

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO – UNIBRA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

EDINEIDE CARNEIRO PARENTE SAMPAIO
DAMIÃO LUSTOSA DOS SANTOS
MARCELO JOSÉ DO NASCIMENTO

**OS IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECIFES DE
CORAIS**

RECIFE/2023

EDINEIDE CARNEIRO PARENTE SAMPAIO

DAMIÃO LUSTOSA DOS SANTOS

MARCELO JOSÉ DO NASCIMENTO

OS IMPACTOS AMBIENTAIS NOS RECIFES DE CORAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado à disciplina TCC II do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas do Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador(a): Prof. Dra. Lilian Flores

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

S192i Sampaio, Edineide Carneiro Parente.

Os impactos ambientais nos recifes de corais/ Edineide Carneiro Parente Sampaio; Damião Lustosa dos Santos; Marcelo José do Nascimento. - Recife: O Autor, 2023.

20 p.

Orientador(a): Dra. Lilian Flores.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Ciências Biológicas, 2023.

Inclui Referências.

1. Recifes de Corais. 2. Branqueamento. 3. Antropogênico. 4. Anomalias térmicas. I. Santos, Damião Lustosa dos. II. Nascimento, Marcelo José do. III. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 573

*Este trabalho é dedicado à todas as
crianças e jovens que podem fazer a
diferença.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, pois nos ajudou a ultrapassar os obstáculos encontrados ao longo de todo o curso, como a pandemia da COVID-19, que muitas vezes tornou o processo de toda jornada um desafio.

À nossa coordenadora, Ana Lígia, que sempre esteve à nossa disposição e nos acolheu muito bem.

Aos nossos professores, pelos ensinamentos e orientações para o desenvolvimento do profissionalismo dos discentes.

*“[...] Olhe, por dentro das águas há quadros e sonhos
E coisas que sonham o mundo dos vivos
Há peixes milagrosos, insetos nocivos
Paisagens a/bertas, desertos medonhos
Léguas cansativas, caminhos tristonhos
Que fazem o homem se enganar
Há peixes que lutam para se salvar
Daqueles que caçam num mar revoltoso
E outros que devoram com gênio assombroso
As vidas que caem na beira do mar
É na beira do mar [...]”*

Zé Ramalho.

RESUMO

Os ecossistemas marinhos, como os recifes coralíneos, desempenham um papel vital na manutenção da vida na Terra, porém, a preservação desses ecossistemas no Brasil está em um nível proporcionalmente inferior à preservação dos ecossistemas terrestres. Os corais pertencem à classe *Anthozoa*, do filo Cnidaria. Sua coloração está relacionada às algas fotossintetizante, conhecidas como zooxantelas. Essas algas estabelecem uma relação de simbiose com os corais, compartilhando a energia essencial para o crescimento saudável de ambos os organismos. A revisão bibliográfica realizada neste trabalho buscou identificar os problemas que causam os branqueamentos dos corais, ela constituiu na busca em periódicos e bibliotecas por palavras-chave, como: recifes de corais, branqueamento, antropogênico e anomalias térmicas. Foram também realizadas buscas por seus equivalentes em língua inglesa. Os materiais que abordavam a temática sobre os impactos ambientais nos corais, foram utilizados para compor a bibliografia, que possibilitou a conceituação de corais e recifes de corais, para ressaltar a importância de direcionar maior atenção e esforços para compreender como ocorre o processo de branqueamento, enfatizando a importância da preservação desses. A pesquisa realizada revelou que algumas das causas dos branqueamentos nos corais são de origem antropogênica, como a poluição e sobrepesca, além de anomalias térmicas. A combinação desses fatores ou estresses podem afetar negativamente os corais. Para combater esses impasses, é necessário tomar medidas para reduzir a emissão de gases do efeito estufa e alcançar um mundo mais sustentável, priorizando práticas ambientalmente responsáveis, como o plantio em vez do desmatamento, a redução da poluição e o uso de energia limpa.

Palavras-chave: recifes de corais; branqueamento; antropogênico; anomalias térmicas.

ABSTRACT

Marine ecosystems, such as coral reefs, play a vital role in maintaining life on Earth, however, the preservation of these ecosystems in Brazil is at a proportionally lower level than the preservation of terrestrial ecosystems. Corals belong to the class Anthozoa, of the phylum Cnidaria. Their coloration is related to the photosynthetic algae that live in symbiosis with them, known as zooxanthellae. These algae establish a symbiotic relationship with the corals, sharing essential energy for the healthy growth of both organisms. The bibliographic review carried out in this work sought to identify the problems that cause coral bleaching, it constituted a search in journals and libraries for keywords, such as: coral reefs, bleaching, anthropogenic and thermal anomalies. Searches were also carried out for their equivalents in English. Materials that addressed the theme of environmental impacts on corals were used to compose the bibliography, which enabled the conceptualization of corals and coral reefs, to emphasize the importance of directing greater attention and efforts to understand how the bleaching process occurs, emphasizing the importance of preserving these. The research carried out revealed that some of the causes of bleaching in corals are of anthropogenic origin, such as pollution and overfishing, in addition to thermal anomalies. The combination of these factors or stresses can negatively affect corals. To combat these impasses, it is necessary to take measures to reduce the emission of greenhouse gases and achieve a more sustainable world, prioritizing environmentally responsible practices, such as planting instead of deforestation, reducing pollution and using clean energy.

