corais

moles, ou seja, mais macios e, segundo Derviche (2021, p.7), “Os octocorais [...] atuam como engenheiros ecológicos, transformando a estrutura de duas dimensões dos substratos duros em sistemas tridimensionais biologicamente complexos, que fornecem refúgio, alimento e proteção para vários organismos.” Isso quer dizer que eles conseguem fazer com que superfícies duras e planas se transformem em estruturas com várias formas e volumes. Além disso, os octocorais são comuns em Abrolhos e estão situados tanto em águas rasas quanto nas profundezas do oceano (LEÃO, 2003, p. 13 & LIMA, 2017, p. 19). É válido lembrar que corais localizados em águas profundas não possuem zooxantelas, já que não dependem da luz para sobreviver, e por isso se alimentam diretamente de plâncton para obter energia (LIMA, 2017, p. 18 e 19). Como espécies representantes desse grupo de coral, temos a *Briareum asbestium*, *Plexaurella grandiflora* (diferentes das outras, essa é encontrada em áreas mais rasas) e a *Muriceopsis sulphurea*, essas duas últimas endêmicas do Brasil (LEÃO, 2017, p. 13). Segundo Verril (1868 apud LEÃO, 2003, p. 11), “os corais não portadores de zooxantelas têm relação com a fauna caribenha, porém entre aqueles construtores dos recifes (espécies portadoras de zooxantelas) o endemismo é alto”. Ou seja, os corais sem zooxantelas são parecidos com os dos recifes do Caribe, que contêm cerca de um terço de todas as espécies conhecidas desse organismo (REKA-KUDLA, 2005, p. 1), e os com esses simbioss são em sua maioria endêmicos do Brasil. Esse achado, mais tarde, foi corroborado por Laborel (1969a, 1969b), que comparou fósseis, ou seja, vestígios conservados de seres vivos, nesse caso de corais, com espécies contemporâneas.

Como visto no parágrafo anterior, cada um desses corais apresenta uma vantagem que será essencial para garantir a possível sobrevivência desses organismos, que se dará pela minimização dos impactos de fenômenos como o branqueamento de corais, que ocorre quando as zooxantelas perdem sua capacidade de fazer fotossíntese e/ou são expulsas dos corais. Essa perda na capacidade fotossintética das zooxantelas está relacionada com a quantidade de partículas sobre a água (turbidez), que impedirá a luz solar de adentrar a superfície marinha, e o aumento da temperatura da água superficial oceânica, que estressa as zooxantelas, as quais começam a produzir substâncias que são identificadas como tóxicas e são expulsas dos corais. Entretanto, como já foi explicado anteriormente, é importante lembrar que em alguns casos a turbidez pode atenuar o branqueamento. Em Abrolhos, duas ocorrências de branqueamento relacionam o fenômeno a um aumento

da temperatura das águas superficiais: o primeiro ocorreu durante uma anomalia de temperatura no verão de 1994, quando 51% a 88% das colônias do gênero *Mussismilia* foram afetadas (Castro & Pires 1999; apud LEÃO, 2003, p. 21), e o segundo está relacionado com o forte evento El Niño que iniciou no final de 1997 no oceano Pacífico (LEÃO, 2003, p. 21). De acordo com observações feitas por Ruy K. P. Kikuchi, podemos perceber o impacto negativo do aumento da temperatura oceânica sobre os corais:

as espécies mais afetadas foram *Porites branneri* e *Mussismilia hispida*, ambas com mais de 80% de suas colônias totalmente branqueadas, *Mussismilia harttii* com cerca de 75% das colônias afetadas e *Porites asteroides* com todas as colônias apresentando algum grau de branqueamento. A espécie *Agaricia agaricites* embora não apresentasse sequer uma colônia totalmente branqueada, mais de 90% de suas colônias apresentavam-se pálidas.

Mas, o que pode ser feito para recuperar os corais que já perderam sua capacidade fotossintética? É aí que entra a heterotrofia. Animais heterotróficos conseguem nutrientes apenas por meio da ingestão de matéria orgânica (SEBENS et al., 1998; PALARDY et al., 2005; HOUBRÈQUE; FERRIER-PAGÈS, 2009; FERRIER-PAGÈS et al., 2011; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 5), ou seja, eles não conseguem produzir o seu próprio alimento, e por isso não possuem capacidades fotossintéticas. Entretanto, os corais são animais politróficos, o que significa que sua base alimentar é por meio da heterotrofia e da autotrofia, obtendo energia via ingestão de bactérias e plâncton e via simbiose com suas zooxantelas (COLOMBO-PALLOTTA et al., 2010; GOREAU et al., 1971; HII et al., 2009; HOULBRÈQUE et al., 2004; HOULBRÈQUE; FERRIER-PAGÈS, 2009; PALARDY et al., 2005; apud FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 5). Isso quer dizer que, mesmo quando as zooxantelas estiverem incapacitadas de fazerem fotossíntese, os corais ainda poderão se alimentar de forma heterotrófica, mesmo não sendo a sua fonte principal de energia. Isso possibilitará para os corais um armazenamento de um grande volume energético, e assim, as zooxantelas, ao usufruírem dessas reservas, serão capazes de restabelecer o seu aparato fotossintético, recompondo o seu conteúdo proteico e pigmentar (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 5). Entretanto, Miguel Mies, professor do Instituto Oceanográfico (comunicação pessoal, 9 de junho de 2025), esclarece que os corais, por si só, não são autótrofos; a fotossíntese é realizada pelas microalgas zooxantelas com as quais eles mantêm uma relação simbiótica e, por isso, o termo correto ao se referir ao “coral autotrófico” é na verdade “coral

fotosintetizante”. Voltando para a questão da heterotrofia, de acordo com FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI (2012, p. 146), a ingestão heterotrófica mais eficiente quanto à aquisição de energia é do zooplâncton, que contribui com uma grande parcela do requerimento de carbono metabólico nos corais branqueados. Ou seja, com o auxílio da heterotrofia, os corais conseguem restabelecer o seu metabolismo, reprodução e aspectos teciduais (como por exemplo a espessura de seus tecidos), mesmo que ainda não tenham restabelecido por completo a densidade de seus simbiontes (zooxantelas) (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 146; Santos, 2012, p.9). Dessa forma, vemos a necessidade de os corais aumentarem sua alimentação durante esse processo, uma vez que os eventos de branqueamento ocorrem de modo gradual.

Diante de todos esses aspectos, este trabalho pretende responder quais podem ser os mecanismos de sobrevivência dos corais e o que pode ser feito para amenizar os impactos dos problemas causados pela qualidade da água em Abrolhos. Durante este projeto, o objetivo é explicar principalmente o fenômeno do branqueamento de corais sobre esses organismos, suas causas e consequências, possíveis formas e/ou vantagens que alguns corais possuem para minimizar esses impactos e o que pode ser feito para garantir uma maior taxa de sobrevivência das espécies coralinas. Para isso, este trabalho analisará os recifes coralinos do Arquipélago de Abrolhos, que pode ser considerada uma região marginalizada para o crescimento desses organismos (FREITAS, OLIVEIRA & KIKUCHI, 2012, p. 1), observando características que ajudam as espécies de Abrolhos a sobreviverem a eventos de branqueamento de corais. Alguns exemplos de tais características podem ser a presença da zooxantela (fazendo o coral ser politrófico) e vantagens, como por exemplo sobreviver a anomalias na temperatura ou simplesmente a localização espacial desses organismos. É importante considerar que certa característica pode ser vantajosa para certa espécie e para outra não, então essa questão varia muito de coral para coral.

Dessa forma, este trabalho pretende compreender como as ações antrópicas impactam na saúde dos corais indiretamente, seja amplificando o efeito estufa, que aumentaria a temperatura superficial das águas, ou influenciando diretamente na qualidade das águas do oceano. Entendendo mais sobre as causas e consequências das ações humanas e cuidando do ambiente marinho, será possível diminuir os eventos de branqueamento e examinar possíveis mecanismos ou características dos

corais que já são utilizados para minimizar os impactos desse fenômeno sobre esses organismos, ou até mesmo pensar em novas formas para a redução desses eventos. A partir da análise e da comparação de espécies endêmicas de Abrolhos e com características vantajosas únicas, esse trabalho visa entender como alguns corais são mais suscetíveis a sobreviverem a tal fenômeno que tanto prejudica esses organismos, e que por consequência afeta toda a cadeia alimentar marinha.

