

Mudanças Climáticas e a zona costeira do Brasil: vulnerabilidades socioambientais e estratégias de ação

Climate Change and Brazil's coastal zone: socio-environmental vulnerabilities and action strategies

Paulo Horta^a

Patrícia F. Pinho^b

Lidiane Gouvêa^c

Guido Grimaldi^d

Giovanna Destri^e

Carolina Melissa Mueller^f

Lyllyan Rocha^g

José Bonomi Baruffi^h

Leonardo Rorigiⁱ

Jorge Assis^j

Letícia Cotrim da Cunha^k

^a *Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Ficologia, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: paulo.horta@ufsc.br*

^b *Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil
End. Eletrônico: pinhopati@gmail.com*

^c *Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: lidianegouv@gmail.com*

^d *Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: guidogrimaldi@gmail.com*

^e *Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: giovannanddestri@gmail.com*

^f Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Ficologia, Centro de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: carolinamueller@gmail.com

^g Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina,
Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: lyllyrocha20@gmail.com

^h Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Ficologia, Centro de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: jose.bonomi@gmail.com

ⁱ Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Ficologia, Centro de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil
End. Eletrônico: leororig@gmail.com

^j Centro de Ciências do Mar, Universidade do Algarve, Portugal
End. Eletrônico: jorgemfa@gmail.com

^k Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ),
Maracanã Campus, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
End. Eletrônico: lcotrim@uerj.br

doi:10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33845

Received: 31/08/2020
Accepted: 07/12/2020

ARTICLE – DOSSIER

Os dados e os resultados apresentados nesta publicação foram desenvolvidos no âmbito do projeto “Quarta Comunicação Nacional e Relatórios de Atualização Bienal do Brasil à Convenção do Clima”, coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, por meio dos recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente, aos quais oferecemos nossos agradecimentos.

RESUMO

A zona costeira, região que concentra boa parte da população brasileira, exerce papel central para a discussão da vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas. Além de marismas, manguezais e recifes de coral, nesta região encontramos bancos de gramas marinhas, de macroalgas e de rodólitos, que formam florestas submersas, habitats fundamentais para serviços como o de manutenção da biodiversidade, produção de O₂ e absorção de parte do CO₂ da atmosfera. A ciência reforça que o aquecimento e acidificação do oceano, a elevação do nível do mar, invasões biológicas e suas interações com a poluição, sobrepesca, entre outros estressores, comprometem a estrutura e o funcionamento destes ecossistemas, elevando a vulnerabilidade socioambiental da região. A conservação destes ecossistemas, seu manejo, eventual biorremediação/restauração, usando soluções baseadas em evidências científicas, devem ser priorizadas para a redução da vulnerabilidade das comunidades costeiras e do oceano.

Palavras-chave: Amazônia Azul. Biodiversidade. Estressores Globais. Aquecimento do oceano. Acidificação do oceano. Poluição.

ABSTRACT

The coastal zone, where most of the Brazilian population lives, plays a central role for discussing vulnerability and adaptation strategies to climate change. Besides saltmarshes, mangroves and coral

reefs, this region also presents seagrass beds, macroalgae and rhodolith beds, forming underwater forests, which are key habitats for services such as biodiversity conservation, O₂ production, and absorption of part of the CO₂ from the atmosphere. Science endorses that ocean warming and acidification, sea level rise, biological invasions and their interactions with pollution, overfishing, and other stressors undermine the structure and functioning of these ecosystems, thus increasing the region's socio-environmental vulnerability. Ecosystem conservation, management and potential bioremediation/restoration using science-based solutions must be prioritized in order to reduce the vulnerability of coastal communities and the ocean.

Keywords: Blue Amazon. Biodiversity. Global stressors. Ocean warming. Ocean acidification. Pollution.

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre as vulnerabilidades do Brasil diante das mudanças climáticas tem crescido nacionalmente, especialmente sobre as interações de estressores locais como poluição, desmatamento e queimadas, que acentuam as consequências nos biomas. No entanto, pouca importância tem sido dada ao ambiente marinho costeiro. O Brasil tem uma das maiores linhas de costa do mundo (~ 9,000 km²), e a sua zona econômica exclusiva (ZEE, faixa até 200 milhas náuticas da costa), conhecida como Amazônia Azul (Figura 1), equivale em superfície à área da Amazônia Legal, compreendendo cerca de 3,5 milhões km² (PRADO et al., 2015a; KERR et al., 2016b; GERHARDINGER et al., 2018).

A região litorânea abriga remanescentes de Mata Atlântica, partes da Caatinga e Amazônia (MARRONI e ASMUS, 2013), e cerca de 60% da população urbana do país. Este contingente corresponde a 25% da população total, concentrada em 4% da área do território nacional, com elevada demanda de energia, de alimento, água e moradia (Figura 1). A densidade populacional, o frágil planejamento espacial e carências de saneamento básico, impactam o meio ambiente (HALPERN et al., 2015), transformando a paisagem e levando à poluição do ar, do solo e, especialmente, do escoamento superficial, diminuindo a saúde dos ambientes costeiros (ELFES et al., 2014; HALPERN, 2020).

Como as florestas, o oceano atua como sumidouro de cerca de 25% das emissões antropogênicas de CO₂, oferecendo assim um serviço de regulação climática, beneficiando a população e economia em múltiplas esferas (WEATHERDON et al., 2016; COPERTINO et al., 2017; BERGSTROM et al., 2019). Nas regiões costeiras, além de manguezais e recifes de coral, encontramos também os bancos de gramas marinhas, marismas, macroalgas e rodólitos, que formam estruturas similares a florestas submersas, representando um nicho de biodiversidade rica e abundante.

Esses serviços ecossistêmicos, além da mitigação das mudanças climáticas e acidificação do oceano, protegem o litoral contra a erosão. As marismas, manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016) e bancos de gramas marinhas (COPERTINO et al., 2016) têm presença histórica na cultura das comunidades tradicionais que habitam nosso litoral. Estes ambientes são responsáveis ainda pela provisão de berçários para organismos marinhos, contribuindo para a manutenção de espécies de importância econômica e cultural.

Os serviços ecossistêmicos do oceano e regiões costeiras, essenciais para o equilíbrio climático, segurança alimentar, energética, hídrica e do patrimônio sociocultural, foram enfatizados no Acordo de Paris em 2015. Além disso, a conservação e boa gestão dos mesmos pode representar soluções para problemas relacionados à demanda energética e à saúde, viabilizando alternativas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GOUVÊA et al., 2020). Os crescentes conflitos ambientais induzidos pelas atividades de exploração da madeira, agropecuária e mineração, já comprometem os serviços dos principais biomas terrestres (Pantanal, Cerrado e Amazônia). Assim, é necessário também destacarmos as vulnerabilidades e as ameaças sofridas pelos ecossistemas marinhos brasileiros.

