

DISTRIBUIÇÃO BIOGEOGRÁFICA DOS CORAIS QUE OCORREM NO PARQUE ESTADUAL MARINHO DO PARCEL DE MANUEL LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Gabriel Guimarães Alves

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: gabrielguimarao.alves@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8037-0445>

Deuzanir da Conceição Amorim Lima

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: deuzaniroceano@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8432-5016>

Antonio Carlos Leal de Castro

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: alec@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8681-4587>

Flávia Rebelo Mochel

Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão

E-mail: flavia.mochel@ufma.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5911-3171>

Resumo

Os recifes de corais do Atlântico Sul configuram sistemas socioambientais estratégicos, cuja distribuição espacial reflete condicionantes oceanográficos, geomorfológicos e biogeográficos. O Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPML), situado na plataforma continental do Maranhão, constitui o recife mais setentrional do Brasil e um importante ponto de transição entre a ecorregião recifal amazônica e os sistemas do Nordeste e Leste brasileiro. Este estudo analisa a distribuição biogeográfica das espécies de corais que ocorrem no PEMPML, a partir da integração de dados de planos de manejo, literatura científica, material biológico de coleção e análise cartográfica em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Os resultados indicam a ocorrência de seis espécies, combinando táxons endêmicos, como *Millepora laboreli*, restrita ao Parcel de Manuel Luís, e espécies amplamente distribuídas ao longo da margem continental brasileira. Essa configuração espacial evidencia o papel do PEMPML como área de conectividade ecológica e biogeográfica, associada à influência da pluma amazônica e a gradientes ambientais regionais. A singularidade territorial do parque, aliada à vulnerabilidade das espécies frente às mudanças climáticas e pressões antrópicas, reforça a necessidade de estratégias de gestão e ordenamento espacial voltadas à conservação dos recifes amazônicos.

Palavras-chave: Biogeografia marinha; Recifes de coral; Conectividade ecológica; Planejamento espacial marinho.

BIOGEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF CORALS OCCURRING IN THE PARCEL DE MANUEL LUÍS MARINE STATE PARK, MARANHÃO, BRAZIL

Abstract

Coral reefs of the South Atlantic constitute strategic socio-environmental systems whose spatial distribution reflects oceanographic, geomorphological, and biogeographical controls. The Parcel de Manuel Luís Marine State Park (PEMPML), located on the continental shelf of Maranhão, represents the northernmost coral reef in Brazil and a key transition zone between the Amazon-influenced reef ecoregion and the reef systems of northeastern and eastern Brazil. This study analyzes the biogeographical distribution of coral species occurring in the PEMPML through the integration of management plans, scientific literature, biological collections, and cartographic analysis using a Geographic Information System. The results indicate the occurrence of six coral species, combining endemic taxa, such as *Millepora laboreli*, which is restricted to the Parcel de Manuel Luís, and species widely distributed along the Brazilian continental margin. This spatial configuration highlights the role of the PEMPML as an area of ecological and biogeographical connectivity, shaped by the influence of the Amazon plume and regional environmental gradients. The territorial singularity of the park, together with the vulnerability of its coral assemblages to climate change and anthropogenic pressures, underscores the need for spatial planning and adaptive management strategies aimed at the conservation of Amazon-influenced coral reefs.

Keywords: Marine biogeography; Coral reefs; Ecological connectivity; Marine spatial planning.

DISTRIBUCIÓN BIOGEOGRÁFICA DE LOS CORALES QUE SE ENCUENTRAN EN EL PARQUE ESTATAL MARINO PARCEL DE MANUEL LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Resumen

Los arrecifes de coral del Atlántico Sur constituyen sistemas socioambientales estratégicos cuya distribución espacial responde a condicionantes oceanográficos, geomorfológicos y biogeográficos. El Parque Estatal Marino del Parcel de Manuel Luís (PEMPML), ubicado en la plataforma continental del estado de Maranhão, corresponde al arrecife de coral más septentrional de Brasil y a una importante zona de transición entre la ecorregión arrecifal bajo influencia amazónica y los sistemas arrecifales del noreste y este brasileño. Este estudio analiza la distribución biogeográfica de las especies de corales presentes en el PEMPML mediante la integración de planes de manejo, literatura científica, colecciones biológicas y análisis cartográfico en un Sistema de Información Geográfica. Los resultados registran la ocurrencia de seis especies de corales, combinando taxones endémicos, como *Millepora laboreli*, restringida al Parcel de Manuel Luís, y especies ampliamente distribuidas a lo largo del margen continental brasileño. Esta configuración espacial evidencia el papel del PEMPML como área de conectividad ecológica y biogeográfica, influenciada por la pluma amazónica y por gradientes ambientales regionales. La singularidad territorial del parque, sumada a la vulnerabilidad de sus arrecifes frente al cambio climático y las presiones antrópicas, refuerza la necesidad de estrategias de ordenamiento espacial y gestión adaptativa orientadas a su conservación. **Palabras-clave:** Biogeografía marina; Arrecifes de coral; Conectividad ecológica; Ordenamiento espacial marino.