2. OS RECIFES CORALINOS E ABROLHOS

2.1. BIOLOGIA DOS CORAIS

Os cnidários são os principais constituintes e formam um grupo muito diverso que englobam diferentes animais marinhos, como por exemplo as anêmonas-do-mar, as gorgônias, as águas vivas, e os corais (CASTRO et al., 2006, p. 3). Eles são animais simples, dotados apenas de uma cavidade que serve como boca e ânus ao mesmo tempo e, em sua maioria, são sésseis, ou seja, vivem fixos no fundo do mar (CASTRO et al., 2006, p. 3). Esses organismos podem se alimentar das próprias algas (herbivoria), de zooplâncton e pequenos animais (carnivoria), de detritos (detritivoria) ou absorver matéria orgânica dissolvida (CASTRO et al., 2006, p. 6 e 7). Contudo, vários também podem apresentar algas microscópicas chamadas zooxantelas vivendo em seus tecidos, que por meio de uma relação simbiótica os fornecem energia via fotossíntese (CASTRO et al., 2006, p. 3). Essa capacidade autotrófica que alguns cnidários possuem em conjunto com a capacidade heterotrófica é o que faz esses seres zooxantelados serem politróficos, ou seja, terem ambas as formas de se alimentar.

O presente trabalho abordará especificamente o grupo dos corais, que são cnidários capazes de secretar um esqueleto calcário ou córneo (CASTRO, 1994 apud CASTRO et al., 2006, p. 3), também conhecidos como corais rochosos e corais moles (THE NATURE CONSERVANCY, s.d.). Corais com esqueletos calcários são em sua maioria zooxantelados (THE NATURE CONSERVANCY, s.d.) e possuem estruturas bastante rígidas (CASTRO et al., 2006, p. 3), sendo eles os principais responsáveis pela formação dos recifes, por isso chamados de corais construtores (THE NATURE CONSERVANCY, s.d.). Já os corais com esqueleto córneo possuem estruturas mais flexíveis (CASTRO et al., 2006, p. 3). Segundo experimentos realizados (PEREIRA et

al., 2009 apud MARQUES et al., 2013, p. 4), a relação de zooxantelas com corais supre a necessidade de carbonato de cálcio, que auxilia na calcificação, permitindo assim que haja o crescimento de sua estrutura. A fim de compreender melhor a biologia básica dos corais, Soares (2023, p. 19) aponta que:

Corais são, na verdade, colônias de pequenos animais chamados pólipos. Cada póipo secreta um exoesqueleto de carbonato de cálcio, que contribui para a estrutura sólida do coral. Esses pólipos têm tentáculos que usam para capturar pequenos organismos e se alimentar, embora a maior parte da nutrição dos corais seja obtida da sua relação com as zooxantelas.

Além disso, cumpre acrescentar que a estrutura formada pelos corais é de vital importância para a biodiversidade de um recife (SOARES, 2023, p. 36). Os corais desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade marinha ao formar habitats que abrigam uma ampla variedade de espécies, como peixes, crustáceos e algas (SOARES, 2023, p. 36). Essas estruturas oferecem abrigo, áreas de alimentação e locais de reprodução, sendo essenciais para a dinâmica ecológica dos recifes (SOARES, 2023, p. 36). No entanto, o fenômeno do branqueamento dos corais, que será aprofundado mais adiante, pode resultar na morte desses organismos e na consequente destruição desses habitats vitais (SOARES, 2023, p. 36). Como resultado, ocorre uma redução significativa na biodiversidade, o que pode desencadear impactos ecológicos e econômicos profundos (SOARES, 2023, p. 36). De acordo com Soares (2023, p. 19):

As principais ameaças encontradas incluem mudanças climáticas, elevação do nível do mar, aumento dos níveis de dióxido de carbono e outras. Essas mudanças podem resultar em doenças nos corais e afetar seu desempenho em seu nicho ecológico (FALINI; FERMANI; GOFFREDO, 2015; PASQUINI et al., 2017)

Ademais, segundo Bleuel (2020 apud SOARES, 2023, p. 33):

os recifes de corais estão ameaçados pelo aumento da temperatura dos oceanos, pela acidificação da água, pelo aumento do nível do mar e por fatores locais, como poluição, pesca predatória e turismo descontrolado.

Visto que os corais são organismos marinhos fascinantes que desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade dos oceanos (SOARES, 2023, p. 19), vê-se a importância da preservação desses ecossistemas tão únicos.

Existem diversas espécies de corais, cada uma com características únicas e favoráveis à sua estrutura e localização geográfica. Entretanto, de acordo com Castro et al., (2006, p. 8), “A fauna de alguns grupos de cnidários do Brasil ainda é pouco

conhecida. Esse fato é reforçado quando o enfoque é a diversidade do mar profundo.” Contudo, o presente trabalho não abordará toda a fauna de cnidários do Brasil, ele apenas analisará algumas das espécies de corais presentes no Arquipélago de Abrolhos. Para isso, o presente capítulo começará introduzindo algumas informações sobre as principais espécies encontradas na região. Entretanto, isso não significa que elas serão todas abordadas mais adiante e nem que não haverá pesquisas sobre outras espécies.

A *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868), conhecida como coral cérebro (FIGUEREDO, SILVA, 2020, p. 2), é um coral pétreo da família Mussidae (CASTRO, 2006, p. 21). Esta espécie é endêmica da região de Abrolhos (PÁDUA; CAVALCANTI, 2012, p.1 apud FIGUEREDO, SILVA, 2020, p. 2), demonstrando grande confinamento geográfico, já que é encontrada apenas em recifes da costa da Bahia (LEÃO, KIKUCHI, ENGELBERG, 1997, corais 16). Esse coral possui “características arcaicas, próximas às espécies de idade miocênica da bacia do Mediterrâneo” (LEÃO, KIKUCHI, ENGELBERG, 1997, corais 16), ele é zooxantelado (Tunala, 2022, p. 32) hermafrodita e desovador de gametas (CAPARELLI, 2004, p.44 apud FIGUEREDO, SILVA, 2020, p. 2). De acordo com Castro (2006, p. 33), essa espécie é dependente de áreas bem iluminadas devido ao fato de que, para a realização da fotossíntese, a luz deve chegar nas zooxantelas. A descrição da espécie por Leão, Kikuchi e Engelberg (1997, corais 16) é de que:

Este coral forma colônias maciças, comumente globulares, podendo ocorrer formas hemisféricas, e fortemente presas no substrato. Podem atingir até mais de 1 m de diâmetro. Os cálices são relativamente pequenos (8 a 10 mm de diâmetro) e poligonais; a columela é reduzida e os septos são delicados. Nas colônias de tamanhos grandes observa-se uma tendência à formação de cálices mais ou menos alongados, com mais de três centros columelares e com aspecto submeandroide. As colônias vivas têm a coloração cinza e amarela esbranquiçada [mod.].

Ainda mais, eles tendem a constituir a maior parte das paredes recifais e os topos recifais de Abrolhos e da costa do estado da Bahia (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 16).

A *Siderastrea Stellata* (Verrill, 1868) é um coral pétreo da família Siderastreidae (Vaughan e Wells, 1943 apud CASTRO, 2006, p. 23), endêmico das águas brasileiras, mas apresentando afinidades com as espécies caribenhas (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 5). Ele é zooxantelado e por isso é comumente encontrado em ambientes recifais de águas rasas, já que essa é uma espécie

dependente de áreas bem iluminadas para a realização de fotossíntese por meio de seus simbiontes (CASTRO, 2006, p. 33). De acordo com um conteúdo científico divulgado pelo Grupo de Pesquisa em Geociências (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 5) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), “Em Abrolhos, essa espécie tem um papel secundário na construção da estrutura dos recifes devido, segundo Laborel (1969a), à provável competição por espaço com a espécie *Mussismilia braziliensis* [mod.]”. Além disso, Leão, Kikuchi e Engelberg (1997, corais 5) denotam que, “Ao sul de Abrolhos, onde as águas vão se tornando mais frias, esta espécie torna-se mais rara, as colônias são menores e desaparece completamente na altura de Cabo Frio, na costa do Estado do Rio de Janeiro”. Como resultado de experimentos realizados por Tunala (2022, p. 90) diante de um estresse de luz com alto potencial fotoinibitório, temos que “sob temperaturas mais altas (28°C) em relação às mais baixas (18°C), *S. stellata* obteve melhores resultados em sua recuperação, quando avaliamos os valores de emissão da fluorescência da clorofila, chegando a uma recuperação dos valores ao final de seis dias”. Ademais, segundo Leão (2003, p. 11), a *S. stellata* é, atualmente, uma das formas mais comuns nas poças intermareais do topo dos recifes, sendo resistente às variações de temperatura, salinidade e turbidez das águas. Por fim, sobre a sua coloração, é visto que as colônias vivas que vivem em águas muito rasas têm uma coloração avermelhada e são geralmente pequenas; as colônias de águas mais profundas têm uma coloração amarelada e são maiores; e as nas poças do topo dos recifes, em águas com temperatura e teor de turbidez altos, apresentam uma forma achatada e com uma coloração avermelhada viva (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 5).