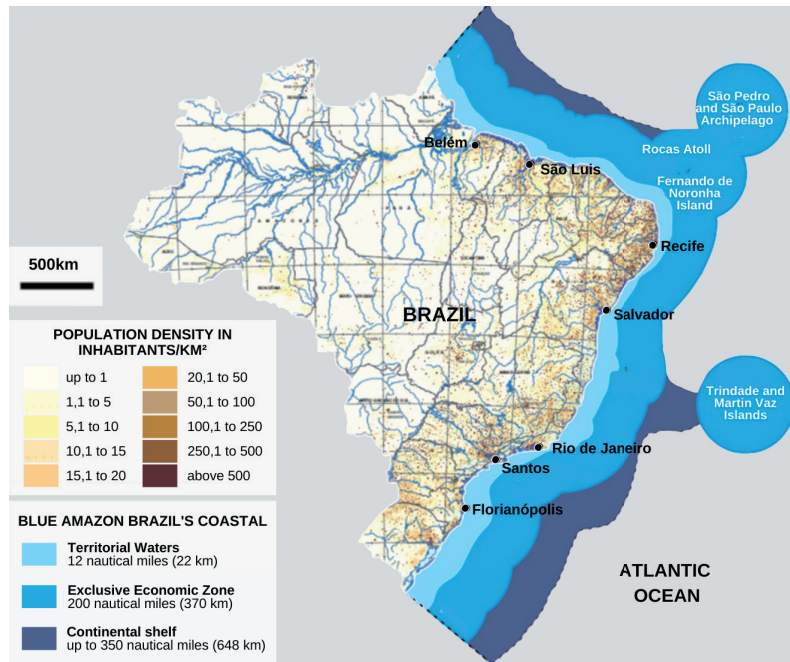


Figura 1 | Mapa da densidade populacional no Brasil, destacando-se as áreas costeiras onde observamos as maiores densidades (marrom escuro ao branco). Em azul claro está representado o mar territorial, em turquesa a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), e em azul marinho a plataforma continental, que compõem a Amazônia azul (Gerhardinger et al. 2018).

Fonte: Censo IBGE 2010.

O declínio de espécies que compõem as florestas submersas tem sido relatado no litoral brasileiro e atribuídos à urbanização (MARTINS et al., 2012) ou a outros estressores ambientais (GORMAN et al., 2020). A costa brasileira, pela extensão e variabilidade de condições ambientais representa um bom modelo para entender os processos de deslocamento de espécies e prever as consequências das mudanças climáticas, especialmente na adaptação de comunidades vulneráveis em regiões de transição, como ao largo do estado de Santa Catarina (KRONIK et al., 2010; ZANETTI et al., 2016; BUSTAMANTE et al., 2019).

Alguns gêneros de macroalgas estruturam florestas submersas em sistemas recifais biogênicos ou rochosos, tropicais e temperados quentes (SPALDING et al., 2007), como o gênero *Sargassum*. Presentes no litoral brasileiro na forma bentônica desde o mesolitoral até grandes profundidades, incluem formas pelágicas, que constituem massas flutuantes (Sissini et al., 2017). Dentre as morfologias dominantes deste gênero, destacam-se as folhosas arborescentes e aquelas que estruturam tapetes filamentosos, conhecidos como *turfs*. Estes produtores primários dominam 80% de nossos recifes submersos com cobertura variando de 60% a quase 100% do substrato disponível (AUED et al., 2018).

As florestas submersas com a dominância de *Sargassum* spp. têm maior complexidade tridimensional e heterogeneidade espacial dos fundos consolidados, desempenhando importante papel ecológico na composição e distribuição de comunidades (JACOBUCCI e LEITE, 2002; GIANNI et al., 2013, MANSILLA e PEREIRA, 1998; SZÉCHY e PAULA, 2000; SZÉCHY et al., 2006; FIGUEIREDO e TÂMEGA, 2007).

Estudos recentes reforçam que estas macroalgas estão perdendo abundância ou mesmo desaparecendo de algumas áreas do oceano (TEAGLE et al., 2017), inclusive no Brasil (GORMAN et al., 2020). O aquecimento e acidificação do oceano podem comprometer seu ciclo de vida, reduzindo sua resistência, principalmente se associados à poluição costeira (ARAÚJO et al., 2015; MARTINS et al., 2018). Populações sujeitas a extremos de temperatura acima do ótimo ecofisiológico, como as populações de *Sargassum* spp. no litoral de Santa Catarina, representariam contingente mais vulnerável face aos desequilíbrios ambientais (ARAÚJO et al., 2011; VIEJO et al., 2011). O estresse fisiológico provocado por temperaturas fora da faixa ideal ocasiona variações em processos enzimáticos, ou danos e morte de células (EGGERT

et al., 2012). Esses danos e a realocação de recursos fisiológicos para proteção e reparo podem afetar o crescimento e o desenvolvimento e levar à mortalidade de indivíduos ou mesmo à extinção local ou regional de uma população (DAVISON e PEARSON, 1996).

Neste estudo trazemos: i) uma síntese e análise baseada na produção bibliográfica revisada por pares dos esforços brasileiros para descrever a importância dos ambientes costeiros, seus serviços ecossistêmicos, e de como estas áreas poderão responder às mudanças climáticas; e ii) modelagem estatística para discutir os impactos do aquecimento e acidificação do oceano na distribuição potencial das florestas de macroalgas dominadas pelo gênero *Sargassum* spp., amplamente distribuídas na costa brasileira. Assim, fornecemos bases para as discussões relacionadas aos impactos de estressores ambientais sobre a adequação de nicho para estes organismos no litoral brasileiro. Considerando que os impactos climáticos interagem com a poluição, desmatamento, uso de agrotóxicos ou sobrepesca, discutiremos também eventuais soluções para o desenvolvimento de ferramentas de gestão que promovam a restauração ou a conservação de ecossistemas equilibrados e saudáveis.

2 Materiais e Métodos

2.1 BIBLIOMETRIA

Foram utilizados os bancos de dados SCOPUS, SCIENCE DIRECT e WEB OF SCIENCE, disponíveis no Portal de Periódicos da CAPES como fonte de informação e base para as buscas bibliográficas. Foram selecionados artigos científicos considerando as palavras chave “Costal zone”, “Climate change”, “Changing oceans”, “Global stressor”, “Sea level”, “Sea level rise”, “Global warming”, “Ocean warming”, “Marine heat waves”, “Heat waves”, “Storms”, “Ocean acidification”, “Mangrove”, “Estuaries”, “Rockshore”, “Seagrass”, “Seaweed”, “Macroalgae”, “Sargassum”, “Sandy Beach”, “Coral Reef”, “Rhodolith” e “Brazil”. Após análise de duplicações e inadequação da referência por falta de adesão ao tema da 4ª. Comunicação Nacional sobre Mudanças Climáticas, os trabalhos foram exportados para o Biblioshiny para análise dos metadados citação global, autores e tema pelo Bibliometrix 4.0 (SHI 2019). O esforço é representado por uma nuvem de palavras, que resume aspectos centrais dos esforços da academia brasileira para estudar as mudanças climáticas na Amazônia Azul.