Introdução

Os recifes de coral constituem um dos ecossistemas marinhos mais biodiversos do planeta, funcionando como fonte de alimento e abrigo para diversas espécies, além de sustentarem complexas teias alimentares (Zilberberg, 2016). A base ecológica desses

ambientes sustenta-se na relação simbiótica entre corais e algas zooxanteladas (dinoflagelados), na qual o hospedeiro fornece nutrientes inorgânicos e CO₂, enquanto as zooxantelas disponibilizam oxigênio e compostos orgânicos como glicerol, resultando no suprimento energético e no aumento das taxas de calcificação coralínea (Barreira, 2023).

Além do relevante papel ecológico, os recifes prestam importantes serviços ecossistêmicos, como a provisão de alimentos para comunidades costeiras e a proteção da zona costeira contra a ação de ondas e tempestades (Zilberberg, 2016). No litoral brasileiro, ocorrem diferentes tipos de formações recifais (Mies *et.al.*, 2020). Contudo, esses ambientes são frequentemente classificados como recifes marginais, uma vez que se desenvolvem em condições consideradas subótimas, marcadas por elevada turbidez, variações de temperatura, salinidade e exposição ao ar (Alves, 2023).

Os recifes brasileiros representam as únicas formações recifais do Atlântico Sul e, embora exibam menor diversidade biológica quando comparados aos do Caribe ou Indo-Pacífico – em função de condições ambientais menos favoráveis ao desenvolvimento carbonático (Massei *et al.*, 2023; Galvão *et.al.*, 2021) –, abrigam diversas espécies endêmicas, o que lhes confere singular importância biogeográfica (Ferreira, 2025; Castro; Zilberberg, 2016).

Dentre os principais sistemas recifais do Brasil, destacam-se o Banco de Abrolhos, o Arquipélago de Fernando de Noronha, a Costa dos Corais, o Atol das Rocas – único atol do Atlântico Sul – e o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís. As áreas recifais oceânicas se desenvolvem em ambientes ricos em carbonato enquanto os recifes presentes nas áreas costeiras mais internas crescem em ambientes sujeitos à maior carga de sedimentos finos oriundos da drenagem continental (Leão, Kikuchi e Oliveira, 2019).

O Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís (PEM Parcel Manuel Luís), localizado no Maranhão, constitui o recife mais setentrional do Brasil, representando uma possível zona de transição entre a província biogeográfica caribenha e a costa brasileira (Cordeiro, 2020). Com aproximadamente 5 km de extensão, o parque caracteriza-se pela presença de grandes pináculos submersos que atingem até 30 m de altura, podendo ficar parcialmente expostos durante a maré baixa (Leão *et. al.*, 2016) e por abrigar um expressivo número de naufrágios, estimado em mais de 200 embarcações (MARANHÃO, 2023).

Apesar de sua relevância ecológica e biogeográfica, o Parcel Manuel Luís figura entre os recifes brasileiros menos estudados, devido principalmente ao seu afastamento da costa e ao regime de correntes vigorosas, que limitam a realização de expedições científicas