A *Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767) é um coral pétreo da família Faviidae (CASTRO, 2006, p. 20), e é um coral escleretíneo (construtores de recifes) zooxantelado (CASTRO, 2006, p. 33). Esses tipos de corais são comumente encontrados em ambientes recifais de águas rasas (CASTRO, 2006, p. 33), e preferivelmente claras e calmas (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 10). Segundo Castro (2006, p. 33), essa espécie é dependente de áreas bem iluminadas “já que as zooxantelas necessitam de luz para a realização de fotossíntese”. Essa espécie, junto da *Mussismillia hispida* (Verrill, 1902), é considerada uma das principais representantes da cobertura coralina do Arquipélago (TUNALA, 2022, p. 101). As colônias desse coral são maciças e apresentam variações morfológicas pequenas dependendo da profundidade das águas (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997,

corais 10). As colônias encontradas nas zonas rasas “são frequentemente hemisféricas e às vezes colunares” e as vistas nas paredes recifais, “em profundidades superiores a 5 m, adquirem uma forma franjada e, a partir dos 20 m, tornam-se achatadas e incrustantes”; essa espécie já foi identificada em profundidades que variam de 1 m até cerca de 80 m (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 10). Essa espécie é “registrada desde os recifes localizados na costa das ilhas do Arquipélago de Fernando de Noronha até o litoral do Espírito Santo” (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 10). Ao se tratar de informações mais detalhadas sobre o coral, Leão, Kikuchi e Engelberg (1997, corais 10) dizem que:

os cálices são bastante regulares e apresentam paredes laterais espessas. A coloração do animal vivo varia de um marrom amarelado a um marrom arroxo nos corais localizados nas zonas sombreadas.

A *Favia gravida* (Verrill, 1868) é um coral pétreo um pouco mais raro (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 7), da família Faviidae (Gregory, 1900 apud CASTRO, 2006, p. 20), que também apresenta familiaridades com espécies caribenhas. A sua coloração pode variar de marrom claro a amarelo (LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 8). De acordo Leão, Kikuchi e Engelberg (1997, corais 8):

Esta espécie é bastante resistente às variações das condições ambientais, particularmente com respeito à temperatura, salinidade e turbidez das águas. Juntamente com a espécie *Siderastrea stellata* são os corais mais comuns nas poças rasas do topo emerso dos recifes de coral costeiros e mesmo nos substratos não recifais que afloram ao longo das praias.

Ele também é zooxantelado e por isso costuma ser encontrado nas áreas mais rasas do Arquipélago de Abrolhos (CASTRO, 2006, p. 33). De acordo com estudos e análises realizados por Laborel (1969a apud LEÃO, KIKUCHI & ENGELBERG, 1997, corais 8) sobre a morfologia da parede lateral dos cálices dessa espécie, foi constatado que a *F. gravida* pode ser dividida em corais de 3 tipos diferentes: o primeiro tipo tem os cálices simples, mais ou menos equidimensionais, e são corais caracterizados por viverem em ambientes de águas calmas; o segundo tipo possui alguns cálices ovais e pouco alongados, sendo corais encontrados em águas com profundidades intermediárias (2 a 15 m); e o terceiro tipo se caracteriza pelo alongamento acentuado dos cálices com uma forte meandrinização, sendo corais encontrados em águas agitadas e rasas. Além disso, esses tipos de *F. gravida* foram também classificados, por Laborel (1969a apud Leão, Kikuchi e Engelberg, 1997, corais 8), com base em suas formas:

A forma com cálices maiores e mais abertos, indica águas turvas ou poluídas, e a forma com os cálices estreitos e de paredes laterais espessas, corresponde a ambientes com condições favoráveis (águas claras e bem oxigenadas)[mod.].

A *Millepora alcicornis* (Linné, 1758) é um hidrocoral da família Milleporidae (Fleming, 1928) encontrada principalmente em regiões rasas e até 25m de profundidade (Amaral et al., 2002, 2008; Couto et al., 2003; Cruz et al., 2009; Oigman-Pszcz et al., 2004; apud Kohori, 2023, p.10), e possui coloração parda e amarelo amarronzada quando viva (Leão, Kikuchi e Engelberg, 1997, hidrocorais 1). Resultados de uma pesquisa realizada por Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 78) mostram que ela foi a segunda em número de colônias registradas (1250) nos recifes da Bahia, mas, mesmo assim, tiveram um percentual de branqueamento total inferior a 10%. Além disso, ela é uma importante construtora das bordas dos recifes brasileiros e, por isso, o cultivo do hidróide calcário *M. alcicornis* pode ser utilizado como uma ferramenta para restaurar as áreas degradadas dos recifes coralinos no Arquipélago de Abrolhos (OLIVEIRA, LEÃO & KIKUCHI, 2008, p. 72). No entanto, essa espécie vem cada vez mais desaparecendo por causa das recentes ondas de branqueamento e atividades humanas (Belém et al., 1986; Maýal, 1986; Pitombo et al. 1988; Leão et al., 1997; Kikuchi, 2000; Leão & Kikuchi, 2000; apud OLIVEIRA, LEÃO & KIKUCHI, 2008, p. 72).

A *Tanacetipathes tanacetum* (Pourtalès, 1880), antes chamada de *Antipathes tanacetum* (Pourtalès, 1880), é um octocoral da família Myriopathidae (CASTRO, 2006, p. 17). Essa espécie, de acordo com Loiola (2007, p. 5), é a mais abundante ao longo dos montes submarinos brasileiros e do talude continental ao largo da costa leste. Loiola (2007, p. 5) também reporta que o *T. tanacetum* já foi registrado em profundidades de 60 a 706 m no Brasil. Os corais vivos dessa espécie têm uma coloração que varia entre marrom e laranja-claro (WAGNER, SHULER, 2017, p.10).

A *Plexaurella grandiflora* (Verrill, 1912) é um octocoral endêmico do litoral brasileiro (Leão 1982: 61 apud CASTRO, 1986, p. 70), da família Plexauridae (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, s.d.), e possui coloração marrom (CASTRO, 1986, p. 53). De acordo com Castro (1986, p. 70), “A comparação da distribuição geográfica das espécies de Octocorallia da área de Abrolhos mostra que sua fauna apresenta poucas semelhanças com a fauna da região caribenha”. Além disso, a *P. grandiflora* é uma espécie que apresenta grandes variações na sua

morfologia externa (CASTRO, 1986, p. 51). Contudo, essas variações não serão o foco do presente trabalho. Uma curiosidade sobre essa espécie, é que segundo Verril (1912 apud CASTRO, 1986, p. 75), a *Plexaurella pumila* (Verril, 1912) pode ser considerada um sinônimo de nome para a *Plexaurella grandiflora*. Entretanto, embora Bayer (1961 apud CASTRO, 1986, p. 52) não tenha tido acesso a essas duas espécies, ele afirma que elas devem ser analisadas separadamente. Contudo, com a análise dos cálices, escleritos e ramos da *P. grandiflora* e da *P. pumila*, realizada por Castro (1986, p. 52), chegou-se à conclusão de que, devido à inexistência de descontinuidade nos caracteres que separariam essas espécies, as duas são, para ele, consideradas sinônimas.

A *Muriceopsis sulphurea* (Donovan, 1825) é um octocoral da família Plexauride (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, s.d.), endêmico do Brasil (DONOVAN, 1825 apud CASTRO, 1986, p. 44). Essa espécie já foi registrada 118 vezes desde o Estado do Rio de Janeiro até o Maranhão; no litoral da Bahia ela foi registrada 6 vezes (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, s.d.). De acordo com Castro (1986, p. 67 e 39), as espécies de Octocorallia tem “grandes variações morfológicas em suas colônias”, ou seja, tem formas variáveis. Após análises, notou-se que o crescimento entre exemplares de origem idêntica é semelhante, o que indica que “as variações encontradas nessas espécies são devidas à exposição a diferentes condições ambientais” (CASTRO, 1986, p. 44). Segundo Castro (1986, p. 39) “as colônias podem ser baixas e arbustivas, com ramos curtos, alongadas e irregularmente peniformes, com ramos longos, ou apresentar qualquer forma intermediária entre esses dois extremos”. Suas colônias são caracterizadas pela coloração amarela, laranja e de “tons de creme entre amarelo até quase branco” (Castro, 1986, p. 40).

Diante do exposto, observa-se que o Arquipélago de Abrolhos abriga uma ampla variedade de espécies de corais, cada uma com características próprias, o que contribui para a riqueza dos recifes da região. Na próxima seção, essa riqueza estrutural e faunística será mais aprofundada.