2.2 MODELAGEM

Considerando a necessidade de entendimento dos impactos de mudanças climáticas nas florestas submersas e a falta de informações relacionadas à distribuição outras espécies, optou-se por avaliar a adequação de nicho para o gênero *Sargassum* spp. por constarem entre os mais abundantes e frequentes do litoral, representando as florestas submersas (GORMAN et al., 2020).

Para a análise da distribuição no presente e em cenários futuros de mudanças climáticas, consideramos as Trajetórias Representativas de Concentração (do inglês RCP “*Representative Concentration Pathway*”), e variáveis ambientais bentônicas relevantes para *Sargassum* spp: mínimo e máximo de temperatura (°C), irradiância ($E.m^{-2}.dia^{-1}$), salinidade, nitrato e fosfato ($\mu mol.m^{-3}$), disponíveis na Base de Dados Bio-ORACLE. Considerando a distribuição vertical conhecida das espécies bentônicas de *Sargassum*, spp. delimitou-se a profundidade máxima de 100 m, usando um conjunto de dados batimétricos. (TYBERGHEIN et al., 2012; ASSIS et al., 2017), com resolução espacial de 30 arcmin ($\sim 9,2$ km no equador). Além das variáveis ambientais nas condições atuais (2000–2017), também foram avaliadas as condições ambientais para o período 2090–2100 nos cenários RCP2.6 e RCP 8.5. RCP 2.6 representa um cenário de alta mitigação em que a temperatura média aumenta em até 2°C acima dos níveis pré-industriais em 2100, e o RCP 8.5, um cenário com aquecimento de até 4,9°C (TIGNOR et al., 2018).

2.3 DADOS DE PRESENÇA/PSEUDO AUSÊNCIAS PARA MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO

Os dados de presença georreferenciados para o gênero *Sargassum* foram compilados do Banco Virtual de Dados *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, 2018), e pela literatura disponível. Esses dados foram tratados segundo Segurado et al. (2006), Cerasoli et al. (2017) e os modelos baseados em *machine-learning algorithm Boosted Regression Trees* (BRT) gerados conforme (ELITH et al., 2008). Todas as análises foram realizadas em R (R Development Core Team, 2016) RStudio v.3.6.6 (Team, R, 2016). Todos os mapas foram editados no QGIS (QGIS Development Team, 2019).

3 Resultados e discussão

3.1 BIBLIOMETRIA

Foram selecionadas 234 referências bibliográficas para a construção do cenário nacional dos estudos sobre mudanças climáticas e seus impactos em nossa zona costeira e marinha. Os trabalhos que tratam do tema surgiram a partir de 1992, e se intensificaram a partir de 2010 (material suplementar 1). Dentre os esforços das últimas décadas, destacam-se trabalhos sobre a biogeoquímica relacionados ao processo de acidificação do oceano e seu impacto sobre a variação do pH e da alcalinidade total, além de trabalhos relacionados à elevação do nível do mar e seus impactos sócio-ambientais e econômicos. As emissões de CO₂ são reconhecidas como tema central e causa direta ou indireta de muitos dos impactos e alterações na biologia de organismos, ou mesmo na ecologia de comunidades, ecossistemas ou na vulnerabilidade de cidades ou regiões (Figura 2).

Os ambientes costeiros foram avaliados com diferentes enfoques, mas utilizaram variáveis relacionadas às mudanças climáticas e suas interações com os estressores locais. Recentemente, a biodiversidade e as interações ecológicas comumente observadas foram revisitados neste contexto, com destaque para as praias arenosas (AMARAL et al. 2016), costões rochosos (COUTINHO et al., 2016), bancos de gramas marinhas (COPERTINO et al., 2016), manguezais e outras formações estuarinas (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2016; BERNARDINO et al., 2016), recifes de corais (LEÃO et al., 2016), e bancos de rodólitos (HORTA et al., 2016).

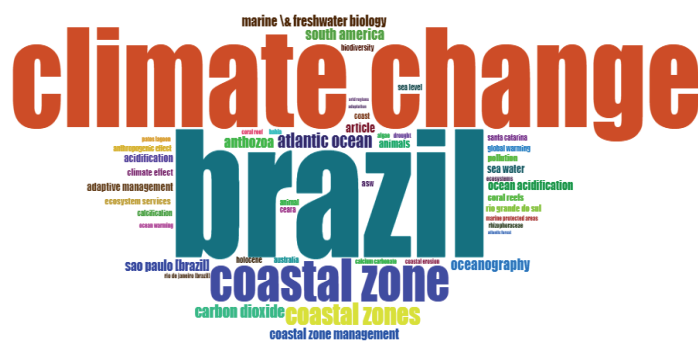


Figura 2 | Nuvem de palavras chaves estruturada a partir da revisão da bibliografia relativa aos aspectos dos impactos das mudanças climáticas e da acidificação do oceano em na Amazônia Azul.

Fonte: produzida a partir do programa Biblioshiny (2020).

Estes esforços da academia brasileira e de seus parceiros reforçam, com evidências diversas, que fatores relacionados às mudanças climáticas (aquecimento e acidificação) ou a estressores locais (poluição e sobrepesca), e suas interações, ameaçam o equilíbrio destes ecossistemas marinhos costeiros, e de seus produtos e serviços. Os estudos relataram alterações fisiológicas da fauna (p.e. BARROS et al., 2017) e flora marinha (p.e. SCHERNER et al., 2012; GOUVÊA et al., 2017), além de destacarem a importância destes ecossistemas para a estabilidade da linha de costa diante das mudanças climáticas (ELLIFF e SILVA, 2017).

Apesar das sínteses sobre mudanças climáticas produzidas pela Rede Clima e Rede Brasileira de Acidificação do Oceano (KERR et al. 2016), ainda são raros os trabalhos que mapearam em escala nacional a presença destes estressores relacionados à mineração (MAGRIS et al., 2018), poluição costeira e pesca (MAGRIS et al., 2019), invasões biológicas (KOERICH et al., 2020) ou mesmo do aquecimento do planeta (MAGRIS et al., 2020). Estes esforços são relevantes para elevar a percepção da severidade do problema e de sua escala nacional.