Keywords: coral reefs; bleaching; anthropogenic; thermal anomalies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Os Corais	13
3.2 Habitat dos recifes de corais	14
3.3 Recifes de corais no Brasil	15
3.4 Importância dos recifes de corais para o ecossistema	16
3.5 Branqueamento de corais	16
3.6 Impactos ambientais nos corais.....	17
4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas marinhos são indispensáveis para a estabilidade da vida na Terra. Apesar disso, um estudo de 2015 mostrou que a preservação marinha no Brasil é proporcionalmente inferior à preservação terrestre. Enquanto aproximadamente 2.000 unidades de conservação protegem quase 17,5% da extensão continental, somente 157 unidades de conservação resguardam 1,5% da extensão marinha. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2015).

Os recifes de corais são apontados como um dos mais antigos e altamente ricos ecossistemas do mundo. Logo, sua importância ecológica, social e econômica é incontestável. Os ambientes recifais são considerados uma das mais diversas comunidades naturais do planeta. Os recifes de corais são organizações rígidas estruturadas por organismos aquáticos como algas coralinas e corais. Além de apresentarem vasta biodiversidade, funcionam como abrigo, apresentando uma ampla disponibilidade de alimentos, sendo um local ideal para reprodução de diversas espécies marinhas. (AZEVEDO, 2015).

Os recifes de corais têm a função de abrigar milhares de animais marinhos, levando também benefícios para os seres humanos, que usam a pesca regular como principal fonte de renda, praticando a pesca, atividades voltadas ao turismo. Ademais, os recifes de corais também agem como protetores contra fortes ondas, pois formam uma barreira que diminui o impacto das mesmas. (BARRADAS, 2020).

Os corais pertencem à classe *Anthozoa*, do filo Cnidaria. A pigmentação desses seres é relacionada às algas fotossintetizantes que os habitam (zooxantelas). Essas algas exercem uma relação de endossimbiose com os corais, compartilhando a energia fundamental para a desenvoltura de ambos. Enquanto os corais, por hospedarem esses organismos, acabam protegendo essas algas contra predadores. (CASTRO; ZILBERBERG, 2016).

Apesar do ecossistema marinho ter uma enorme importância para a vida humana, ele vem sendo negligenciado pela própria humanidade. Um estudo científico mostra que algumas das atividades antropogênicas que prejudicam o ambiente marinho, são: a pesca exagerada, a poluição, a destruição desse habitat, a acidificação dos oceanos, o aumento da temperatura e a salinidade. (BARRADAS, 2020).

O branqueamento dos corais pode ser definido como a perda da sua coloração como consequência da expulsão das zooxantelas. O que resulta em uma redução da sua principal fonte de alimento, energia e pigmentação. Sem o principal produtor de sua coloração os corais, esses acabam adquirindo a coloração mais esbranquiçada e, aos poucos passa a perder sua vida, além da vida dos organismos ali presentes, pois não existe mais a fonte de alimento e o desempenho de sua função de abrigar esses organismos. Porém, é sabido que dependendo da exposição à altas ou baixas temperaturas, o branqueamento pode não causar de fato a morte do coral, que possuem a possibilidade de se recuperarem. (WACHENFELD, 2020).

Considerando a tendência das mudanças climáticas globais e os impactos de origem antropogênica, torna-se evidente a importância de direcionar maior atenção e esforços para a identificação e compreensão do processo de branqueamento dos corais, assim como enfatizar a importância desses, com o objetivo de identificar os impactos ambientais que causam o branqueamento dos corais

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar os impactos ambientais que causam o branqueamento dos corais.

2.2 Objetivos específicos

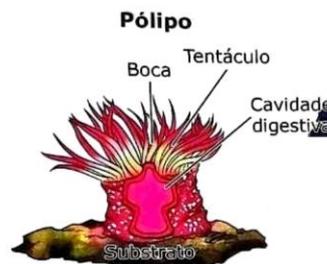
- Conceituar corais e recifes;
- Compreender como ocorre o processo de branqueamento dos corais;
- Reconhecer a importância da preservação dos Corais.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Os corais

Os corais são animais de organismo simples, compostos por tecidos e células. Foram os primeiros animais a apresentarem células nervosas. Pertencentes ao filo *Cnidaria*, apresentam uma grande diversidade. Os cnidários também são formados por milhares de pólipos, que são bocas circulares sustentadas por tentáculos revestidos com células chamadas de cnidócitos, que disparam substâncias tóxicas paralisantes. Esses, além de serem úteis na captura das presas também são úteis na defesa do pólipo. Alguns cnidários, como os corais, exibem uma forma de pólipo fixa ao substrato em seu ciclo de vida (Figura 1). Dentro dos seus tecidos existem microalgas associadas, denominadas zooxantelas. (CARVALHO, et al., 2023).

Figura 1- Forma de pólipo fixo ao substrato.



Fonte: Modificado de Carvalho, et al. (2023).

Os corais se alimentam através da relação de simbiose com as microalgas e através da heterotrofia. Nesse último, esses organismos estendem seus tentáculos, ativados pelo toque da presa, e disparam as estruturas urticantes, paralisando ou matando organismos (presas ou predadores). (MARANGONI, et al. 2016; CARVALHO, et al. 2023).