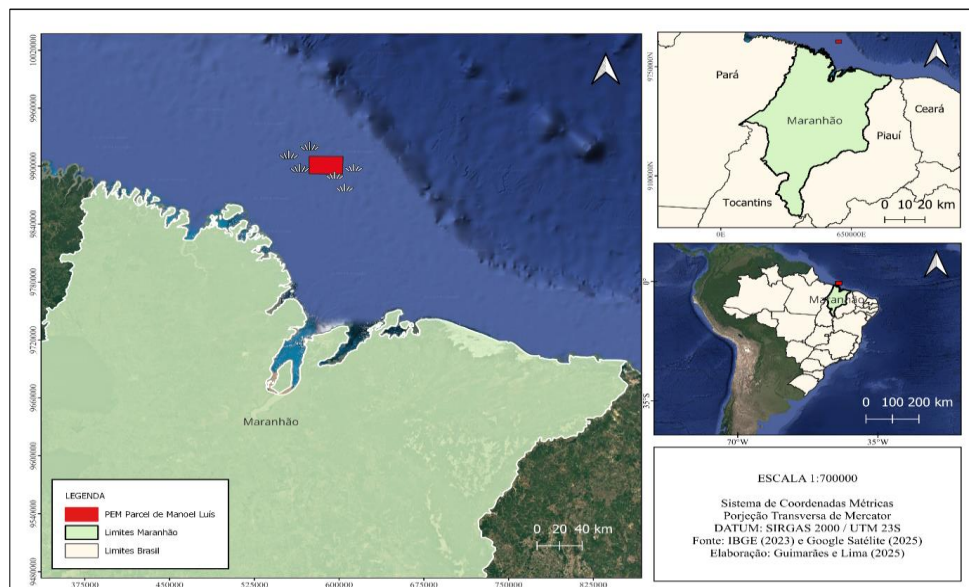
e a coleta sistemática de dados (Rocha; Rosa, 2001; Amaral *et al.*, 2008). Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar e analisar a distribuição biogeográfica das seis espécies de corais que ocorrem no PEM Parcel Manuel Luís, incluindo a espécie endêmica *Millepora laboreli*, a fim de contribuir para o conhecimento e a conservação desse importante ecossistema recifal

Material e Métodos

Área de estudo

O Parque Estadual Marinho (PEM) do Parcel Manuel Luís localiza-se a aproximadamente 80 km da costa do Maranhão (Figura 1), representando o recife de coral mais setentrional do Brasil. De acordo com seu Plano de Manejo, a unidade de conservação situa-se sobre a plataforma continental, ocupando uma área de 40 km², com profundidade variando entre 10 e 30 metros (MARANHÃO, 2023). O ambiente caracteriza-se por baixa turbidez da água e substrato composto principalmente por algas calcárias, ascídias, esponjas e corais, além de pináculos rochosos que atingem 30 a 40 metros de altura, com diâmetro entre 15 e 35 metros (MARANHÃO, 2023).

Figura 01. Localização do PEM Parcel de Manuel Luís



Fonte: Autores (2025).

O recife do Parcel Manuel Luís situa-se na Baía do Pará-Maranhão e é constituído por uma base de rodolitos, algas calcárias e organismos sésseis que crescem sobre um afloramento de diabásio na plataforma continental. Segundo Maranhão (2023) a região foi

formada por processos de rifteamento durante o Aptiano e Albiano que, posteriormente, recebeu a deposição de sedimentos terrígenos e o avanço gradual das águas marinhas do oceano.

Coleta e compilação de dados

O trabalho foi desenvolvido a partir da análise das espécies de corais descritas no Plano de Manejo do PEM Manuel Luís (SEMA, 2023) e do material biológico coletado em expedições oceanográficas, depositado no Laboratório de Manguezais e Benthos (LAMA) do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão.

Realizou-se levantamento bibliográfico abrangente para obtenção de planos de manejo de unidades de conservação costeiras e literatura científica sobre áreas recifais brasileiras. As bases de dados consultadas incluíram: ICMBio, IBAMA, Periódicos CAPES, SciELO, Scopus, Science Direct, Google Scholar e repositórios institucionais de universidades para teses, dissertações e monografias. Para determinar os padrões de distribuição das espécies de coral, foram utilizados planos de manejo de unidades de conservação costeiras e estudos científicos sobre a ocorrência dessas espécies em diferentes regiões do litoral brasileiro.

Para a elaboração do mapa de localização do PEM Manuel Luís, realizou-se o georreferenciamento de imagem do Google Earth utilizando as coordenadas geográficas disponíveis no plano de manejo da unidade. A imagem foi georreferenciada e os pontos cartografados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizando o software QGIS versão 3.40. Além do Google Earth, utilizou-se a base de dados do IBGE para delimitação do limite estadual do Maranhão e da disposição do PEM em relação à costa. O mapa final foi produzido na escala 1:700.000. Ressalta-se que, por se tratar de área recifal submersa na plataforma continental, imagens de alta resolução e de radar seriam mais indicadas, porém não estavam disponíveis para este estudo.

Resultados e Discussão

De acordo com os Planos de Manejo analisados, as espécies de corais encontradas no Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPML) ocorrem predominantemente no nordeste brasileiro até o sul da Bahia, incluindo o arquipélago de São Pedro e São Paulo (Quadro 1).