3.2 MODELAGEM ECOLÓGICA

Os resultados gerados a partir da modelagem espacial e ecológica nos cenários RCP2.6 e RCP8.5 corroboram a perda de nicho e mudanças na ocorrência e abundância de *Sargassum* spp. (GORMAN et al., 2020) (SCHERNER et al., 2013), sugerindo que mesmo espécies com afinidades tropicais podem apresentar perdas em baixas latitudes e se deslocar em direção ao sul até o ano 2100 (Fig. 3). A expansão para o sul não supera ou compensa as perdas na distribuição que poderão ocorrer ao norte. Além disso, apesar das mínimas variações sob cenários de baixas emissões (RCP 2.6), verificou-se mudança da distribuição potencial na região norte do país (Fig.3b). Os modelos de distribuição apresentaram alto desempenho (TSS 0.88, e AUC 0.94) e corresponderam à distribuição conhecida do gênero (Fig. 3). As variáveis ambientais que melhor explicam a distribuição potencial são a luz, salinidade e temperatura (máximos e mínimos), com relativa influência maior que 15% (Fig. 4).

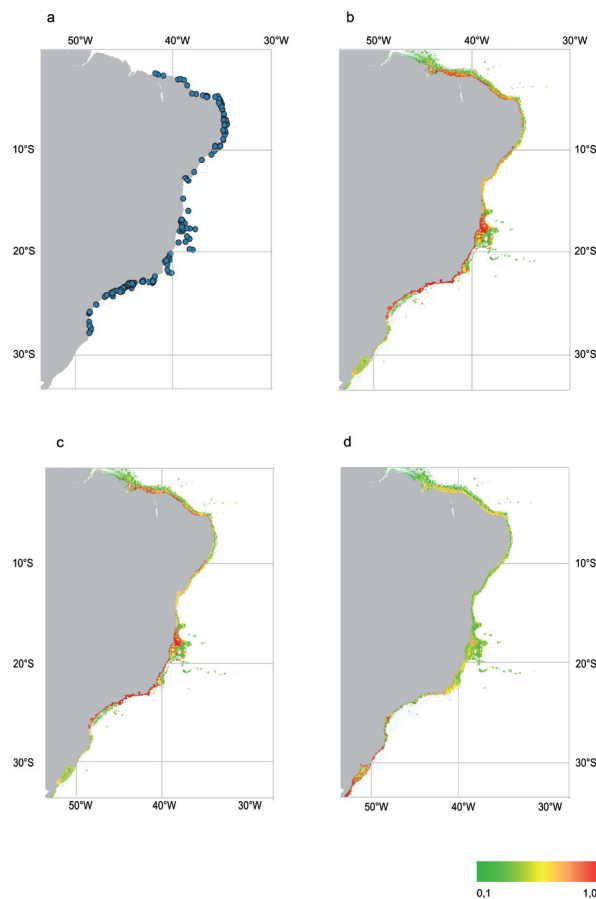


Figura 3 | Projeções da distribuição potencial das florestas submersas, inferida a partir do gênero *Sargassum*, de acordo com as ocorrências (círculos azuis) na costa Brasileira (a) considerando o cenário atual e de modelos preditivos gerados a partir dos cenários (b), RCP 2.6 de emissões moderadas (c) e o cenário mais pessimista RCP 8.5 (d) para 2100. A escala de verde para vermelho representa a adequabilidade de nicho (baixa (0,1) para alta (1,0), respectivamente).

Fonte: Elaborado pelos autores.

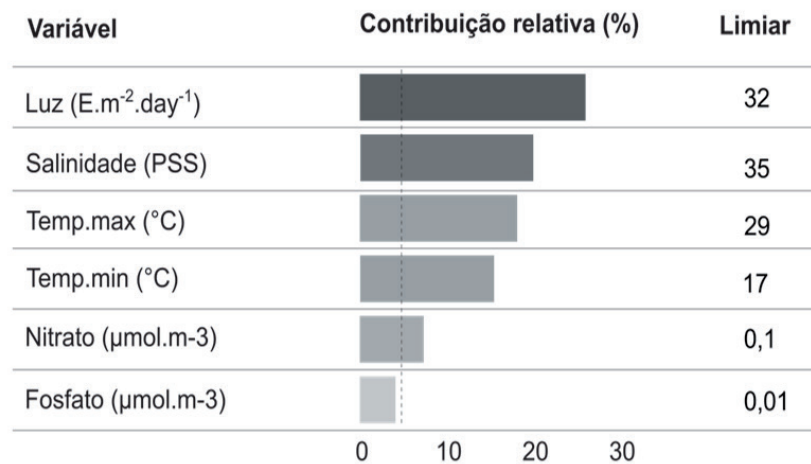


Figura 4 | Contribuição relativa (%) e limiar de variáveis ambientais utilizadas para modelar a distribuição potencial de *Sargassum bentônico*. As linhas pontilhadas representam contribuições de 5%.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tropicalização observada de maiores latitudes, que elevaria a adequação de nichos ao longo do litoral temperado quente, não é acompanhada pela disponibilidade de substrato consolidado abundante para abrigar populações quantitativamente representativas. Estudos baseados em limites de temperatura, salinidade e irradiância para espécies de *Sargassum* correspondem aos limiares inferidos por nossos modelos com faixas de tolerância de 18°C–30 ° C, salinidade >20 e irradiância de 9,2–184 E · m⁻² · dia⁻¹ (HANISAK e SAMUEL, 1987, SCHERNER, et al. 2012, LI et al. 2019).

A ausência de costões rochosos ao longo do litoral do Rio Grande do Sul deve ser levada em consideração na discussão da disponibilidade de refúgios (ADDIS et al., 2016, AINSWORTH et al., 2020) para abrigar fauna e flora que vêm perdendo nicho nos ambientes tropicais em virtude das mudanças climáticas e outros estressores. Perdas de biomassa destas algas na ordem de 52% vêm sendo observadas desde os anos 1980 no litoral sudeste do Brasil, e representam a perda de saúde destes ecossistemas, reforçando a necessidade da implementação urgente de sistemas de gestão para a redução dos impactos dos estressores locais (GORMAN et al., 2020).

A perda de florestas marinhas induzida por eventos de aquecimento extremo aumentou em frequência e área em diferentes regiões, como no Oceano Indo-Pacífico (BENTHUYSEN et al., 2018), no Mar Mediterrâneo (DARMARAKI et al., 2019) e no Oceano Atlântico norte e sul (GOUVÊA et al., 2017; OLIVER et al., 2018). Além disso, um estudo recente mostrou que duas espécies formadoras de florestas marinhas (*Sargassum fallax* e *Scytothalia dorycarpa*) perderam 30% a 65% de sua diversidade genética média devido ao declínio populacional enquanto exposto a um evento de onda de calor (GURGEL et al., 2020). À medida que as tendências de aquecimento projetadas continuam ao longo do século 21 (HIRAISHI et al., 2014), mudanças adicionais de distribuição em grande escala das comunidades de algas são esperadas (JUETERBOCK et al., 2013). Variações de temperatura, como as induzidas por ondas de calor marinhas, determinam o desempenho ecofisiológico de organismos marinhos (EGGERT, 2012), causando mudanças na estrutura e função das comunidades (LAURIE, 1990).