Segundo a perspectiva geomorfológica, um recife de coral é uma estrutura rochosa sólida e resistente ao impacto das ondas e correntes oceânicas. É formado por organismos marinhos, como corais, algas e várias espécies de peixes, que possuem esqueletos calcários. Sob a perspectiva biológica, os recifes de corais são estruturas criadas pela ação de comunidades de organismos conhecidos genericamente como "corais". Embora a estrutura básica dos recifes biogênicos seja

geralmente composta pelo acúmulo dos esqueletos desses animais, sua formação requer a interação de uma infinidade de seres, resultando em uma complexa rede de associações e eventos sucessivos. Em alguns recifes, incluindo os do Brasil, o crescimento de outros organismos, como algas calcárias, pode ter uma relevância igual ou até maior do que a dos próprios corais. (CASTRO, et al. 2016).

A estabilidade da relação de simbiose entre a alga e o coral é necessária pelo aporte nutricional das algas fotossintetizantes, principalmente pela glicose e o glicerol¹ que são compostos utilizados pelo coral.

Em compensação, o coral oferece nutrientes fundamentais para o crescimento da alga, como o sulfato e a amônia. Ainda que exerça uma ação estimuladora, o coral também é capaz de limitar o crescimento da alga por meio de indicadores moleculares que são fatores de liberação do hospedeiro (do inglês, *Host-release factors*, ou HRF)² (DÍAS, et al., 2018). Ou seja, os corais podem modificar o ambiente ao seu redor, portanto, a limitação do crescimento das algas pode ocorrer através da produção de compostos químicos (HRF) pelo coral. Como ele pode secretar substâncias, essas podem inibir o crescimento ou dificultar a fixação das algas. Apesar da fonte de nutrição a partir das algas fotossintetizantes, os corais também podem ser heterotróficos. A apresentação dessa politrofia explica a capacidade de sobreviverem em ambientes oligotróficos³ (CAMPOS, 2020). Essa relação contribui ainda para o aumento das taxas de calcificação do coral. Além disso, o pigmento dos corais é relacionado a essas algas fotossintetizantes (zooxantelas). (GARRIDO, et al., 2016).

3.2 Habitat dos corais

Para se desenvolverem, os corais precisam estar expostos a condições específicas, o ambiente tem de ser de água limpa e clara, com temperatura média entre 20°C e 25°C. Por abrigarem algas fotossintetizantes, os corais não existem em

¹ O glicerol é uma molécula versátil que pode ser utilizado pelos corais como uma fonte adicional de energia. Eles podem metabolizar o glicerol e convertê-lo em glicose por meio de processos metabólicos. O glicerol também pode ser armazenado pelos corais como uma reserva de energia. Durante períodos de baixa disponibilidade de nutrientes ou estresse ambiental, os corais podem recorrer a essas reservas de glicerol para suprir suas necessidades energéticas e sustentar sua sobrevivência.

² A pesquisa no campo dos reguladores da simbiose coral-alga está em andamento. É possível que estudos futuros identifiquem e caracterizem substâncias e moléculas específicas envolvidas nos processos de regulação e comunicação entre o coral e as algas. Os HRF têm a função de auxiliar no controle do crescimento e da manutenção do equilíbrio simbiótico.

³ Ambientes pobres em nutrientes.

águas profundas. Por esse motivo, os corais são observados em profundidades de no máximo 60 metros, sem turbidez para que não prejudique a chegada de luz solar. Além de aparecerem nas costas podem ser observados ainda em pequenas ilhas no meio do oceano, localizadas sobre pontos em que o fundo está mais elevado. (CARVALHO, et al. 2023).

3.3 Recifes de corais no Brasil

O Brasil dispõe dos únicos ecossistemas recifais do Atlântico Sul. A ocorrência e localização direta dos recifes brasileiros ainda não é muito conhecida. Um dos trabalhos com a contribuição mais ampla sobre os recifes coralíneos foi realizado na década de setenta por Laborel (1970), essa pesquisa foi iniciada pelo Instituto Oceanográfico, fundado no Recife em 1958. Não obstante, em muitas localidades o projeto resistiu a sérios obstáculos em sua logística. As comunidades de corais vêm sendo registradas desde o Parque Marinho de Parcel de Manuel Luís, no litoral ocidental do Maranhão até os recifes de Viçosa, na área de Abrolhos, na Bahia. Estão localizados também em ilhas oceânicas como Atol das Rocas, localizada no mar territorial brasileiro (situada a aproximadamente 144 milhas do Rio Grande do Norte e 80 milhas de Fernando de Noronha) e Fernando de Noronha, ilha localizada em Pernambuco. Algumas comunidades também foram identificadas em direção ao sul, espalhando-se até o cabo Frio, no Rio de Janeiro. Considerando apenas a distância linear em torno da costa, estas comunidades estariam separadas por cerca de 2400km. Equivalendo ao comprimento da Grande Barreira de Corais⁴, localizado na Austrália, que apresenta cerca de 2300km. Os recifes coralíneos brasileiros formam uma sociedade diversificada em relação à história, estrutura e ecossistema. (CASTRO, et al. 2016).