Quadro 01. Planos de Manejo analisados e suas respectivas áreas recifais no litoral brasileiro

Título do Plano de Manejo	Ano (de Publicação /Revisão)	Região Coberta
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais	2013	Alagoas e Pernambuco
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais	2021	Alagoas e Pernambuco
Plano de Manejo para a Reserva Biológica do Atol das Rocas	2007	Atol das Rocas (Rio Grande do Norte)
Plano de Manejo do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEM do Parcel de Manuel Luís)	2023	Maranhão
Plano de Manejo: Parque Nacional Marinho dos Abrolhos	1991	Litoral sul da Bahia (região dos Abrolhos)
Plano de Uso Público do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos	2003	Parque Nacional Marinho dos Abrolhos (Litoral sul da Bahia)
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo	2005	Arquipélagos de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo (Nordeste do Brasil)
Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo	2017	Arquipélagos de Fernando de Noronha, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo (Nordeste do Brasil)

Fonte: Autores (2025).

O Quadro 2 apresenta as espécies de corais que habitam o PEMPML. Estudos genéticos demonstraram que as espécies endêmicas brasileiras do gênero *Millepora* ocorrem em províncias biogeográficas distintas, sendo *Millepora laboreli* (Figura 2) restrita ao Parcel de

Manuel Luís. A espécie endêmica brasileira *Millepora brasiliensis* ocorre desde o norte do rio São Francisco até o Parcel Manuel Luís, incluindo o Atol das Rocas, Abrolhos e na costa dos corais, em locais como Tamandaré e no estado de Alagoas (Amaral *et al.*, 2008).

Quadro 02. Distribuição de espécies de coral do Parcel de Manuel Luís.

Espécies	Distribuição geográfica	Nome popular
<i>Millepora laboreli</i> (Amaral, 2008)	Parcel de Manuel Luís	Coral de fogo
<i>Millepora brasiliensis</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, RN, PB, AL PE, BA, ES	Coral de fogo
<i>Favia gravida</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, Trindade, CE, RN, PB, PE, AL, BA, ES	Coral pétreo, bola furado
<i>Mussismilia hispida</i> (Verrill, 1901)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, BA, RJ	Coral pétreo, cérebro
<i>Siderastrea stellata</i> (Verrill, 1868)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, Fernando de Noronha, PE, PB, RN, BA, RJ	Coral pétreo
<i>Phyllogorgia dilatata</i> (Esper, 1806)	Parcel de Manuel Luís, Abrolhos, Atol das Rocas, além dos estados de CE, RN, PE, BA, ES e RJ	Gorgonia orelha de elefante

Fonte: Autoria própria.

Figura 02. *M. Laborelli* – espécie endêmica do PEM Parcel de Manuel Luís



Fonte: Autores (2025).

Além da distribuição restrita, *M. laborelli* apresenta baixa diversidade genética (de Souza *et al.*, 2017), evidenciando sua vulnerabilidade a alterações ambientais locais, regionais e globais, particularmente ao aumento da temperatura e da acidificação da água do mar, bem como ao desmatamento nas bacias hidrográficas com consequente aporte de agrotóxicos, contaminantes e sedimentos em excesso (Figura 2). Dada sua distribuição circunscrita à ecorregião costeira amazônica, *M. laborelli* oferece uma perspectiva singular para o conhecimento das interações entre corais e condições ambientais sazonais intensas, como variações na precipitação pluviométrica, salinidade, aportes terrígenos e a influência da Pluma do Amazonas-Orinoco. A possibilidade de perfuração de poços de petróleo e gás na Margem Equatorial Brasileira acrescenta um considerável risco de devastação dos recifes de Manuel Luís e de seus serviços ecossistêmicos. A perda de áreas recifais no Brasil e no mundo representa um prejuízo inestimável em termos de contribuições ecológicas, econômicas, sociais e culturais (Zilberberg, 2016).

Figura 03. Principais impactos ambientais em recifes de corais



Fonte: Autores (2025).

As espécies *Favia gravida*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata* tiveram suas presenças confirmadas no arquipélago de Abrolhos, Fernando de Noronha e no Atol das Rocas, de acordo com seus planos de manejo. *Favia gravida* possui colônias com considerável polimorfismo e ampla plasticidade morfológica, conferindo-lhe a possibilidade de adaptação a diferentes condições ambientais, incluindo poças de maré (Amaral; Ramos, 2007). Essa espécie é considerada uma hospedeira generalista em relação à diversidade de algas simbiotes, e a reprodução por autofecundação favorece seu grau de endemismo (Teschima *et al.*, 2022; Teschima *et al.*, 2019). *S. stellata*, espécie dominante na Reserva Biológica do Atol das Rocas, é considerada uma das construtoras de recifes brasileiros, sendo resistente à elevada turbidez e ao assoreamento presentes nos recifes rasos costeiros (Pacheco, 2022; Nascimento, 2019).