Nas últimas décadas a taxa de movimentação das espécies aumentou muito em resposta às mudanças ambientais antropogênicas, deslocando para latitudes maiores espécies tropicais (CHEN et al., 2011). As consequências da tropicalização na composição e estrutura dos ecossistemas costeiros dependem de cenários complexos que precisam ser clareados a partir de estudos de longa duração e com simulações de variabilidade ambiental com o máximo de realismo. Espécies tropicais de algas, gramas marinhas ou mesmo de corais, podem passar a serem dominantes nos ambientes temperados quentes. Estas alterações na disponibilidade e nos fluxos de energia deverá ser considerada nas estratégias de

conservação e gestão para minimizar os riscos, incluindo a discussão dos aspectos socioambientais e éticos inerentes ao ecossistema (VÉRGES et al., 2019).

Ao mapearmos a distribuição dos ecossistemas chaves para a resiliência do litoral eles apresentam-se como insubstituíveis pelo seu papel de regulação biogeoquímica (COPERTINO et al., 2017), climática (BERGSTROM et al., 2019) e dos estoques pesqueiros (WEATHERDON et al., 2016), e sob ameaça de múltiplos estressores na ZEE brasileira (MAGRIS et al., 2020) (Figura 4).

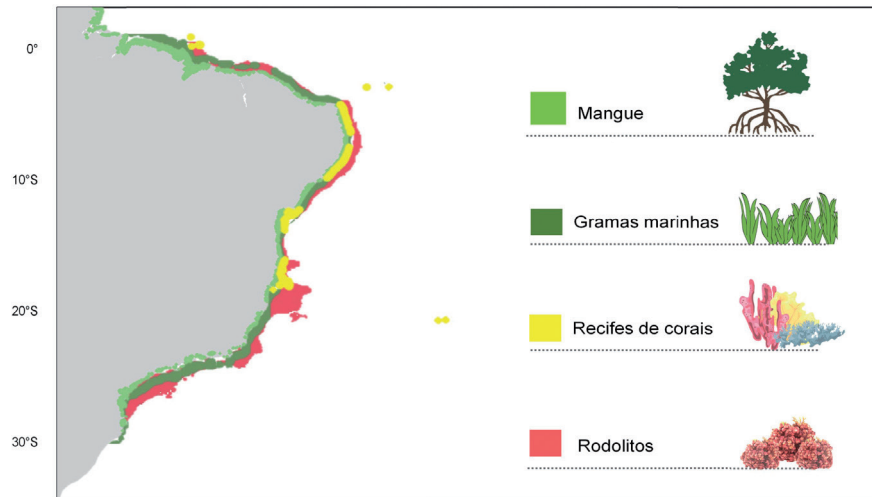


Figura 5 | Distribuição de ecossistemas marinho/costeiros ao longo da ZEE brasileira cuja a fisionomia é determinada por espécies engenheiras fundadoras (Mangues (verde claro), gramas marinhas (verde escuro), recifes de corais (amarelo) e rodólitos (rosa);

Fontes: <http://gratispng.com>; <http://data.unep-wcmc.org>; Giri et al. (2011), Carvalho et al. (2020) e Horta et al. (2016).

Os manguezais, marismas e bancos de gramas marinhas são reconhecidos como depósitos de “carbono azul”, onde o CO_2 é retido na forma de material orgânico nos sedimentos e na biomassa sobre o substrato. Assim como as macroalgas, durante a fotossíntese, estas plantas absorvem grande quantidade de CO_2 dissolvido na água, elevando o pH da água adjacente à planta. Este papel de sumidouro de carbono contribui para mitigar os danos provocados pela acidificação da água do mar aos ecossistemas recifais e às espécies calcificadoras. A absorção diária de CO_2 exercida por estes produtores primários pode representar uma solução e adaptação local para atividades como a aquicultura de moluscos, ou conservação *in situ* de organismos calcificadores, uma vez que estes produtores primários podem mitigar o efeito da acidificação (BERGSTROM et al., 2019).

Apesar da capacidade adaptativa de muitas espécies verifica-se que os impactos das mudanças climáticas no oceano, como o aquecimento, a elevação do nível do mar e a acidificação levam à perda de recifes biogênicos, mangues, bancos de algas e gramas marinhas (OPPENHEIMER et al., 2014; CRAMER et al., 2015; MAGALHÃES et al., 2020). Da mesma forma, a ausência de intervenções e alterações de comportamento alimentam um ciclo vicioso que compromete a capacidade do oceano de contribuir para a regulação climática (HORTA et al., 2018), assim como as interações e interdependências dos ecossistemas continentais (LEYBA et al., 2019; MARENCO et al., 2019).

É importante destacar que a variabilidade pluviométrica altera quali-quantitativamente o escoamento continental, afetando a região costeira. A redução da salinidade costeira, associada à elevação da pluviosidade, que pode estar associada ao desaparecimento de florestas submersas de *Sargassum* (SCHERNER et al., 2012), assim como as explosões populacionais de suas populações flutuantes (GOUVÊA et al., 2020) podem estar relacionadas à fertilização das principais bacias hidrográficas de nosso continente com nutrientes derivados dos fertilizantes agrícolas, da erosão do solo e da atividade pecuária (BUSTAMANTE et al., 2015).

Além das alterações climáticas, diversas fontes de poluição, sobrepesca, entre outros aspectos relacionados ao ordenamento territorial, dinâmica sócio-econômica e de governança no país, têm levado à perda de serviços e à vulnerabilidade do oceano e zonas costeiras, aumentando a erosão, e comprometendo a qualidade de vida e renda das populações tradicionais que habitam essas áreas (REYER et al., 2017; HORTA et al., 2012; COPERTINO et al., 2017; GERHARDINGER et al., 2018).

Existe uma intersecção dos impactos das mudanças climáticas mais pronunciados em áreas socialmente vulneráveis nas zonas costeiras no país. A pobreza e a desigualdade socioeconômica compreendem tanto a população urbana, quanto também os povos tradicionais, que dependem integralmente das zonas costeiras e do oceano para seu modo de vida e economia (SARAIVA et al., 2018). Dados socioambientais mostram que 82% dos municípios costeiros brasileiros têm menos da metade de seus domicílios conectados à rede de esgoto, implicando no despejo irregular destes dejetos nos cursos que deságuam no mar. A renda média da população costeira não ultrapassa os 6 salários-mínimos e 27% destes municípios tem renda média de menos de um salário mínimo (IBGE, 2010).

Nessa perspectiva, a produção pesqueira e outros recursos aquáticos poderão ser comprometidos pela sobre-exploração e manejo inadequado, além das ameaças das mudanças climáticas. Os impactos climáticos nos recursos pesqueiros se dão pelo aumento das temperaturas do ar, do oceano e da elevação do nível do mar. Combinado à acidificação, o aquecimento e os estressores locais levam à perda dos recifes de corais, o que por sua vez leva à perda de produtividade costeira e escassez de recursos naturais diversos (CYBULSKI et al., 2020). Estima-se que 1% da perda de cobertura de global corais levaria a 3,8% de perda econômica associada ao valor recreativo e comercial da cobertura do recife equivalente à US \$ 3,95 a US \$ 23,78 bilhões anuais (CHEN et al., 2015).