A variedade de espécies coralíneas nos recifes pode ser diferenciada entre as regiões do planeta de acordo com sua natureza geológica. Os recifes do Indo-Pacífico dispõem da maior diversidade de espécies de corais. Exemplificando, a área denominada de Triângulo dos Corais, que se estendem das Filipinas às Ilhas Salomão, na Melanésia hospeda uma fauna de 605 espécies de corais verdadeiros zooxantelados. Por outro lado, os recifes no oceano Atlântico dispõem de uma diversidade menor, com o Caribe abrigando a maior concentração, com 65 espécies

⁴ É um sistema imensamente diverso em termos de corais, que cobre uma área de cerca de 230.000km² com recifes relativamente próximos uns dos outros.

zooxanteladas. Os recifes brasileiros se distinguem em relação aos demais ecossistemas de corais do mundo pela alta taxa de endemismo de corais e hidrocorais⁵. Denotando espécies de corais que tem maior resiliência e facilidade em se adaptar a condições de alta turbidez da água e níveis elevados de sedimentação quando em comparação aos recifes de outras áreas do planeta. Em um cenário de mudanças climáticas, essas características acabam tendo uma grande utilidade. As principais espécies endêmicas de corais brasileiros, são: *Mussismilia brasiliensis*, *Mussismilia hispida*, *Mussismilia harttii*, *Mussismilia leptophylla*, *Siderastrea stellata*, *Millepora braziliensis*, *Millepora nitida* e *Millepora laboreli*. (CASTRO, et al. 2016; CARVALHO, et al. 2016).

3.4 Importância dos recifes de corais para o ecossistema

Os ecossistemas dos recifes de corais contribuem para uma pluralidade de carências humanas. Os recifes de corais contribuem com milhões de empregos para populações locais através do turismo e da pesca. Além de serem fonte de alimento para os seres humanos, são fontes de matéria-prima para estudos farmacológicos. Alguns tipos de medicamentos derivam de organismos de corais, como os antibióticos, remédios para pressão arterial, entre outros. Os recifes de corais também são importantes para a herança local de muitas áreas do mundo, além de que as tradições culturais de milhões de pessoas estão ligadas aos recifes de corais. (MESQUITA, 2017).

Os recifes coralíneos têm grande importância para milhares de espécies que vivem no oceano. Aproximadamente 64,9% dos peixes, quantidades consideráveis de algas e crustáceos se alimentam, vivem e se reproduzem em torno dessas estruturas. (MESQUITA, 2017). Ademais os recifes de corais também agem protegendo as costas, como se fossem barreiras contra tempestades e erosão. (BARRADAS, 2020).

3.5 Branqueamento de corais

O pigmento dos corais vem da relação simbiótica desenvolvida com as zooxantelas. Essas algas se hospedam nos tecidos coralíneos encontrando um lugar estável, que oferece nutrientes e segurança. As cores dos corais têm ligação

⁵ Denominados falsos corais duros, ou hidrocorais, da classe Hydrozoa, com um ciclo de vida que oscila entre uma fase pólipó e uma fase medusa, diferenciando-os dos corais da classe Anthozoa.

com sua história evolutiva, fatores como a adaptação e proteção. Mudanças ambientais influenciam na coloração das diferentes espécies coralíneas. Como as zooxantelas são algas fotossintetizantes, o coral se ajusta à fonte de luz (intensidade dessa luz) para manter um equilíbrio entre as algas e quantidade de pigmentação necessárias ao coral. Isso não significa que o coral vai se adaptar a qualquer intensidade luminosa. Não havendo uma iluminação que satisfaça as necessidades para o desempenho de suas funções nutricionais e conseqüentemente de sua pigmentação, ocorrerá uma proliferação das zooxantelas, que tem uma cor amarronzada, deixando o coral mais marrom. Com boa iluminação, as algas oferecem ao coral energia suficiente para que mostre o pigmento natural do coral. (GARRIDO, et al. 2016).

Um estudo científico aponta que o branqueamento dos corais é um fenômeno que ocorre com uma frequência maior no verão devido ao aumento da temperatura. Os corais são sensíveis a qualquer tipo de mudanças e vêm sofrendo o branqueamento devido a acidificação das águas, resíduos descartados de forma errônea, exploração dos corais, mudanças climáticas, entre outros. No processo de branqueamento, os corais expulsam as zooxantelas com a finalidade de remover a fonte de estresse oxidativo. Conseqüentemente, a ruptura da relação de simbiose é inevitável, já que a zooxantela fornece ao coral cor e carbono orgânico e o coral fornece proteção e nutrientes para a microalga. Com a expulsão das zooxantelas, o coral perde sua coloração, e passa a apresentar a cor esbranquiçada do corpo de carbonato de cálcio. Desse modo, os corais começam a sofrer mortificação e os organismos que vivem nele são prejudicados por não terem mais a sua fonte de energia e de alimento, porém os corais podem ser recolonizados por zooxantelas mais resistentes, aumentando sua chance de sobrevivência se não forem expostos a baixas ou altas temperaturas por um tempo longo. (WACHENFELD, 2020).

3.6 Impactos ambientais nos corais

Ações antrópicas têm causado grandes impactos locais e globais no ecossistema marinho, como os recifes coralíneos. Entre os principais problemas levantados estão: o turismo, a sobrepesca, a salinidade, a acidificação e o aquecimento global. (BARROS, 2019).

O ecossistema coralíneo é explorado pelo turismo, sendo comum a visita dessas áreas para a realização de mergulhos. Um dos danos que podem ser

causados decorrente a visitação são os pisoteamentos. A pesca excessiva diminui o quantitativo de peixes herbívoros, elevando o acúmulo de algas presentes nos recifes coralíneos. A atividade pesqueira afeta ainda a desova dos peixes e diminui as taxas de reprodução e sazonalidade desses animais, além de seus associados e dependentes. Conseqüentemente, ocorre um desequilíbrio no ecossistema e prejuízos sociais e econômicos. (LEITE, et. al, 2016).