2.2. ABROLHOS

Os recifes de Abrolhos, segundo Leão (1999, p. 2 e 4), “são os maiores e os mais ricos recifes de corais do Brasil”, e “abrange recifes de corais, ilhas vulcânicas,

bancos rasos e canais, ocupando uma área de aproximadamente 6.000 km² na parte norte do banco de Abrolhos”. Por se localizar numa plataforma rasa, “As profundidades são inferiores a 30 m e na sua borda elas não excedem os 70 m” (LEÃO, 1999, p. 4), o que limita as espécies que podem ser encontradas no local.

Ademais, assim como mencionado na introdução, muitos animais dependem dos recifes corais. De acordo com Neto (2023, p. 2 e 3), mais de 150 espécies de peixes foram registradas em Abrolhos e 3 espécies de tartarugas também. Outros organismos como anêmonas, esponjas, equinodermas, poliquetas, crustáceos, moluscos e mais, também foram registrados no recife (NETO, 2023, p. 4, 5, 6, 7 e 8).

De acordo com Leão (1999, p. 3 e 2):

Os recifes de Abrolhos crescem a partir de uma estrutura característica com a forma de cogumelo chamada de "chapeirão", o qual é construído por uma fauna coralina rica em espécies endêmicas que florescem em um ambiente lamoso considerado inóspito.

Os números de espécies de corais são quatro vezes menores que os número de espécies descritas para os recifes do Atlântico Norte, e muitas delas são espécies endêmicas, arcaicas, isoladas de uma fauna de idade Terciária a qual tornou-se resistente ao estresse provocado pela turbidez periódica das águas brasileiras.

Por ter essas características específicas que demandam uma certa resistência das espécies presentes no recife, Abrolhos é considerado um local de extrema importância científica (LEÃO, 1999, p. 3).

De acordo com Leão (1999, p. 7), o formato de corais depende de cada espécie, mas após um certo período tomam um formato semelhante a um cogumelo, denominado por Hartt (1870) de chapeirões, característica não muito proeminente em outros mares tropicais. Para esclarecer, durante o crescimento sua base se estreita e o topo se expande lateralmente (NETO, 2023, p. 1). É possível observar espécies como a *Mussismilia braziliensis*, que “podem já apresentar a forma cogumelar desde sua fase inicial de crescimento”, nesse caso de cerca de 20 cm (LEÃO, 1999, p. 7). Ainda mais, chapeirões maduros “podem alcançar alturas de até 25 m com uma área na superfície de cerca de 50 m” (LEÃO, 1999, p. 7).

Abrolhos possui dois arcos (LEÃO, 1999, p. 8). O arco costeiro, que é composto pela conurbação de chapeirões, chamada de bancos recifais, que podem ser menores ou maiores (LEÃO, 1999, p. 8). O maior tem seus espaços vazios preenchidos por sedimentos de origem biogênica (LEÃO, 1999, p. 8). Já o arco externo é formado por “chapeirões isolados em águas com profundidades superiores a 25 m” (LEÃO, 1999, p. 9).

Ademais, “Três zonas recifais são distinguidas nos recifes de Abrolhos: o topo, a borda e a parede recifal” (LEÃO, 1999, p. 9). O topo recifal é a parte mais superior dos chapeirões e dos bancos recifais e possui canais meandrantos que se ligam a poças com grande vida orgânica (LEÃO, 1999, p. 10). A borda dos recifes é “extremamente irregular”, mas isso é dado pelo crescimento recifal e não por erosão (LEÃO, 1999, p. 10). A parede recifal é dominada por organismos vivos, como o coral *Mussismilia braziliensis* e o hidrocoral *Millepora sp* (LEÃO, 1999, p. 10).

Tratando do Arquipélago de Abrolhos, ele é formado por cinco ilhas, sendo elas as ilhas Santa Bárbara, Ilha Redonda, Ilha Siriba, Ilha Sueste e pequena ilha Guarita (LEÃO, 1999, p. 3, 4 e 19). A maior é a Santa Bárbara, que “tem aproximadamente 1 km de comprimento (leste-oeste), 300 m de largura e 35 m de altitude” (LEÃO, 1999, p. 19). Da parte oeste ao sul dela, desenvolvem-se recifes em franja, ocupando cerca de dois terços da sua costa (LEÃO, 1999, p. 19). A ilha Redonda é encontrada ao oeste da ilha de Santa Bárbara, e, ainda mais, “Ela tem cerca de 400 m de diâmetro e 36 m de altitude”, com recifes em franja crescendo em sua costa sudeste (LEÃO, 1999, p. 19). A ilha Siriba está ao sul da ilha Redonda e “tem 300 m de comprimento (leste-oeste), 100 m de largura e 16 m de altitude” (LEÃO, 1999, p. 19). A ilha Sueste está ao sul do Arquipélago “com cerca de 500 m de comprimento, 200 m de largura e 15 m de altitude”. Ambas as ilhas Siriba e Sueste não possuem bancos recifais desenvolvidos, mas “sim chapeirões isolados que podem alcançar até 15 m de altura dentro do canal que as separa, onde as profundidades atingem 20 m” (LEÃO, 1999, p. 19). A pequena ilha Guarita se localiza em torno de 250 m do norte da ilha de Santa Bárbara e “tem cerca de 100 m de largura (nordeste-sudeste) e 13 m de altitude”, possuindo uma parede recifal bem desenvolvida (LEÃO, 1999, p. 19).

Figura 2. Vista aérea do Arquipélago de Abrolhos ilustrando as cinco ilhas. No topo à esquerda, a ilha Santa Bárbara com a pequena Guarita à oeste. Na base da foto as ilhas Redonda e Siriba, à direita. No topo à direita, a ilha Sueste.



Fontes: “Arquipélago de Abrolhos – Guia Turismo Viagem” e “Abrolhos – O Complexo Recifal Mais Extenso do Atlântico Sul” (LEÃO, 1999, p.3).

Com fundamento nas considerações anteriormente expostas, é possível concluir que o Arquipélago de Abrolhos é responsável por proporcionar um ambiente para diversos organismos se propagarem e se sustentarem (SOARES, 2023, p. 36). Ou seja, os recifes coralinos, incluindo Abrolhos, beneficiam o ecossistema marinho de diversas maneiras, "como ao servir de habitats para peixes juvenis e ajudar a proteger as costas contra ondas e tempestades" (*tradução de autoria própria*) (CHAIJAROEN, 2022). De acordo com Chaijareon (2022), o bem-estar humano está conectado com o oceano, o que leva à conclusão de que a degradação dos recifes impactaria negativamente economias e comunidades ao redor do planeta.

3. EVENTOS DE BRANQUEAMENTO E IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS.

De acordo com Rutz e Souza, o branqueamento de corais (2015, p. 1):

é a morte dos seres responsáveis pela construção estrutural dos recifes de coral (pólipos), devido a problemas ambientais, como por exemplo o aumento da temperatura média dos oceanos. A morte dos pólipos ocorre pela destruição das algas

unicelulares que os compõem. Quando isto acontece, os pólipos ficam enfraquecidos e morrem, restando apenas o esqueleto calcário que logo se torna branco quando a matéria orgânica se decompõe. Por isso este processo é chamado de “branqueamento” [mod.].

É importante mencionar também que “o branqueamento pode ser fatal ou temporário para corais, e que isso depende de fatores como sua espécie, localização geográfica, condição histórica e suas influências regionais e locais” (WOESIK, KRATOCHWILL, 2020, p.1) (tradução de autoria própria). De acordo com um artigo publicado por Serra (2007, p. 165 e 166), desde a Revolução Industrial, o aquecimento global foi acelerado e agora está presente na rotina humana, principalmente ao se tratar da imprevisibilidade climática e temperaturas mais altas. É possível observar isso principalmente nos registros de branqueamento de corais, que aumentaram muito desde 1980 (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 79). Além disso, o branqueamento pode ser classificado de diferentes maneiras para melhor caracterizar o seu grau de intensidade. Isso é observado no artigo de Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 69), em que esse evento pode ser considerado como “fraco” e “forte”. O branqueamento é “fraco” quando há uma área de colônias de corais que se apresenta ligeiramente pálida (figura 3a-d) e “forte” quando a superfície da colônia está parcial ou totalmente branqueada (figura 3e-h) (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 72). A figura 3 indica algumas espécies de corais classificados pelos seus níveis de branqueamento.