Apesar das perdas econômicas serem altas e no entanto pouco estimadas para o Brasil (MARTINS e GASALLA, 2018), os impactos climáticos têm levado a perdas culturais como a alteração e comprometimento do modo de vida, perdas de vidas relacionadas a catástrofes e eventos extremos, bem como migrações forçadas do local de origem associadas à erosão costeira. Esses aspectos não são quantificáveis na métrica de valoração econômica, mas produzem danos substanciais (HOEGH-GULDBERG et al., 2014; PRADO et al., 2015b). Esses prejuízos não-econômicos na população comprometem as próximas gerações e a habilidade para construir um futuro digno, seguro e sustentável (ROY et al., 2018).

Evidências mostram que limitar o aquecimento global a 1,5°C em relação à média do período pré-industrial é essencial para a sobrevivência dos sistemas recifais, uma vez que a partir de 2°C de aquecimento médio global, somado à acidificação, estes sofrerão perdas severas de biodiversidade (ROY et al., 2018). Isto aumenta urgência de ações de mitigação, restauração e adaptação socioeconômica (BERGSTROM et al., 2019). A perda da capacidade de calcificação destes organismos, observada em cenários combinados de aquecimento e poluição costeira deve elevar as perdas dos serviços ecossistêmicos. Se por um lado o aquecimento pode comprometer em até 50% a calcificação, a poluição pode reduzir de 90 a 100% a produção primária destes organismos construtores (SCHUBERT et al., 2019).

Considerando os recifes biogênicos e bancos de rodolitos da Foz do Amazonas até o litoral catarinense (CARVALHO et al., 2020), a exposição destes organismos a condições extremas de temperatura e de menores valores de pH pode levar a perda de 80% da estrutura carbonática, comprometendo todo o ecossistema (MUÑOZ et al., 2018). Os bancos de rodolitos são pouco conhecidos, mas pela sua importância ecológica e evolutiva, deveriam ganhar maior destaque em políticas públicas de conservação e manejo. Estes organismos ocupam cerca de 230 mil km² da ZEE, correspondendo a um depósito de carbonatos da ordem de 2.10¹¹ ton C, sendo, portanto, um estoque de carbono a longo prazo (CARVALHO et al., 2020).

4 INICIATIVAS CIENTÍFICAS DE IMPORTÂNCIA EM POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O OCEANO E ZONAS COSTEIRAS

Algumas iniciativas científicas no Brasil têm tido papel de destaque em evidenciar impactos e vulnerabilidades das zonas costeiras e oceano face às mudanças climáticas e outros estressores. Nesse sentido, ressalta-se a Rede Clima com as sub Redes Oceanos e Zonas Costeiras, a Rede BrOA (Rede Brasileira de Pesquisa em Acidificação do Oceano), Rede Sisbiota, INCTs marinho-costeiros e o programa PELD. Todos estes esforços que vinham se consolidando e contribuíram para o entendimento que temos hoje sobre dos impactos das mudanças climáticas e da acidificação do oceano sobre diferentes ecossistemas e grupos de organismos. Este processo de amadurecimento acadêmico observado no Brasil foi resultado direto investimento em infraestrutura e disponibilidade de bolsas, especialmente para a pós graduação que se fizeram expressivos especialmente até 2015 (ROSSI et al., 2019, MACÁRIO e REIS, 2020).

Neste cenário, a Rede Clima destacou-se pela abrangência nacional, envolvendo dezenas de grupos de pesquisa em universidades e institutos, distribuídos em sub-redes por todas as regiões do país e atuando nos estudos de impactos, adaptação e vulnerabilidades para agricultura e silvicultura, recursos hídricos, biodiversidade e ecossistemas, zonas costeiras, cidades, economia, energias renováveis e saúde. A sub-rede Zonas Costeiras, e seu braço no monitoramento costeiro (REBENTOS), caracteriza-se por uma rede de pesquisa interdisciplinar, interinstitucional, com representatividade regional e que abrange as áreas de geomorfologia costeira, oceanografia física, biogeoquímica, oceanografia biológica, ecologia marinha e socioeconômica.

A Rede BrOA atua nos tópicos relativos à acidificação do oceano, desde estudos de observação que incluem as zonas costeiras, passando por ensaios com organismos e modelagem numérica. No momento, a Rede BrOA funciona de maneira auto-organizada, não tem financiamento, e consta como grupo de pesquisa registrado no CNPq, com cerca de 40 pesquisadores distribuídos pelas regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Norte do país. Desde a sua fundação, atua através de relatórios e artigos científicos para promover o conhecimento sobre o tema acidificação, sendo reconhecida como parceira pela Coordenação Geral de Geociências, Oceano e Antártica do MCTI.

Estas redes articulam e adicionam esforços aos já consolidados e em fase de consolidação projetos relacionados aos programas ecológicos de longa duração (PELD), que promovem o monitoramento de diferentes aspectos e ecossistemas de nosso litoral. Considerando a extensão da Amazônia Azul, é fundamental considerarmos a necessidade de consolidação, ampliação e a interação destes projetos, grupos e redes para que seus resultados sejam mais robustos e nacionalmente disseminados (Figura 5).