O aquecimento global é um fenômeno no qual a temperatura média do planeta, incluindo os oceanos, está aumentando. Esse aumento é principalmente causado pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono na atmosfera, o que amplifica o efeito estufa. É importante ressaltar que esse aumento às vezes ocorre como resultado de eventos sazonais, como o El Niño, um fenômeno climático que ocorre no Oceano Pacífico. (MARQUES, et al. 2016).

O planeta Terra está passando por diversas alterações climáticas em decorrência do aquecimento global, ocasionado pela elevação do acúmulo de gases de efeito estufa, que ajuda no aumento das temperaturas oceânicas. A exposição dos corais a uma salinidade reduzida pode ocasionar o colapso do balanço interno das proteínas celulares, indicando que suas células estão com atribulações. A maior parte das doenças dos recifes de corais ocorre com uma regularidade maior no verão. Além disso, a acidificação dos oceanos, que seria a diminuição do pH da água do mar está ligada à elevação do acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, devido às ações antrópicas. Estudos indicam que recifes não impactados por fontes antropogênicas recuperam-se mais facilmente de eventos de branqueamento e apresentam maior resiliência às mudanças climáticas globais (MELLIN et al. 2016; BARROS, 2019).

4. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Buscando atender ao objetivo de identificar os impactos ambientais que causam o branqueamento dos corais, a revisão bibliográfica realizada nesse trabalho constituiu em periódicos e bibliotecas online, sendo essas, o Google Acadêmico, o banco de dados eletrônicos Scientific Electronic Library Online (SCIELO), a Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), bases e referenciais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e decretos da constituição acerca da temática.

As palavras-chave utilizadas para a busca dos estudos foram: recifes de corais; branqueamento; antropogênico e anomalias térmicas. Foram também realizadas buscas por seus equivalentes em língua inglesa: coral reefs; bleaching; anthropogenic; thermal anomalies. Os materiais que se mostraram mais relevantes para a pesquisa de acordo com os critérios estabelecidos, isto é, que abordavam a temática sobre os impactos ambientais nos corais, além de terem o acesso livre, publicados tanto em língua portuguesa quanto em língua inglesa, foram utilizados para compor a bibliografia. O intervalo de ano utilizado foi o de 2015 a 2023. Posteriormente a revisão bibliográfica, alguns materiais que melhor se complementavam e que tinham o conteúdo mais aprofundado, foram separados como fontes e organizados em um quadro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados da revisão da bibliografia consultada durante a pesquisa, por melhor abordarem as causas do branqueamento de corais, foram usados como fontes. A bibliografia consistiu em 35 artigos que nortearam e fundamentaram o referencial teórico, resultando na reunião de 8 artigos usados como fonte na listagem dos impactos ambientais nos recifes de corais, sendo esses resultados baseados nos artigos dispostos no quadro 1.

Quadro 1: Resultados qualitativos obtidos pela revisão bibliográfica.

REFERÊNCIA	PROBLEMAS QUE CAUSAM O BRANQUEAMENTO	PRINCIPAIS RESULTADOS
Leite et al. (2016)	Sobrepesca	- Aumento exacerbado de algas que resultam no sufocamento de corais, afetando sua capacidade de crescimento e desenvolvimento, que pode resultar no branqueamento de corais.
Santos et al. (2016)	Poluição por petróleo e produtos químicos	- Afeta o sistema imunológico dos corais, causando doenças e infecções, que levam ao branqueamento, diminuindo a capacidade de sobrevivência dos corais.
Jesulich (2016)	Acidificação das águas oceânicas	- Mudanças na composição física dos recifes, afetando seu desenvolvimento e processos reprodutivos. A diminuição induzida da produção de nutrientes, através da acidificação, pelas zooxantelas, ocasiona a expulsão dessas, ou seja, o branqueamento.

Andersson A. J. et al. (2017) e Comeau S. et al. (2018)	Fenômeno natural El niño	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da frequência do El niño devido ao aquecimento global; - Mudança nos padrões de chuva que resultam no aumento da turbidez da água e redução da salinidade, além de influenciar no aumento da acidificação. O estresse proporcionado pelo fenômeno pode levar ao enfraquecimento de corais, e ao branqueamento.
Barros (2019)	Salinidade	<ul style="list-style-type: none"> - Variações fora do intervalo 32 e 42 partes por mil de sais dissolvidos na água do mar podem afetar negativamente o crescimento e a saúde dos corais. A alta salinidade afeta a fertilidade dos corais, enquanto a baixa salinidade afeta a capacidade de obtenção de nutrientes e o crescimento dos corais. Quando combinada com outros estressores (aumento de temperatura, poluição), podem ocasionar o branqueamento de corais.
IPCC (2019)	Mudanças climáticas: aumento da temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - O aumento da temperatura acarreta no enfraquecimento, por tornar a nutrição dos organismos cada vez mais simplificada. Combinado com outros fatores estressores pode levar ao branqueamento de corais.
Barradas (2020)	Poluição por esgoto e fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> - Crescimento desenfreado de algas e bactérias nocivas, que podem

	agrícolas	bloquear a luz e impedir a função das algas zooxanteladas, prejudicando diretamente os corais e contribuindo para o branqueamento; - Redução da qualidade da água, estresse que somado a outros fatores pode ocasionar o branqueamento;
--	-----------	--

Fonte: Autoral (2023).