As espécies de corais mais afetadas pelo branqueamento foram *Mussismilia hispida*, *Siderastrea spp.*, *Montastraea cavernosa*, *Agaricia agaricites* e *Porites astreoides* (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 69). De acordo com Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 76), a *Mussismilia braziliensis* (figura 3d), espécie mencionada anteriormente, têm uma quantidade significativamente menor de corais branqueados em Abrolhos do que em outras regiões, tendo em média menos de 3% de colônias atingidas, sendo 1% do branqueamento do tipo “forte”, enquanto em outras áreas chegaram a 24%. A *Mussismilia harttii*, conforme Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 76), teve seu maior índice de branqueamento no Arquipélago de Abrolhos em 2005, atingindo mais de 10% das 900 colônias. Durante os anos em que esta espécie foi avaliada, ela teve um “percentual de colônias branqueadas de 3%” (LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 76). A *Siderastrea spp* (figura 3b)., a partir de pesquisas realizadas por Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 76), teve uma média alta do

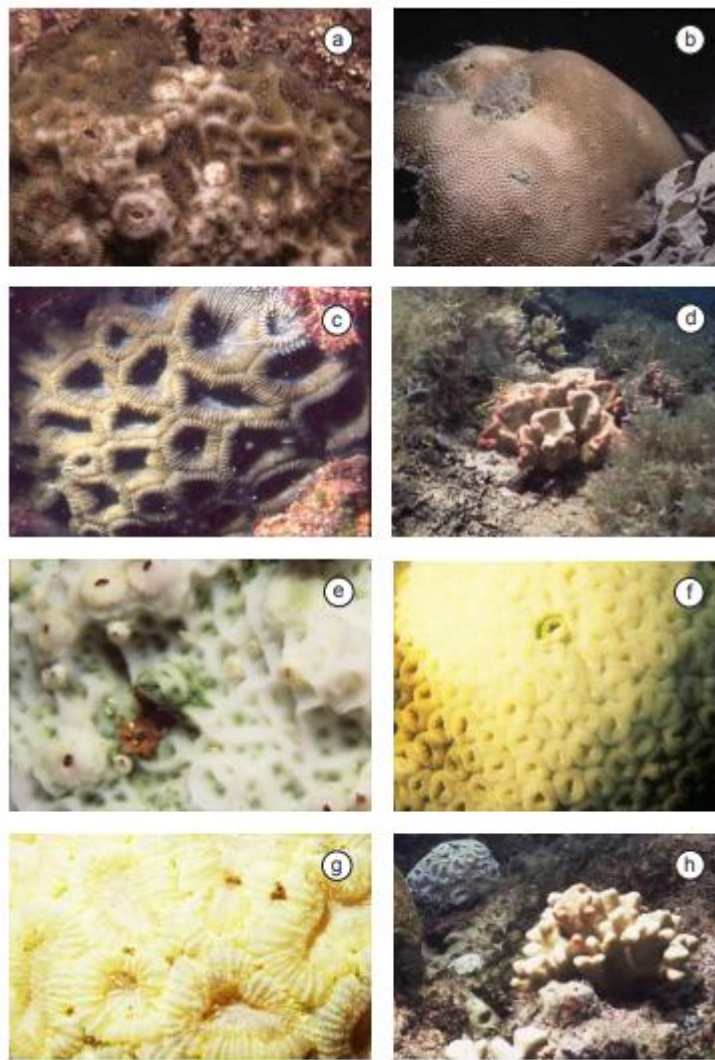
percentual de colônias branqueadas, sendo ela 39%, “com a maioria do tipo branqueamento “fraco” (31%)”. Contudo, nos recifes do arco costeiro de Abrolhos o percentual foi baixo, sendo ele 8%, o que demonstra a diferença entre o Arquipélago e outras regiões. Segundo Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 78), a *Montastraea cavernosa* (figura 3f) teve uma média de:

12% de colônias branqueadas, predominantemente do tipo branqueamento “fraco”. Ela foi encontrada em maior quantidade nos recifes do arco costeiro e do Arquipélago de Abrolhos, onde os teores de branqueamento atingiram valores de 11 e 10%, respectivamente [...]. Percentuais variados de colônias branqueadas entre 10 e 15% ocorreram nos anos de 2000 a 2003, e em 2005 o percentual de colônias branqueadas atingiu 48% nos recifes dos Itacolomis e das ilhas do Arquipélago de Abrolhos [mod.].

P. astreoides, de acordo com Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 78), espécie com apenas 157 colônias encontradas, teve uma média de branqueamento de 6% em suas colônias no arquipélago de Abrolhos. *F. leptophylla*, conforme Leão, Kikuchi e Oliveira (2008, p. 78), uma espécie mais vista em Abrolhos do que em outras regiões, teve uma taxa de apenas 8% de colônias branqueadas, nos recifes de Abrolhos no ano de 2000. Do gênero *Millepora* (*M. nitida* figura 3h, *M. braziliensis* figura 3d), que teve um percentual de branqueamento inferior a 10%, duas espécies:

M. nitida e *M. braziliensis*, classificadas como “raras”, só foram registradas nos recifes de Abrolhos, sendo nove colônias de *M. nitida* e 12 colônias de *M. braziliensis*. Apenas três colônias de *M. nitida* (33%) foram observadas branqueadas, duas em 2002 e uma em 2005. Das 12 colônias de *M. braziliensis*, apenas duas (40%) estavam branqueadas nos recifes do Parcel dos Abrolhos no ano de 2000.

Figura 3. a-d) Branqueamento fraco; e-h) Branqueamento forte; a) *Agaricia agaricites*; b) *Siderastrea* spp.; c) *Mussismilia hispida*; d) *Millepora braziliensis*; e) *Agaricia agaricites*; f) *Montastraea cavernosa*; g) *Mussismilia hispida*; e h) *Millepora nitida* (frente), *Mussismilia hispida* (fundo).



Fonte: “Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano”, LEÃO, KIKUCHI & OLIVEIRA, 2008, p. 75

Para exemplificar como os corais são importantes para o ecossistema marinho e a vida de outras espécies, é preciso observar sua complexidade estrutural, e, de acordo com Graham e Nash (2012, p. 315), “a complexidade estrutural pode ser definida como a estrutura tridimensional de um ecossistema, e essa estrutura é dada pela forma física e complexidade dos organismos vivos” (tradução de autoria própria) que, nesse caso, são os corais. “Contudo, ela também pode ser formada por outros elementos estruturais do meio, como características geológicas” (tradução de autoria própria) (GRAHAM & NASH, 2012, p. 315). Segundo Graham e Nash (2012, p.315), “a complexidade estrutural nos ecossistemas cria diversos tipos de micro-habitat e espera-se que ela leve a uma maior diversidade e abundância de organismos associados” (tradução de autoria própria). Pesquisas realizadas por Graham e Nash (2012, p. 316) apontam que:

os impactos iniciais das perturbações que causam a mortalidade dos corais, mas não afetam a estrutura do recife, podem ser relativamente limitados em outros componentes do sistema. Entretanto, se a complexidade estrutural também for perdida ou posteriormente se degradar, os impactos sobre organismos como os peixes podem ser muito mais severos (tradução de autoria própria).

Ademais, é fundamental compreender que a degradação dos recifes coralinos fará com que diversos animais marinhos sejam prejudicados, tendo em vista que eles servem de abrigo para milhares de algas e pequenos peixes e crustáceos que são a base da cadeia alimentar marinha (Correia & Glaber, 2022, p. 2). Segundo Correia e Glaber (2022, p.4), “Uma a cada três espécies marinhas se encontra nos recifes”. Dessa forma, a destruição dos corais fará com que esses pequenos seres, mas importantes, morram, o que ocasionará em um efeito cascata que prejudicará diversos outros animais que compõem a teia alimentar do oceano. Entretanto, o efeito cascata não abrange apenas o meio oceânico. Deve-se lembrar que peixes e frutos do mar são alimentos amplamente consumidos pelo homem e que existem diversas comunidades ribeirinhas que vivem da pesca para sobreviverem, além de que os recifes são estruturas que encantam turistas de diversos locais (Correia & Glaber, 2022, p. 2). Conforme Moberg e Folke (1999 apud Correia & Glaber, 2022, p. 4), “Dos peixes consumidos pelo homem, 10% vivem nos recifes de corais” e, segundo Ferreira e Maida (2006 apud Correia & Glaber, 2022, p. 4), “estimativas indicam que, em nível mundial, os recifes de coral contribuem com quase 375 bilhões em bens e serviços por meio de atividades como pesca, turismo e proteção costeira”. Além disso, de acordo Correia e Glaber (2022, p. 4):

Uma a cada três espécies marinhas se encontra nos recifes. Milhões de moradores de regiões costeiras em mais de 100 países dependem exclusivamente da movimentação econômica oriunda dessa região seja para consumo direto ou para comercialização de proteína e exploração do turismo.