Mussismilia hispida apresenta ampla distribuição ao longo da costa brasileira, sendo encontrada desde o Parcel Manuel Luís até o litoral norte do estado de São Paulo (Mariano,

2024). Como outras espécies recifais, *M. hispida* atua como berçário, refúgio e zona de alimentação para inúmeras espécies da fauna bentônica (Nogueira, 2020; Nogueira, 2003). Sua ampla distribuição parece estar relacionada com a tolerância de suas colônias tanto a variações sazonais na radiação solar e turbidez, quanto a variações climáticas de ciclo mais longo, como alterações nos padrões térmicos e de precipitação pluviométrica (Silva *et al.*, 2019). A abundância de *M. hispida* em recifes subtropicais é uma evidência de sua tolerância e pode ser um indicador para o acompanhamento dos aumentos de temperatura ao sul das áreas tropicais (Grillo *et al.*, 2021).

O octocoral *Phyllogorgia dilatata* apresentou a distribuição mais ampla dentre todas as espécies que habitam o PEMPML, ocorrendo nas unidades de conservação de Abrolhos e Atol das Rocas, mas também com registros nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Essa espécie tem sido estudada por produzir substâncias com diversos princípios ativos, inclusive com propriedade anticorrosiva, despontando como alternativa para o uso de substâncias naturais renováveis (Fernandes *et al.*, 2020). No Quadro 3 são apresentadas algumas características bioecológicas das espécies encontradas no Parcel de Manuel Luís, de acordo com a literatura analisada

Quadro 03. Características bioecológicas das espécies encontradas no Parcel de Manuel Luís, de acordo com a literatura analisada.

Espécies	Forma do corpo e coloração	Tamanho	Temperatura	Profundidade	Substrato
<i>Millepora laboreli</i>	Pilares, crescimento colunar, textura mais lisa. Marrom	Altura 16cm-40 cm (*esse estudo)	25,0°C	30m à 32m	Calcário
<i>Millepora brasiliensis</i>	Colônias alveolares, ramificadas, colunares, laminadas. Marrom	Até 3m de diâmetro	25,0°C-27,6°C	5m à 50m	Calcário/rochoso/vulcânico
<i>Favia graxida</i>	Esférica, hemisféricas ou incrustante. Tons verde, marrom e amarelo	Geralmente 10cm de diâmetro	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/vulcânico/

<i>Mussismilia hispida</i>	Hemisférica. Tons de cinza, verde e azul	No máximo 40cm de diâmetro	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico/
<i>Siderastrea stellata</i>	Esférica. Tons de marrom e vermelho	15cm de diâmetro no máximo	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico
<i>Phyllogorgia dilatata</i>	Forma de folha, seus eixos anastomosam e formam um retículo. Branco e amarelo claro	Entre 21 a 25cm	25,0°C-28,0°C	5m à 60m	Calcário / rochoso/ vulcânico/

Fonte: Autores (2025)

Essa distribuição combina táxons endêmicos do Atlântico Sudoeste (*M. hispida*, *F. gravida*, *S. stellata*) com hidrocorais do gênero *Millepora* reforçando o papel do PEMPML como "ponto de conexão" entre o sistema recifal sob influência amazônica e os bancos do Nordeste e Leste brasileiro. A presença de *M. laboreli* apoia a hipótese de singularidade biogeográfica do PEMPML, enquanto a ampla ocorrência de *M. hispida* e *S. stellata* em outros bancos sugere continuidade faunística ao longo da margem continental brasileira (Kikuchi *et al.*, 2024).

Cordeiro *et al.* apontam que o Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luís constitui o extremo sul do sistema recifal amazônico e combina alta cobertura de hidrocorais com pressões de conservação específicas, ressaltando seu valor de conectividade e a necessidade de gestão focada (Cordeiro *et al.*, 2021).

O branqueamento tem sido observado em diversas áreas recifais brasileiras e ocorre em praticamente todas as espécies (Mies *et al.*, 2020), embora algumas sejam mais resistentes. No litoral norte de São Paulo, *M. hispida* apresenta indícios de branqueamento nas áreas de turismo frequente, especialmente nos meses mais quentes do ano (Mariano, 2024). *S. stellata*, em alguns locais, apresenta sinais de branqueamento e doenças, indicando a presença de tensores ambientais, apesar de sua resistência a estresses térmicos (Gurgel, 2024; Massei *et al.*, 2023). No Atol das Rocas, essa espécie apresentou um aumento de colônias branqueadas com o passar dos anos (Gaspar, 2022). Todas as espécies encontradas em Porto de Galinhas mostraram branqueamento, porém *F. gravida* foi a espécie com maior percentual de branqueamento (Barradas *et al.*, 2010). No Parcel Manuel Luís, o branqueamento foi verificado em *M. laboreli* que também apresentou algas incrustadas (Amaral *et al.*, 2002). Um