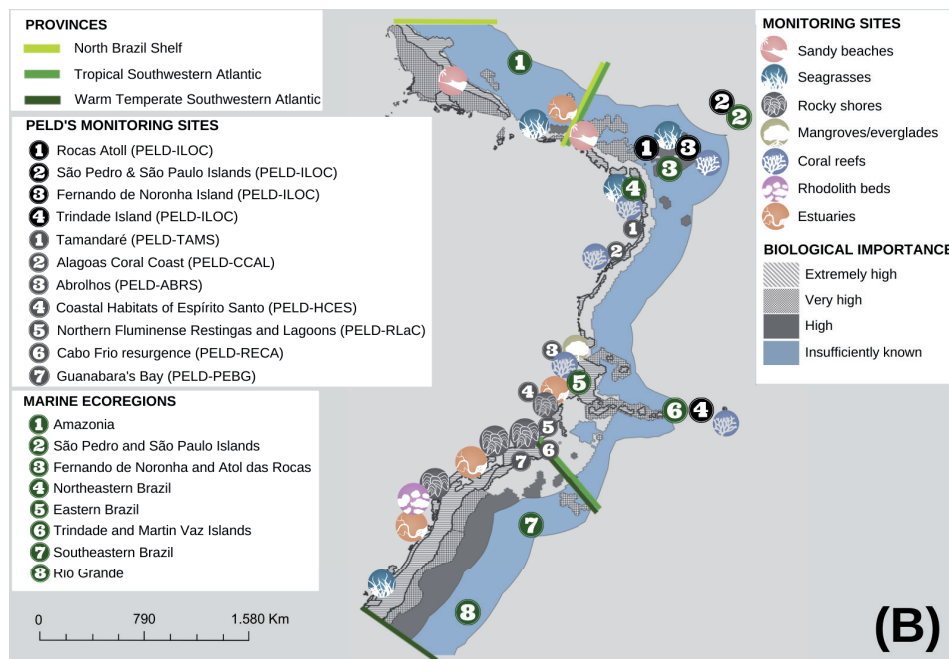
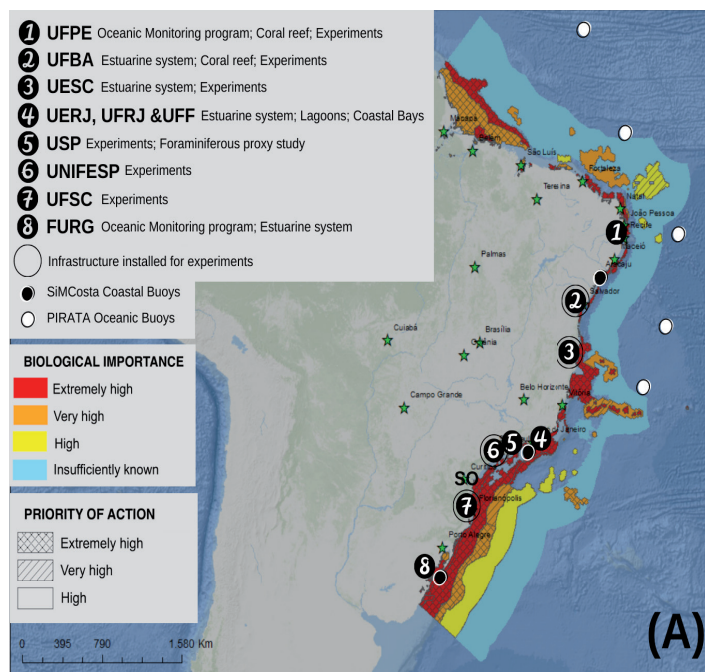


Figura 6 | Redes científicas de monitoramento da biodiversidade marinha Brasileira. (A) Os círculos numerados indicam os grupos regionais da rede, organizados por instituição, e o arranjo especial de suas áreas de atuação: experimentos, estuários, observações costeiras ou oceânicas e monitoramento (boias e/ou cruzeiros oceanográficos). Os círculos escuros indicam a rede de boias SiMCosta, e os círculos brancos a rede de boias PIRATA (*Prediction and Research Moored Array in the Atlantic*). Destacado em cores mais quentes áreas de maior importância biológica e nos diferentes padrões de preenchimento destacam-se os diferentes graus de prioridade de ação; (B) Províncias biogeográficas e ecorregiões marinhas com destaque para a importância biológica e ecossistemas monitorados pela REBENTOS e sítios PELD marinho costeiros.

Fontes: Spalding et al. 2007, Kerr et al. 2016, www.cnpq.br.

Este conjunto de instituições e a infraestrutura instalada representam forte aliado nacional para a construção de adaptação e mitigação de impactos para ambientes marinhos costeiros no país. É importante investir na manutenção e ampliação destas redes para um desenvolvimento e gestão sustentável dos biomas marinho-costeiros no país. Os saberes e infraestruturas acadêmicas devem

se articular à sociedade organizada, utilizando saberes tradicionais, para em conjunto definirem de prioridades de ação o enfrentamento dos problemas vivenciados e previstos para o futuro do litoral brasileiro (GRILLI et al., 2019).

O processo de gestão territorial da zona costeira brasileira deve ser pensado de forma integrada por conta da grande interdependência entre o sistema costeiro/oceânico e o escoamento continental (GRILLI et al., 2019). Um sistema integrado de gestão deve evitar ou mitigar as consequências negativas de acidentes como os dos municípios de Mariana, no estado de Minas Gerais, que produziu perdas inestimáveis do ponto de vista humano e ambiental a partir de sua ocorrência em novembro de 2015 até os dias de hoje (CARMO et al., 2017) e para diferentes ambientes costeiros (COSTA et al., 2019). Este acidente afetou diferentes ambientes e unidades de conservação, atingindo mais de 1 milhão de brasileiros, e impactando ecossistemas costeiros 200 km ao sul (MARTA-ALMEIDA et al., 2016) e até mesmo o importante sistema recifal dos Abrolhos, situado ao norte e ao largo da foz do Rio Doce (MAGRIS et al., 2018; FERNANDES et al., 2016).

Considerando que estamos no início da Década do Oceano da ONU, precisaremos contribuir de maneira eficaz para o saneamento costeiro e mitigação de problemas relacionados às mudanças climáticas e poluição na Amazônia Azul. Deveremos priorizar o manejo de populações aquáticas que apresentam elevada capacidade de remediação da qualidade de água e potencial de geração de bens e serviços como o armazenamento de CO₂ atmosférico, como macrófitas e macroalgas, ambientes recifais, marismas, bancos de gramas marinhas e rodólitos.

Respeitando as particularidades impostas por aspectos biogeografia e da extensão latitudinal do litoral, podemos encontrar soluções baseadas em evidências científicas para promover o desenvolvimento social aliado ao equilíbrio ecológico.

5 CONCLUSÃO

Os esforços nacionais das últimas décadas produziram evidências robustas dos impactos das mudanças climáticas nas zonas costeiras e os riscos que estas representam para a segurança das comunidades e ecossistemas marinho costeiros. Entre os estressores globais destacam o aquecimento e a acidificação do oceano, entre os estressores locais a poluição e a sobrepesca. Considerando Estes estressores impactam e comprometem os produtos e serviços ecossistêmicos de manguezais, marismas, recifes, bancos de gramas marinhas, de macroalgas e de rodólitos.

O mapeamento ZEE, de sua biodiversidade e funcionamento, deve orientar ações gestão integrada, valorizando-se nas discussões particularidades, vulnerabilidades, resiliências, refúgios climáticos, ambientes de alta diversidade e importância socioambiental, considerando o avanço das ameaças locais e globais. Ações concatenadas e a busca por soluções baseadas em evidências científicas deverá promover o equilíbrio de nossos ambientes marinho costeiros, acompanhado da saúde única do nosso oceano e bem estar de nossa sociedade.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi apoiado por bolsas da Fundação Boticário, FAPESC-Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina, Capes-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Petrobras Ambiental, REBENTOS - Rede de monitoramento de habitats Bentônicos Costeiros e ProspecMar - Prospecção Sustentável em Ilhas Oceânicas: Biodiversidade, Química, Ecologia e Biotecnologia, Rede Coral Vivo, REDEALGAS. A Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) de Portugal via FRH/BSAB/ 150485/2019, a norma transitória DL57/2016/CP1361/CT0035, projeto UIDB/04326/2020 e PTDC/BIA-CBI/6515/2020.