Contudo, ao mesmo tempo, a pesca muitas vezes pode se tornar uma atividade predatória, o que também acaba por impactar na cadeia alimentar marinha. Esse fato foi também observado por Marchioro e Nunes (2003 apud Correia & Glaber, 2022, p.7), que afirma que, quando intensa, “essa atividade causa impactos diretos no ecossistema, devido aos incidentes de derramamento”. Dessa forma, as atividades do homem nos recifes precisam ser fiscalizadas, uma vez que a intensa exploração nesses ambientes é cada vez mais comum.

Essas informações demonstram a dependência que organismos tem entre si e “destaca a importância da complexidade estrutural ao se tratar da mediação da decadência do ecossistema” (tradução de autoria própria) (GRAHAM & NASH, 2012, p. 316). Após uma pesquisa literária, Graham e Nash (2012, p. 316) afirmam que “a maioria dos estudos encontrou uma relação positiva entre a complexidade estrutural e a diversidade, abundância e/ou biomassa dos peixes de recife”.

4. COMO OS CORAIS PODEM SOBREVIVER A ESSES EVENTOS?

Como já especificado anteriormente, os episódios de calor que tanto afetam os organismos coralinos estão cada vez mais frequentes e duradouros. A possível sobrevivência dos corais perante os eventos de branqueamento ainda é um assunto polêmico e, segundo o prof. Dr. Miguel Mies (comunicação pessoal, 9 de junho de 2025), nenhuma forma se mostrou completamente eficiente. De forma mais ativa, houve experiências como por exemplo o cultivo de corais em laboratórios e depois a inserção desses organismos novamente em seus ambientes naturais, processo chamado de restauração. Entretanto, a restauração de corais hoje em dia não é mais muito bem-vista, pois quando eles forem reimplantados, irão acabar sofrendo da mesma forma com os impactos ambientais (prof. Dr. Miguel Mies, comunicação pessoal, 9 de junho de 2025). Ou seja, a restauração é uma forma temporária de proteger os corais e não alcançará a origem do problema.

Mesmo que os recifes de Abrolhos estejam sofrendo cada vez mais, foi observado que a espécie *Millepora alcicornes* vem morrendo menos, embora ainda esteja com alto índice de letalidade (prof. Dr. Miguel Mies, comunicação pessoal, 9 de junho de 2025). Uma hipótese para essa diminuição nas taxas de mortalidade da *M. alcicornes* é que foi gerada uma pressão sobre essa espécie e agora ela está mais adaptada e resistindo a esses eventos de branqueamento (prof. Dr. Miguel Mies, comunicação pessoal, 9 de junho de 2025). Então, surge uma questão: será que as *M. alcicornes* que sobraram apresentam genótipos específicos que toleram mais o calor? Não é possível ter certeza da resposta, tendo em vista que estudos e pesquisas ainda estão em desenvolvimento. Entretanto, sabe-se que os recifes brasileiros, incluindo Abrolhos, possuem espécies endêmicas mais bem adaptadas aos níveis de

turbidez (Kelmo & Attrill, 2013 apud Kohori, 2023, p.10) e, além disso, acredita-se que essas espécies possuem maior resiliência a eventos de branqueamento, uma vez que ao mesmo tempo que a turbidez da água reduz a incidência da radiação solar, ela fornece maiores quantidades de matéria orgânica, o que, como já explicado na introdução, possibilita a alimentação heterotrófica dos corais, aumentando as chances de recuperação do coral pós-branqueamento (Anthony & Fabricius, 2000; Duarte et al., 2020; Morgan et al., 2016; apud Kohori, 2023, p.10). Essa capacidade de um ser vivo de se adaptar a mudanças do ambiente é chamada de aclimação (Kohori, 2023, p.11), e esse caso já foi observado em um estudo realizado por Barshis et al. (2013 apud Kohori, 2023, p.11), o qual mostrou que colônias da espécie *Acropora hyacinthus* (Dana, 1846), quando expostas a temperaturas muito elevadas, apresentam importantes mudanças na ativação de genes que possibilitam ao coral a capacidade de lidar com o estresse causado pelas variações térmicas. Ademais, um experimento realizado por Rosado et. al. em 2019 conseguiu reduzir os efeitos do calor em uma espécie chamada *Pocillopora damicornis* (Linnaeus, 1758), e isso foi feito colocando cinco tipos de bactérias específicas no coral, que o ajudaram a se proteger do estresse térmico (Kohori, 2023, p.12). Dessa forma, o estudo dos genes coralinos e dos microbiomas, que são os organismos como bactérias e fungos que vivem junto com os corais (Kohori, 2023, p.11), é essencial para a compreensão da capacidade de aclimação desses seres e para a busca de formas de reduzir os danos causados pelo branqueamento desses organismos, tendo em mente que corais de determinadas regiões possuem maior resistência às variações climáticas do que outros, da mesma forma que também podem ser mais afetados dependendo da localização. Contudo, infelizmente, estudos que explorem esses temas ainda são escassos, principalmente em hidrocorais (Closek et al., 2014; Elizárraga et al., 2023; apud Kohori, 2023, p.12), além do fato de que pesquisas desse tipo demandam um alto custo.

Ademais, dando maior ênfase à essa questão da importância da heterotrofia, resultados de uma pesquisa realizada por Santos (2012, p. 9, 25, 26, 29 e 30) com o coral *Montastraea cavernosa* mostraram que as colônias branqueadas e alimentadas apresentaram tecido mais espesso e volumoso do que as colônias branqueadas e não alimentadas, o que possibilitou um aumento nos níveis de proteínas, lipídios e na quantidade de zooxantelas, promovendo uma capacidade desses corais de se recuperarem após eventos de branqueamento. Uma característica da espécie

Montastrea cavernosa que a ajudou a capturar grandes quantidades de alimento foram os seus pólipos, que são mais largos quando comparados ao de outras espécies (Santos, 2012, p. 31). Segundo Santos (2012, p. 30), “sob as condições experimentais deste trabalho, as colônias branqueadas de *M. cavernosa* não sobreviveriam, sem alimento, a um período superior a onze semanas”. Entretanto, suas pesquisas também mostraram que a heterotrofia não ajudou na calcificação dos corais branqueados, apenas nesses aspectos teciduais. De acordo com Santos, essa forma de nutrição é descrita como (2012, p.16):

[...] um mecanismo de manutenção dos corais, principalmente quando o carbono fotossintético está indisponível, como por exemplo, em áreas mais profundas (Ferrier-Pagès et al., 2003) ou com elevada turbidez (Houlbrèque et al., 2004; Palardy et al., 2008) e durante os eventos de branqueamento (Borell e Bischof, 2008; Borell et al., 2008; Grottoli et al., 2006; Palardy et al., 2008; Tolosa et al., 2011) [mod.].

Além disso, foi observado também que em áreas mais profundas do oceano, as colônias de *M. cavernosa* reduzem as suas taxas fotossintéticas, ou seja, sua capacidade autotrófica, e aumentam a ingestão de matéria suspensa na água, a sua capacidade heterotrófica (Santos, 2012, p.31). Essa alternância entre esses dois diferentes tipos de nutrição culmina em uma espécie que possui uma maior facilidade para se adaptar em ambientes com diferente disponibilidade de luz e nutrientes.

Podemos, então, concluir que os corais zooxantelados possuem uma grande vantagem sobre os corais não-zooxantelados, justamente pelo fato de eles serem animais politróficos. Tendo em vista que a nutrição dos corais regula tanto o crescimento de seu tecido quanto o crescimento de seu esqueleto, e que os corais, por meio da heterotrofia, conseguem restabelecer o seu aparato fotossintético, é possível perceber que o hábito alimentar dos corais é indispensável para determinar a conservação dos recifes. Além disso, espera-se que, espécies capazes de combinar a aquisição de energia por meio das formas autotrófica e heterotrófica, tenham maiores chances de superar mudanças ambientais, como o aumento da temperatura da superfície do mar.