Segundo Leite et al. (2016), a sobrepesca pode afetar os corais de várias maneiras. A pesca excessiva de peixes herbívoros, que se alimentam de algas, pode levar a um crescimento excessivo de alga, que, por sua vez, podem sufocar os corais, comprometendo sua sobrevivência saudável. A elevação da quantidade dos organismos produtores acarreta no aumento da liberação de compostos orgânicos. Afetando ainda a competição por espaço entre as algas e os corais, diminuindo a capacidade dos corais de crescerem e se desenvolverem. A intensa atividade pesqueira afeta, também, a cadeia alimentar dos recifes de corais. Isso pode levar ao aumento da população de organismos que se alimentam dos corais, como determinadas espécies de ouriços-do-mar e coroas-de-espinho, que causam danos diretos aos corais.

Santos et al. (2016), aborda sobre uma outra forma de poluição relacionada ao petróleo e aos produtos químicos industriais que podem afetar diretamente os corais, causando morte e doenças. O derramamento de petróleo é particularmente prejudicial, pois pode comprometer o sistema imunológico dos corais, tornando-os mais suscetíveis a doenças. Isso ocorre porque as substâncias tóxicas enfraquecem as defesas naturais dos corais contra patógenos, levando a infecções e doenças que podem levar ao branqueamento. Leite et al. (2016), comenta que a poluição é uma ameaça significativa aos recifes de coral em todo o mundo, e é fundamental reduzir as fontes de poluição e melhorar a qualidade da água para garantir a saúde e a sobrevivência desses ecossistemas vitais.

De acordo com Jesulich (2016), a escala de pH do oceano é logarítmica e mede a quão ácida ou alcalina é a água do mar. Até o final do século 21, com a contínua emissão de CO₂, o pH da água do mar sofrerá um declínio de 0,3, aumentando o nível de acidificação oceânica em 150%. Os organismos calcificadores, como corais, moluscos, equinodermos e crustáceos, são particularmente afetados pela acidificação oceânica. Esses organismos dependem do carbonato de cálcio (CaCO₃) para formar suas conchas e esqueletos. Com a acidificação, será cada vez mais difícil para eles manter suas estruturas calcificadas, uma vez que a água se tornará corrosiva para esses minerais em condições de baixa saturação de carbonato. Além disso, a acidificação dos oceanos pode impactar diretamente as zooxantelas, que vivem em simbiose com os corais. Sua eficiência fotossintética pode ser prejudicada em águas ácidas. Isso resulta em uma diminuição na produção de nutrientes pelas zooxantelas, levando à expulsão delas dos corais.

Ademais, Andersson et. al. (2017) e Comeau et. al. (2018) citam um outro influenciador das mudanças crescentes relacionadas a vida marinha, o El Niño, que embora seja um fenômeno natural, o aquecimento global pode intensificar seus efeitos. Andersson et al. (2017) e Comeau et al. (2018), investigaram a relação entre o El Niño, a acidificação dos oceanos e a calcificação dos corais. Eles constataram que o evento aumentou a acidificação do oceano Pacífico tropical e reduziu em 17% a calcificação do coral. O El Niño está associado a mudanças nos padrões de chuva em várias regiões do planeta. Essas alterações podem causar condições ambientais desfavoráveis, como aumento da turbidez da água e redução da salinidade. Essas condições estressantes podem afetar a saúde dos corais, tornando-os mais suscetíveis ao branqueamento. Como constatado que seus eventos se tornam mais frequentes e devastadores devido ao aquecimento global, é fundamental que sejam tomadas medidas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e mitigar os efeitos, afim de proteger os recifes de corais e outros ecossistemas marinhos.

De acordo com Barros (2019), o desenvolvimento saudável dos corais requer uma salinidade entre 32 e 42 partes por mil de sais dissolvidos na água do mar. Variações fora desse intervalo podem ser prejudiciais aos corais, pois eles têm dificuldade em regular a quantidade de água e sais em seus tecidos quando expostos a condições de salinidade anormal. Um aumento na salinidade pode ocorrer em regiões com alta evaporação ou perto da desembocadura de rios. A alta

salinidade pode tornar os corais mais suscetíveis a doenças e branqueamento, além de afetar sua fertilidade e o desenvolvimento de embriões. Por outro lado, a redução da salinidade, como em estuários, pode prejudicar a capacidade dos corais de obter nutrientes e limitar seu crescimento. É importante destacar que a variação na salinidade sozinha pode não desencadear o branqueamento dos corais, mas quando combinada com outros fatores estressantes, como temperaturas elevadas e poluição, pode aumentar a vulnerabilidade dos corais ao branqueamento.

De acordo com o Painel intergovernamental sobre Mudanças climáticas (2019), um dos principais causadores do branqueamento de corais é o aumento da temperatura. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) alerta que o aumento contínuo das emissões de CO₂ pode elevar a temperatura média global em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais em poucas décadas. A absorção dos oceanos de até 25% das emissões de CO₂ antropogênico é preocupante, pois, aproximadamente um terço do dióxido de carbono antropogênico produzido nos últimos 200 anos foi absorvido pelos oceanos, o que vem reduzindo o impacto deste gás de efeito estufa sobre as mudanças climáticas em nosso planeta a um altíssimo custo ambiental que possui profundo impacto sob a química e a biota marinha, enfraquecendo-a, conseqüentemente levando à uma transição para uma cadeia alimentar baseada em detritos, causando diversas mudanças na dinâmica dos consumidores e em uma nutrição mais simplificada.