estudo de modelagem biogeográfica e oceanográfica sugere que a conectividade larval entre ecorregiões brasileiras pode modular fronteiras térmicas locais (variação $\pm 0,3$ °C), aproximando predições de branqueamento das observações, um mecanismo plausível para explicar tanto a presença de espécies endêmicas quanto as de espécies amplamente distribuídas detectadas nos Planos de Manejo (Silva; Kampel, 2022).

O aumento do branqueamento nos recifes brasileiros alerta para o limite de sua capacidade em atuar como refúgio climático, sugerindo que a intensidade dos aumentos térmicos possa superar a atenuação conferida por águas mais turvas (Gaspar, 2022; Mies *et al.*, 2020). A espécie *M. hispida* mostrou elevada resiliência, apresentando-se reprodutivamente viável mesmo em colônias totalmente branqueadas (Godoi *et al.*, 2021). Apesar da grande tolerância a variações ambientais como temperatura, salinidade, concentração de oxigênio e velocidade de correntes, a extinção local de *Phyllogorgia dilatata* reportada para a Ilha da Trindade parece estar relacionada com seu isolamento geográfico associado à crescente poluição e atividades pesqueiras, além das mudanças climáticas (Anderson *et al.*, 2025).

Outro impacto observado em alguns recifes brasileiros é a crescente expansão de espécies invasoras exóticas, como o coral-sol (*Tubastraea* spp.), que mostra vantagem competitiva sobre espécies nativas, como *M. hispida* e *S. stellata*, reduzindo o número de suas colônias (ICMBio, 2018).

Com base no atual cenário de mudança climática para o Atlântico, que prevê deslocamentos de nicho, concentrações e expansões de distribuição para recifes, cientistas já recomendam integrar aos Planos de Manejo uma vigilância adaptativa baseada em conectividade, séries térmicas e protocolos padronizados de monitoramento (Perry *et al.*, 2021; Donovan *et al.*, 2025)

Conclusões

Os resultados obtidos reforçam a singularidade biogeográfica do Parque Estadual Marinho do Parcel de Manuel Luís (PEMPL), que atua como um ponto de conexão ecológica entre a província recifal sob influência amazônica e os bancos recifais do Nordeste e Sudeste brasileiro. A presença de espécies endêmicas com distribuição restrita, como *Millepora laboreli*, associada à ocorrência de espécies amplamente distribuídas, como *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata*, evidencia ao mesmo tempo a singularidade local e a continuidade faunística ao longo da costa. No entanto, a concentração de espécies com baixa

diversidade genética e alta sensibilidade a perturbações ambientais – somada às pressões antrópicas locais e à ameaça de atividades petrolíferas na Margem Equatorial – coloca em risco a integridade desse ecossistema e seus serviços associados.

Diante do cenário atual de mudanças climáticas e do aumento na frequência de eventos de branqueamento em recifes brasileiros, torna-se urgente a adoção de estratégias de gestão adaptativa. Urge a necessidade de estudos de campo e laboratório com as espécies que se encontram no PEM Parcel de Manuel Luís

A implementação de protocolos padronizados de monitoramento, baseados em séries térmicas, conectividade larval e vigilância de espécies invasoras, é essencial para orientar a conservação do PEMPML e de outras áreas recifais sob influência de mudanças globais. A manutenção desses ambientes é crucial não apenas para a preservação da biodiversidade endêmica, mas também para a sustentabilidade ecológica, econômica e cultural das regiões costeiras do Brasil.