Entretanto, apenas essas características não definem a sobrevivência desses organismos frente a eventos de branqueamento cada vez mais severos. É fundamental compreender o papel das atividades humanas nesse processo, uma vez que o branqueamento de corais possui causas essencialmente antrópicas. O aumento da temperatura das águas oceânicas, um dos principais fatores responsáveis pelo

fenômeno de branqueamento, é, por exemplo, uma consequência direta do efeito estufa, intensificado pela emissão de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis (Nobre, 2001, p.1 e 2). Em um mundo cada vez mais globalizado, vê-se a dependência da economia mundial em fontes de energia não renováveis. Segundo Saron (2007, p. 2), “Grande parte da energia consumida ainda tem origem da queima de combustíveis fósseis”. Esse é um grave problema, tendo em vista que a queima de carvão e petróleo, principalmente, libera enormes quantidades de gases do efeito estufa, o que eleva a temperatura média do planeta, e, como consequência, eleva a temperatura das águas superficiais do oceano (Dias, 2006, p. 6), intensificando, dessa forma, os eventos de branqueamento coralinos. Portanto, entende-se a necessidade da transição de uma economia baseada em combustíveis fósseis, para uma de matriz energética composta em boa parte por fontes de origens renováveis, como por exemplo a eólica e a hidráulica, que apresentam alternativas mais limpas. De acordo com Saron (2007, p.2),

A única alternativa viável para suprir as necessidades humanas e produzir o menor impacto ambiental possível é adotar um modelo de economia sustentável, baseado na produção de energia e bens de consumo a partir de recursos naturais renováveis.

Por fim, entende-se que medidas para conter esses estresses locais causados por ações, indiretas ou diretamente, antrópicas, são essenciais para aumentar a capacidade de aclimação dos corais às mudanças climáticas, tendo em vista que as consequências dessas ações desestruturam fisicamente os recifes e alteram o equilíbrio ecológico, podendo reduzir a resiliência dos corais frente a eventos de branqueamento, e consequentemente reduzindo a sua recuperação. De acordo com o prof. Dr. Miguel Mies (comunicação pessoal, 9 de junho de 2025), a melhor alternativa é investir em unidades de conservação, para que seja possível proteger cada vez mais os recifes das consequências das atividades humanas.

5. METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste trabalho conduziu-se uma pesquisa bibliográfica, com abordagem descritiva e qualitativa. Foi necessário o estudo e fichamento de diversos artigos científicos e acadêmicos que abordassem o tema “corais”, a análise de dados e a presença de reuniões com especialistas. Durante o projeto, estivemos

constantemente em contato com a nossa orientadora, Gisele Cova dos Santos Rodrigues, que nos ajudou na produção de nosso trabalho, e estivemos presentes em uma reunião com o professor do Instituto Oceanográfico (IO), Miguel Mies, que nos propiciou mais conteúdo. A escolha por essa metodologia se justifica pela necessidade de abordar e analisar as pesquisas já existentes sobre o tema, com o objetivo de encontrar tendências e contribuições. A coleta de dados foi realizada por meio de buscas em bases de dados científicas, como Scielo, Google Acadêmico e outros artigos publicados por profissionais em portais de universidades. Para orientar as pesquisas do presente trabalho, foram utilizadas principalmente as palavras-chaves “Abrolhos”, “corais”, “branqueamento de corais” e “aquecimento global”.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como tema central os recifes coralinos do Arquipélago de Abrolhos, com foco na biologia dos corais, nos eventos de branqueamento e nas estratégias que as espécies possuem, além do que pode ser realizado por nós, seres humanos, para que esses organismos possam sobreviver a tais estresses ambientais. O principal objetivo do estudo foi analisar a relação entre a biologia dos corais e sua capacidade de adaptação frente às alterações ambientais, buscando identificar quais fatores influenciam sua sobrevivência e manutenção.

O desenvolvimento do trabalho permitiu observar que os recifes de Abrolhos representam um ecossistema único e de grande importância, pois a região abriga diversas espécies endêmicas e construtoras de recifes, como a *Mussismilia braziliensis*, *Montastraea cavernosa*, *Siderastrea stellata* e *Millepora alcicornis*, as quais desempenham papel crucial na formação de habitats, sustentando uma elevada biodiversidade marinha. Verificou-se que a perda das zooxantelas nos corais fotossintetizantes é provocada principalmente pela elevação da temperatura dos oceanos, o que resulta no branqueamento desses organismos, fazendo com que haja a diminuição da densidade e complexidade estrutural dos recifes. Como consequência, os organismos dependentes dos recifes, como peixes e invertebrados, são afetados, evidenciando o efeito desses eventos sobre a dinâmica do ambiente marinho.

Antes de serem iniciadas as pesquisas, o presente trabalho possuía algumas hipóteses. Acreditava-se que a alimentação heterotrófica por parte dos corais poderia ajudar na calcificação dos corais branqueados, que o branqueamento dos corais é um fenômeno relacionado principalmente com a eutrofização e que a eutrofização era um evento completamente prejudicial para esses organismos. Entretanto, ao longo dos estudos, foi descoberto que a alimentação heterotrófica por parte dos corais ajuda principalmente na reposição dos tecidos desses organismos, e não na calcificação. Além disso, também foi exposto que a principal causa para o branqueamento de corais em Abrolhos é sim o aumento da temperatura da água dos oceanos, mas não a eutrofização. Na verdade, em alguns casos, a eutrofização pode até impedir que muita luz solar adentre a superfície oceânica, o que auxiliaria na proteção dos corais. Contudo, mesmo com essas refutações, a nossa principal hipótese, que liderou as pesquisas do presente trabalho, foi corroborada: as ações antrópicas estão ligadas, direta ou indiretamente, com os eventos de branqueamento coralinos. Dessa forma, chegou-se à conclusão de que a transição para uma matriz energética sustentável se faz necessária em um mundo cada vez mais globalizado como o que temos nos dias de hoje, além da necessidade de investimentos em unidades de conservação e nos estudos dos genes coralinos e dos microbiomas dos corais.

Ao longo deste projeto, foram também encontradas algumas dificuldades em relação à disponibilidade de informações. A escassa quantidade de artigos, dados e pesquisas referentes a corais de águas profundas, por exemplo, foi um fator que limitou um pouco o avanço deste trabalho para corais desse tipo. Além disso, segundo o prof. Dr. Miguel Mies (comunicação pessoal, 9 de junho de 2025), não há muitos estudos realizados sobre o tema e, nada, de fato, conseguirá acabar com o impacto das ações antrópicas sobre os corais. Ou seja, o presente trabalho não conseguiu dar uma resposta definitiva para as questões abordadas, mas sim analisar o que certas espécies específicas de corais em Abrolhos já fazem para aumentar a sua capacidade de aclimação, e o que a humanidade pode fazer para os proteger mais. Entretanto, houve também muitas contribuições teóricas. Acadêmicos como o prof. Dr. Miguel Mies respondeu às perguntas feitas sobre o atual trabalho, e pesquisadores como Zelinda Leão, Ruy Kikuchi, Marília Oliveira, Clovis Castro e Lourianne Freitas Santos foram essenciais durante todo o projeto.

Dessa forma, o presente trabalho reafirma a importância de investimentos contínuos em pesquisa, monitoramento e conservação dos recifes de Abrolhos, tendo em vista que a sua preservação é essencial não apenas para a manutenção da biodiversidade marinha, mas também para o bem-estar humano. Ademais, o trabalho abre caminhos para novos estudos que possam explorar a importância dos recifes do Arquipélago, além da fisiologia e o aumento da capacidade de aclimação dos corais da região, fortalecendo a base científica para políticas de conservação efetivas.

REFERÊNCIAS

ARQUIPÉLAGO DE ABROLHOS – GUIA TURISMO VIAGEM. Bahia.ws, [s.d.]. Disponível em: [Arquipélago de Abrolhos - Características, Geografia e Turismo](#). Acesso em: 09 out. 2025.

CASTRO, Clovis et al. **Capítulo 4 Filo Cnidaria Corais.** Museu Nacional do RJ, 2006. Disponível em: [RevSaida_01.indd](#). Acesso em: 18 mai. 2025.

CASTRO, Clovis. **Revisão sistemática dos octocorallia (coelenterata, Anthoza) dos recifes de Abrolhos, BA, Brasil.** Repositório Institucional da UFRJ, 1986. Disponível em: [200643.pdf](#). Acesso em: 22 mai. 2025.

CASTRO, Clovis; ZILBERBERG, Carla. **Conhecendo os Recifes Brasileiros.** Museu Nacional (UFRJ), 2016. Disponível em: [Conhecendo os Recifes Brasileiros VersaoDigital.pdf](#). Acesso em: 08 out. 2025.

CHAIJAROEN, Pasita. **Coral Reef Deterioration and Livelihoods of Coastal Communities: An Economics Perspective.** Intech Open, fev. 2022. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/83571>. Acesso em: 20 mai. 2025.

CORREIA, Aline; GLABER, Bruno. **Recifes de Corais e os Impactos da Ação Antropogênica.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, 2022. Disponível em: [View of RECIFES DE CORAIS E OS IMPACTOS DA AÇÃO ANTROPOGÊNICA](#). Acesso em: 09 out. 2025.

DERVICHE, Patrick. **O Papel da Ecologia Alimentar na Resiliência dos Octocorais Frente às Mudanças Climáticas Globais.** Acervo Digital da UFPR, 2021. Disponível em: [PATRICK DERVICHE.pdf](#). Acesso em: 05 set. 2025.