A poluição é uma das principais ameaças aos recifes de coral em todo o mundo. Diversos tipos de poluentes, como esgoto, fertilizantes agrícolas, petróleo e produtos químicos industriais, podem afetar negativamente a saúde e a sobrevivência dos corais. Barradas (2020) comenta que o esgoto é uma das principais fontes de poluição costeira, e quando lançado no mar, pode introduzir nutrientes em excesso que promovem o crescimento de algas e bactérias nocivas. Isso pode levar a redução da qualidade da água, denominado de eutrofização, resultando em altos níveis de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, na água. Os fertilizantes agrícolas, por sua vez, podem ser carregados pelas águas da chuva para o mar, onde também promovem o crescimento excessivo de algas. O aumento das algas pode bloquear a luz solar e reduzir a quantidade disponível para os corais, impedindo a realização da fotossíntese pelas zooxantelas. Isso pode levar à expulsão das zooxantelas e ao branqueamento dos corais.

A combinação desses fatores ou estresses podem afetar negativamente os corais, podendo levar à morte dos corais e à perda dos ecossistemas de recifes de coral, que são vitais para a biodiversidade marinha. É crucial tomar medidas para proteger e preservar esses ecossistemas valiosos, tanto em níveis individuais, quanto globais, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, promovendo práticas sustentáveis e conservando os habitats dos corais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme dados das pesquisas identificadas, o fenômeno do branqueamento de corais está diretamente ligado às mudanças ambientais do oceano, como as ações antrópicas e as anomalias térmicas. Para combater essa problemática, é necessário tomar medidas para reduzir a emissão de gases do efeito estufa, diminuir o desmatamento, evitando a destruição de manguezais, assim como controlar o desenvolvimento urbano das regiões costeiras. O uso de fontes de energia renovável, o tratamento adequado dos gases produzidos pelas indústrias e o estabelecimento de leis rígidas em relação às mudanças climáticas também é necessário. Além disso, é importante criar e proteger áreas naturais, estabelecendo unidades de conservação (UCs) para preservar os corais e a biodiversidade marinha. Se permanecer da forma que está, o aumento das temperaturas nos oceanos tropicais é inquestionável, ocasionando uma grande mudança climática global decorrente da falta de corais.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, Tracy, et al. **O impacto combinado do aquecimento e acidificação dos oceanos sobre a sobrevivência do coral durante o El Niño.** Nature, 2018. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0090-2>>. Acesso em 27 de abril de 2023.
- ANDERSSON A. J.; YEAKEL K. L.; BATES N. R. et al. **El Niño e a acidificação dos oceanos reduzem a calcificação do coral em todo o Pacífico tropical.** PLOS ONE, 2017.
- AZEVEDO, Júlia. **Recifes de corais: o que são e impactos.** Ecycle, São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/recife-de-corais>>. Acesso em: 6 de março de 2023.
- BARRADAS, Juliana Imenis. **Os oceanos como instrumento de Educação Ambiental.** Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 11, n. 2, p. 24-33, 2020.
- BARROS, Yasmin Nascimento de. **Mudanças ambientais e recifes tropicais urbanos: branqueamento de corais resistentes, algas filamentosas e sedimentos.** 2019. TCC (Graduação) - Bacharelado em Oceanografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- BERGSTROM, E. **Efeitos do aumento da temperatura e acidificação oceânica na fisiologia das algas calcárias e gramas marinhas.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- CAMPOS, Amanda Barreto. **Infecções virais e o branqueamento de corais.** Fevereiro de 2020. Dissertação (Pós-Graduação) - Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2020.
- CARVALHO, G.; COSTA, M.; HILDA, M.; MORAIS, M. B. Cnidários. In: Thalita Nigri (Ed.). Coleção ensino fundamental 7º ano: - Belo Horizonte: Bernoulli Sistema de Ensino. p. 45-46, 2023.
- CASTRO, C. B.; ZILBERBERG, C. **Recifes brasileiros, sua importância e conservação.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo. p. 17-26, 2016.
- COMEAU S.; EDMUNDS P. J.; LANTZ C.A. et al. **O impacto combinado do aquecimento e acidificação dos oceanos sobre a sobrevivência do coral durante o El Niño.** Nature, 2018.
- CORAL VIVO. **El Niño ameaça saúde dos corais da costa brasileira,** 2016. Disponível em: < <http://coralvivo.org.br/noticias/el-nino-ameaca-saude-dos-corais-da-costa-brasileira>>. Acesso em: 22 março de 2023.

DÍAS, Almeyda, E. M., Prada, C., & Medina, M. **Compounds released by the soft coral *Eunicea fusca* promote coral bleaching by altering the coral microbiome.** *Marine Drugs*, 16(11), 432, (2018).

FERREIRA, B. P.; MAIDA, M. **Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: Situação atual e perspectivas.** Brasília: MMA, 2006.