Referências

- AMARAL, F.D. *et al.* Uma visão geral dos hidróides calcificados de águas rasas do Brasil (Hydrozoa: Cnidaria), incluindo a descrição de uma nova espécie. **Zootaxa**, 2008.
- AMARAL, F.D., RAMOS, C.A.C. (2007) Skeletal variability of the coral *Favia gravida* (Verrill, 1868) from Brazil. *Biota Neotropica*, 7, 245–251.
- AMARAL, F.D. *et al.* Skeletal morphometry of *Millepora* occurring in Brazil, including a previously undescribed species. **Proceedings-biological society of washington**, v. 115, n. 3, p. 681-695, 2002.
- ANDERSON, A.B., GOUVÊA, L., ASSIS, J., SERRÃO, E., PINHEIRO, H.T., VILAR, C., FRANCINI-FILHO, R.B., HORTA, P.A., BERNARDINO, A.F., CORDEIRO, C.A.M.M., GOMES, L.E.O., JOYEUX, J.-C., FERREIRA, C.E.L. . Extinction risk of the endemic soft coral *Phyllogorgia dilatata* (Esper, 1806) in a remote island of the Brazilian coast, **Marine Pollution Bulletin**, v.216, 2025, 118006,ISSN 0025-326X,https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118006.
- BARRADAS, J.I., AMARAL, F.D., HERNÁNDEZ, M.I.M, FLORES-MONTES, M.J., STEINER, A.Q. Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flats at Porto de Galinhas Beach (northeastern Brazil), with special analysis in corals and calcified hydroids. **Biotemas**, 23 (2): 61-67, junho de 2010
- CASTRO, C.B.; ZILBERG, C. Recifes brasileiros, sua importância e conservação. In: BIANCHINI, A. et. al. Conhecendo os recifes brasileiros: Rede de pesquisas Coral Vivo.Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. cap.1, p.

CORDEIRO, C. A. M. M. *et al.* Conservation status of the southernmost reef of the Amazon Reef System: The Parcel de Manuel Luís. **Coral Reefs**, v. 40, p. 165-185, 2021.

de SOUZA, J.N., NUNES, F.L.D., ZILBERBERG, C., SANCHEZ, J.A., MIGOTTO, A.E., HOEKSEMA, B.W., SERRANO, X.M., BAKER, A. & LINDNER, A. Contrasting patterns of connectivity among endemic and widespread fire coral species (*Millepora* spp.) in the tropical Southwestern Atlantic. **Coral Reefs** 36, 701–716 (2017). <https://doi.org/10.1007/s00338-017-1562-0>

DONOVAN, M. K.; VAN WOESIK, R.; GROTTOLI, A. G. *et al.* Six decades of global coral bleaching monitoring: a review of methods and call for enhanced standardization and coordination. **Frontiers in Marine Science**, v. 12, 2025. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2025.1547870/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

FERNANDES, C. M., S. F. FAGUNDES, T. D., E. DOS SANTOS, N., DO AMARAL, B. S., B. CASS, Q., L. VALVERDE, A., M. SILVA, J. C., C. ALVES, O., A. PONZIO, E. Marine Octocoral *Phyllogorgia dilatata*: Identification of Sesquiterpenes and Activity as a Natural and Renewable Corrosion Inhibitor **Analytical and Bioanalytical Electrochemistry**, 12(4), 437-457, 2020.

FERREIRA, N.P. Conservação das espécies endêmicas de corais escleractíneos no Brasil através da efetividade das unidades de conservação. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v.7, n.3, p.14018-14029, 2025

GALVÃO, D.B., LOEBENS, S.C., VILA-NOVA, D., MALLMANN, D.L.B., TELES, A.M.S., FERREIRA, B.P. Ambientes recifais da região nordeste: um olhar para a influência da atividade humana. Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil: oceano, clima, ambientes e conservação. Ed: Danielle de Lima Viana; Jorge Eduardo Lins Oliveira; Fábio Hissa Vieira Hazin; Marco Antonio Carvalho de Souza. Via Design Publicações, Olinda, 2021, p.240-267.

GASPAR, T.L. Eventos de branqueamento de corais no Atlântico Sul: recifes marginais são possíveis refúgios climáticos? Dissertação (Mestrado em Ecologia), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022

GODOY, L., MIES, M., ZILBERBERG, C. *et al.* Southwestern Atlantic reef-building corals *Mussismilia* spp. are able to spawn while fully bleached. **Mar Biol** 168, 15, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00227-021-03824-z>

GRILLO, A.C., CANDIDO, C.F., GIGLIO, V.J., LONGO, G.O. Unusual high coral cover in a Southwestern Atlantic subtropical reef. **Mar. Biodivers.** 51, 77, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12526-021-01221-9>

ICMBio. Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil. Junho, 2018

KIKUCHI, R. K. P., LEÃO, Z. M. A. N., de ARAUJO, M. E., & LOTUFO, T. M. C. Brazilian Coral Reefs: A Multidisciplinary Approach. Springer Nature, Cham, 2024.

LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P., OLIVEIRA, M.D.M. **Chapter 35 - The Coral Reef Province of Brazil**. Editor(s): Charles Sheppard, **World Seas: an Environmental Evaluation** (Second Edition), Academic Press, 2019, p. 813-833.