DIAS, Maria. **Efeito Estufa e Mudanças Climáticas Regionais.** Revista USP, 2006. Disponível em: [frcosta,+07.pdf](#). Acesso em: 11 out. 2025.

FIGUERÊDO, Juzenilda. G.; SILVA, Alexsandro. S. **A IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE *Mussismilia braziliensis* PARA O PARQUE NACIONAL MARINHO DOS ABROLHOS.** Revista brasileira de educação ambiental. 24 fev. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/9815>. Acesso em: 21 mai. 2025.

FREITAS, Lourianne M.; OLIVEIRA, Marília D. M.; KIKUCHI, Ruy K. P. **Os mecanismos de sobrevivência dos corais diante do impacto das mudanças climáticas sobre o ecossistema de recifes.** Cadernos de Geociências, v. 9, n. 2, nov. 2012.

GRAHAM, Nicholas A. J.; NASH Kirstyn L. **The importance of structural complexity in coral reef ecosystems**. nov. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/243055547_The_importance_of_structural_complexity_in_coral_reef_ecosystems. Acesso em: 21 mai. 2025.

KOHORI, Cassiano. **Aspectos genéticos do hidrocoral *Millepora alcicornes* em diferentes fases do branqueamento**. Biblioteca Digital das Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo (BDTD), 2023. Disponível em: dissertacao_cassianoriyukohori_SIMPLIFICADO.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

LEÃO, Zelinda. M. A. N.; KIKUCHI, Ruy K. P.; ENGELBERG, Emília. F. **GUIA INTERNET DOS CORAIS E HIDROCORAIS DO BRASIL**. Universidade Federal da Bahia. 1997. Disponível em: <http://www.cpgg.ufba.br/guia-corais>. Acesso em: 21 mai. 2025.

LEÃO, Zelinda. M. A. N.; KIKUCHI, Ruy K. P.; OLIVEIRA, Marília D. M. **Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano**. Biota Neotrop., vol. 8, n. 3, jul./set. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000300006>. Acesso em: 21 mai. 2025.

LEÃO, Zelinda M. A. **Abrolhos, BA -- O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul**. nov. 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216027996_Abrolhos_BA_-_O_complexo_recifal_mais_extenso_do_Atlantico_Sul. Acesso em: 19 mai. 2025.

LIMA, Manuela. **Corais negros (Cnidária: Anthoza) do Atlântico Sul: margem continental ocidental e cadeia mesoatlântica**. Repositório Institucional da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2017. Disponível em: DISSERTAÇÃO_Manuela_Menezes_de_Lima.pdf. Acesso em: 18 mai. 2025.

LOIOLA, Livia L. **Black corals (Cnidaria: Antipatharia) from Brazil: an overview**. ResearchGate, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233525868_Black_corals_Cnidaria_Antipatharia_from_Brazil_an_overview. Acesso em: 21 mai. 2025.

MARQUES, Paulo et al. **Simulação Comportamental dos Corais em seu Ambiente Natural: proposta de um jogo educacional**. Diário de um Museu, 2013. Disponível em: <Microsoft Word - 2 game corais>. Acesso em: 20 mai. 2025.

MARTIGNATO, Daniel. **Estabelecimento de Marcadores Funcionais em Oócitos dos Corais *Mussismilia hartii* e *Mussismilia braziliensis***. Repositório Institucional PUCRS, 2021. Disponível em: DIS_DANIEL_CASTRO_MARTIGNAGO_COMPLETO.pdf. Acesso em: 05 set. 2025.

MIGOTTO, Alvaro et al. **As Algas Como Habitat de Organismos Marinhos**. Biblioteca do Instituto de Biologia (IB) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2011. Disponível em: As_algas_como_habitat_de_organismos_mari20160310-10470-1kxvwf7-libre.pdf. Acesso em: 04 set. 2025.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBBR**, [s.d.]. Disponível em: <https://sibbr.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

MOLION, Luiz C. B. **Aquecimento global: uma visão crítica**. Revista Brasileira de Climatologia., ano 4, ago. 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25404/17024>. Acesso em: 20 mai. 2015.

NETO, Antônio; SILVA, Rhuanny; FERREIRA, Gledson. **A importância de vivenciar a conservação dos ecossistemas coralíneos no ensino de ciências**. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2023. Disponível em: TRABALHO_EV185_MD4_ID11917_TB2346_04052023231045.pdf. Acesso em: 20 mai. 2025.

NETO, Joaquim S. **Parque Nacional Marinho dos Abrolhos**. Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2023. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/205/arquivos/parnam_abrolhos_b_205.pdf. Acesso em: 19 mai. 2025.

NOBRE, Carlos. **Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2001. Disponível em: <C:\MEUSDO~1\Publico\REVIST~1\13>. Acesso em: 11 out. 2025.

OLIVEIRA, Marília; LEÃO, Zelinda; KIKUCHI, Ruy. **Cultivo de Millepora alcicornis como uma ferramenta para Restauração e Manejo dos Ecossistemas Recifais do Nordeste do Brasil**. Redalyc, 2008. Disponível em: <Redalyc.Cultivo de Millepora alcicornis como uma ferramenta para Restauração e Manejo dos Ecossistemas Recifais do Nordeste do Brasil>. Acesso em: 21 mai. 2025.

PIRES, D.O.; SEABRA, N.A. & SILVA, J.V.C. **Recifes de Coral de Profundidade: Corais Construtores e Sua Distribuição no Brasil**. Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <mandrade,+4704+publicado.pdf>. Acesso em: 04 set. 2025.

REAKA-KUDLA, Marjorie, L. BIODIVERSITY OF CARIBBEAN CORAL REEFS. Caribbean Marine Biodiversity, pp. 259-276. Des Tech Publishers, Lancaster, PA. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marjorie-Reaka/publication/304216525_Biodiversity_of_Caribbean_coral_reefs/links/5769d1de08ae2d7145ba874a/Biodiversity-of-Caribbean-coral-reefs.pdf. Acesso em 29 out. 2025.

RUTZ, Solange F.; SOUZA, Danilo B. **O Problema de Branqueamento de Corais**. Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 3, N. 1, 2015. Disponível em: <https://proceedings.sbmacc.org.br/sbmacc/article/view/857/863>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SANTOS, Lourianne. **Resposta da calcificação do coral *Montastraea cavernosa* (Linnaeus, 1767) à heterotrofia durante evento de branqueamento**. Repositório Institucional da Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2012. Disponível em: Dissertacao_lourianne2012rk. Acesso em: 25 ago. 2025.

SARON, Clodoaldo. **Mudanças climáticas globais e o desenvolvimento da tecnologia de células a combustível**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 2007. Disponível em: 3_Mudancas_Climaticas_Globais_e_o_Desenvolvimento_da_Tecnologia_de_Celulas_a_Combustivel_Saron_Revista_Eletronica_de_Materiais_e_Processos. Acesso em: 11 out. 2025.

SERRA, Maurício. **Aquecimento Global: evidências e preocupações**. Economia & Tecnologia - Ano 03, Vol. 09 –Abr./Jun. de 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/ret/article/view/29426>. Acesso em: 21 ago. 2025.

SOARES, Wesley. **Branqueamento de corais (cnidária: sleractinia) em recifes de corais em ambientes recifais brasileiros: uma revisão**. Repositório Institucional da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2023. Disponível em: [WESLEY ANDERSSON COSTA SOARES - TCC LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS CES 2023.pdf](#). Acesso em: 17 mai. 2025.

THE NATURE CONSERVANCY. **Biologia de corais**. *Reef Resilience Network*, [s.d.]. Disponível em: <https://reefresilience.org/pt/coral-biology/>. Acesso em: 19 mai. 2025.

TUNALA, Layla. **Ecologia e resiliência do coral recifal zooxantelado *Sideastrea stellata* Verril 1868 em face às diferentes pressões ambientais**. Repositório Institucional da Universidade Federal Fluminense (RiUFF), 2022. Disponível em: [86 - TESE Layla Tunala 2022.pdf](#). Acesso em: 21 mai. 2025.

WAGNER, Daniel.; SHULER, Andrew. **The black coral fauna (Cnidaria: Antipatharia) of Bermuda with new records**. *Zootaxa*, 7 nov. 2017. Disponível em: <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.4344.2.11>. Acesso em: 21 mai. 2025.

WOESIK, Robert.; KRATOCHWILL, Chelsey. **A global coral-bleaching database, 1980–2020**. *Scientific data* 9, artigo número 20, 20 jan. 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41597-022-01121-y>. Acesso em 19 ago. 2025.