GARRIDO, A. G.; PICCIANI, N.; ZILBERBERG, C. **Simbiose coral-zooxantela em um mundo em transformação.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo*. p. 81-96, 2016.

HORTA, P. A.; SISSINI, M. N.; BERGSTROM, E.; FREIRE, V.; BASTOS, E.; MARTINS, G.; LUCENA, L. A.; MARTINS, C.; BARUFI, J. B.; RORIG, L.; RIUL, P.; GURGEL, C. F. **Papel das algas nos recifes e interferências antrópicas.** In: ZILBERBERG, C. et al. *Conhecendo os recifes Brasileiros rede de pesquisas Coral Vivo*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2016. 360 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases e referenciais, 2010.** Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html> >. Acesso em: 23 março de 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change and Land. Special Report of the Intergovernmental of Climate Change.* Cambridge University Press. 1542 pp, 2019.

JABLONSKI, S. **A Zona Econômica Exclusiva – Óleo e Gás.** In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (Org.). *Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil.* Brasília: MMA, 2008.

JESULICH, Andrea carlina. **Acidificação marinha e metabolismo energético no hidrocoral *Millepora alcicornis* (Cnidaria: hydrozoa).** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Universidade Federal do Rio Grande, 2016.

LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P. de; FERREIRA, B. P.; NEVES, E. G.; SOVIERZOSKI, H. H.; OLIVEIRA, M. de D. M.; MAIDA, M.; CORREIA, M. D.; JOHNSON, R. **Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis.** *Brazilian Journal of Oceanography*. v. 64, n.2, p.97-116, 2016.

LEITÃO, Manoela Lelis de Carvalho. **A realidade atual do branqueamento de corais na costa brasileira.** Projeto Budiões, Paraná, abril de 2020. Disponível em: < <https://budioes.org/publicacao/a-realidade-atual-do-branqueamento-de-corais-na-costa-brasileira/> > Acesso em: 6 de março de 2023.

LEITE, D. C. A.; MACHADO, L. F.; ROSADO, A. S.; PEIXOTO, R. S. **A saúde de nossos recifes: uma questão de equilíbrio.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo*. p. 97-110, 2016.

MARANGONI, L. F. B.; MARQUES, J. A.; BIANCHINI, A. **Fisiologia de corais - a simbiose coral-zooxantela, o fenômeno de branqueamento e o processo de calcificação.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo.* p. 55-72, 2016.

MARQUES, J. A.; MARANGONI, L. F. B.; BIANCHINI, A. **Bioindicadores e biomarcadores.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo.* p. 221-232, 2016.

MELLIN, C.; MACNEIL, M. A.; CHEAL, A. J.; EMSLIE, M. J.; CALEY, M. J. **Marine protected areas increase resilience among coral reef communities.** *Ecology letters.* v. 19, p. 629-637, 2016.

MESQUITA, João Lara. Importância dos corais. **Estadão**, São Paulo, 28 de setembro de 2017. Disponível em: < <https://marsemfim.com.br/a-importancia-dos-corais/https://marsemfim.com.br/a-importancia-dos-corais/>>. Acesso em: 6 de março de 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação por bioma**, 2015. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/ouvidoria/itemlist/category/34-unidades-de-conservacao.html>. Acesso em: 11 março de 2023.

MONTEIRO, Bárbara Segato. **Acidificação oceânica: impactos e mecanismos de mudança.** 2021. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) - Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento, Centro Universitário de Brasília, 2021.

PAPO DE PRIMATA. Coluna geológica do planeta. Website, 2016. PINHO, R. D.; TURRA, A.; ANDRADE, J. B. D. **A ciência oceânica no Brasil e desafios transversais para a produção do conhecimento.** *Ciência e Cultura*, 73(2), 07-11, 2021.

PIRES, Débora de Oliveira. **Reprodução de corais de águas rasas no Brasil.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo.* p. 111-127, 2016.

PORTEUS, C. S. et al. **Near-future CO2 levels impair the olfactory system of a marine fish.** *Nature Climate Change*, v. 8, n. 8, p. 737-743, 2018.

SANTOS, Henrique Fragoso dos; CARMOS, Flávia Lima do; ROSADO, Alexandre Soares; PEIXOTO, Raquel Silva. **Contaminação de recifes de coral por petróleo e seus derivados.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo.* p. 183-194, 2016.

SEOANE, J. C. S.; BARBOSA, C. F. **Recifes de coral ao longo do tempo geológico.** In: ZILBERBERG, C. et al. (Eds.). *Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo.* p. 27-42, 2016.

TERRA, R. de S.; ROMANO, A. M. LEVANTAMENTO DAS PRINCIPAIS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DO BRANQUEAMENTO DOS CORAIS. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 8, 2021. DOI: 10.51189/rema/2269. Disponível em: <<https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/2269>>. Acesso em: 6 de março de 2023.

UNESCO. **A ciência que precisamos para o oceano que queremos: a Década 39 das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030)**. Paris. IOC/BRO/7 Rev, 2019.

VILA-NOVA, D. A; FERREIRA, C. E. **Unidades de conservação marinha no Brasil e conservação de recifes de coral**. In: ZILBERBERG, C. et al. Conhecendo os recifes Brasileiros, rede de pesquisas Coral Vivo. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2016. p, 329-344.

WACHENFELD, David. 2020. **Coral Bleaching 101 - Coral Bleaching Explained**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dcWIVN02kDQ>>. Acesso em: 27 abril de 2023.