LEÃO, Z. M., KIKUCHI, R. K. P. d., FERREIRA, B. P., NEVES, E., SOVIERZOSKI, H. H., OLIVEIRA, M. D. M., MAIDA, M., CORREA, M.D. & JOHNSSON, R. Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64 (spe2), 97-116, 2016. <https://doi.org/10.1590/s1679-875920160916064sp2>

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Plano de Manejo do PEM do Parcel de Manuel Luís**. São Luís: SEMA, 2023. 111 p. Disponível em: <https://www.sema.ma.gov.br>. Acesso em: 02 de fev de 2025.

MARIANO, A. E. B. Efeitos do turismo no branqueamento de *Palythoa caribaeorum* e *Mussismilia hispida* (Cnidaria, Anthozoa) em recifes rochosos do Litoral Norte de São Paulo. 2024. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade de Ambientes Costeiros) - Instituto de Biociências do Campus do Litoral Paulista, Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2024.

MASSEI, Karina, *et al.* Multi-proxy assessment of coral reef formation and biotic-abiotic diversity in an urban coastal reef ecosystem in northeastern Brazil. **Science of The Total Environment**, 2023, 891: 164487.

MIES M, FRANCINI-FILHO, R.B., ZILBERBERG, C., GARRIDO, A.G., LONGO, G.O., ÇAURENTINO, E., GÜTH, A.Z., SUMIDA, P.Y.G. and BANDA, T.N.S. South Atlantic Coral Reefs Are Major Global Warming Refugia and Less Susceptible to Bleaching. **Front. Mar. Sci.** 7:514., 2020. doi: 10.3389/fmars.2020.00514

NASCIMENTO, W.F.do. Saúde do coral *Siderastrea stellata* e sua relação com variáveis ambientais em poças de maré do Rio Grande do Norte. 2019. 30 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

NOGUEIRA, M.M., NEVES, E.; QUEIROZ, V., JOHNSSON, R. Does coral morphology influence the richness and abundance of associated ophiuroids? An evaluation of differences in habitat structure provided by *Mussismilia* corals. **Cahiers de Biologie Marine**; v. 61, n. 2, p. 219-227, 2020.

NOGUEIRA, J.M.M. Fauna living in colonies of *Mussismilia hispida* (Verrill) (Cnidaria: Scleractinia) in four South-eastern Brazil islands. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v, 46, p. 421-431, 2003

PACHECO, M. C. de O. Saúde dos corais *Siderastrea stellata* e *Montastraea cavernosa* e seus preditores ambientais em recifes tropicais costeiros e oceânicos. 2022. 34 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022

PERRY, C. T.; ALVAREZ-FILIP, L.; MUMBY, P. J. *et al.* Predicted shifts in the distributions of Atlantic reef-building corals in the face of climate change. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.707590/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

ROCHA LA, ROSA IL. Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luiz Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. 2001.

SABADINI, S. da C. Suscetibilidade dos recifes de Abrolhos aos eventos de branqueamento de corais. 2017.

SILVA, G. L. X.; KAMPEL, M. Connectivity patterns of Brazilian coral reefs associated with potential variation on thermal stress tolerance. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.1001185/full>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SILVA, I.C.B.S. , LIPARINI, A., PEREIRA, N.S., BRAGA, B.L.S.S, SIAL, A.N., LIU, S.C., SHEN,C.C, KIKUCHI, R.K.P. Assessing the growth rate of the South Atlantic coral species *Mussismilia hispida* (Verrill, 1902) using carbon and oxygen stable isotopes. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 96, 2019,102346,ISSN 0895 9811,<https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.102346>.

TESCHIMA, M.M., ZILBERBERG, C., NUNES, F.L.D. Strong genetic differentiation demarks populations of *Favia* across biogeographic regions of the Atlantic Ocean. **Coral Reefs** 41, 523–534 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02203-w>

TESCHIMA, M.M., GARRIDO, A., PARIS, A., NUNES, F.L.D., ZILBERBERG, C. Biogeography of the endosymbiotic dinoflagellates (Symbiodiniaceae) community associated with the brooding coral *Favia gravida* in the Atlantic Ocean. PLoS ONE 14 (3): e0213519, 2019 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213519>

ZILBERBERG, C.; ABRANTES, D. P.; MARQUES, J.A.; MACHADO, L.F.; MARANGONI, L. F. de B. **Conhecendo os Recifes Brasileiros: Rede de Pesquisas Coral Vivo**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, UFRJ, 2016. 360 p. ISBN 978-85-7427-057-9. Disponível em: https://coralvivo.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Conhecendo-os-Recifes-Brasileiros_V2.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) que através do Projeto Re-MARE suportaram financeiramente a publicação da presente pesquisa.