PAH agradece a CAPES- Visitante Sênior, CAPES-Print 310793 / 2018-01, CNPq-PVE 407365 / 2013-3, CNPq-Universal 426215 / 2016-8 e CNPq-PQ- 308537 / 2019-0. LCC agradece a bolsa Prociência/UERJ/ FAPERJ para o período de 2018-2021.

Referências

ADDIS, D. T.; PATTERSON III, W. F.; DANCE, M. A. **The potential for unreported artificial reefs to serve as refuges from fishing mortality for reef fishes.** North American Journal of Fisheries Management, v. 36, n. 1, p. 131-139, 2016.

AINSWORTH, T. D.; HURD, C. L.; GATES, R. D.; BOYD, P. W. **How do we overcome abrupt degradation of marine ecosystems and meet the challenge of heat waves and climate extremes?** Global Change Biology, v. 26, n. 2, p. 343-354, 2020.

Amaral, A. C. Z.; Corte, G. N.; Denadai, M. R.; Colling, L. A.; Borzone, C.; Veloso, V.; ... & Rosa, L. C. D. **Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities.** Brazilian Journal of Oceanography, v. 64(SPE2), p. 5-16, 2016.

ARAÚJO, R.; SERRÃO, E. A.; SOUSA-PINTO, I.; ABERG, P. **Phenotypic differentiation at southern limit borders: the case study of two furoid macroalgal species with different life-history traits.** Journal of Phycology, v. 47, n. 3, p. 451-462, abr. 2011. doi:10.1111/j.1529-8817.2011.00986.x.

ARAÚJO, R.; SERRÃO, E. A.; SOUSA-PINTO, I.; ARENAS, F.; MONTEIRO, C.A.; TOTH, G., ÅBERG, P. **Trade offs between life-history traits at range-edge and central locations.** Journal of Phycology, v. 51, n. 4, p. 808-818, jun. 2015. doi:10.1111/jpy.12321.

ARAÚJO, M. E.; DE MATTOS, F. M. G.; DE MELO, F. P. L.; CHAVES, L. D. C. T.; FEITOSA, C. V.; LIPPI, D. L.; HACKRADT, F. C. F.; HACKRADT, C. W.; NUNES, J. L. S.; LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.; JUNIOR, A. V. F.; PEREIRA, P. H. C.; MACEDO, C. H. R.; SAMPAIO, C. L. S.; FEITOSA, J. L. L. **Diversity patterns of reef fish along the Brazilian tropical coast.** Marine Environmental Research, v. 160, p. 105038, set. 2020.

ASSIS, J.; TYBERGHEIN, L.; BOSCH, S.; VERBRUGGEN, H.; SERRÃO, E. A.; DE CLERCK, O. Bio- ORACLE v20: **Extending marine data layers for bioclimatic modelling.** Global Ecology and Biogeography, v. 27, n. 3, p. 277-284, dez. 2017. doi:10.1111/geb.12693.

AUED, A.W.; SMITH, F.; QUIMBAYO, J. P.; CANDIDO, D. V.; LONGO, G. O.; FERREIRA, C. E. L.; WITMAN, J. D.; FLOETER, S. R.; SEGAL, B. **Large-scale patterns of benthic marine communities in the Brazilian Province.** PloS one, v. 13, n. 6, p. e0198452, 2018.

BENTHUYSEN, J. A.; OLIVER, E. C. J.; FENG, M.; AND MARSHALL, A. G. **Extreme marine warming across tropical Australia during austral summer 2015-2016.** J. Geophys. Res. Oceans. 123, 1301-1326. 2018. doi: 10.1002/2017JC013326

BERGSTROM, E.; SILVA, J.; MARTINS C.; HORTA, P. **Seagrass can mitigate negative ocean acidification effects on calcifying algae.** Scientific Reports, v. 9, n.1932, fev. 2019. doi: 10.1038/s41598-018-35670-3.

BERNARDINO, A. F.; PAGLIOSA, P. R.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; BARROS, F.; NETTO, S. A.; MUNIZ, P.; LANA, P. D. C. **Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts.** Brazilian Journal of Oceanography, v. 64(SPE2), p. 81-96, 2016.

BARROS, L. F.; MARQUES, J. A.; DUARTE, G. A. S.; PEREIRA, C. M.; CALDERON, E. N.; CASTRO, C. B.; BIANCHINI, A. **Copper effects on biomarkers associated with photosynthesis, oxidative status and calcification in the Brazilian coral *Mussismilia harttii* (Scleractinia, Mussidae).** Marine Environmental Research, v. 130, p. 248-257, 2017.

BUSTAMANTE, M. M., MARTINELLI, L. A., PÉREZ, T., RASSE, R., OMETTO, J. P. H., PACHECO, F. S. & MARQUINA, S. **Nitrogen management challenges in major watersheds of South America.** Environmental Research Letters, 10(6), 065007, 2015.

BUSTAMANTE, M. M. et al. Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. In: SCARIOT A. et al. (eds). **Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. 2018.

BUSTAMANTE, M. M. et al. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 24, n. 7, p. 1249-1270, 2019.

CARMO, F. F., KAMINO, L. H. Y., JUNIOR, R. T., DE CAMPOS, I. C., DO CARMO, F. F., SILVINO, G., PINTO, C. E. F. **Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context**. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 2017.

CARVALHO, V. F.; ASSIS, J.; SERRÃO, E. A.; NUNES, J. M.; BATISTA, A. A.; BATISTA, M. B.; BARUFI, J. B.; SILVA, J.; PEREIRA, S. M. B.; HORTA, P. A. **Environmental drivers of rhodolith beds and epiphytes community along the South Western Atlantic coast**. *Marine Environmental Research*, v. 154, p. 104827, fev. 2020.

CERASOLI, F.; IANNELLA, M.; D'ALESSANDRO, P.; BIONDI, M. **Comparing pseudo-absences generation techniques in boosted regression trees models for conservation purposes: a case study on amphibians in a protected area**. *PLoS One*, v. 12, n. 11, nov. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187589>

CHEN, I.-C.; HILL, J.; OHLEMULLER, R.; ROY, D.B.; THOMAS, C. **Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming**. *Science*, v. 333, n. 6045, p. 1024-1026, 2011..

CHEN, P. Y.; CHEN, C. C.; CHU, L.; MCCARL, B. **Evaluating the economic damage of climate change on global coral reefs**. *Global Environmental Change*, v. 30, p.12–20, jan. 2015. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.10.011.

COPERTINO, M. S.; CREED, J. C.; LANARI, M. O.; MAGALHÃES, K.; BARROS, K.; LANA, P. C.; HORTA, P. A. **Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v.64(SPE2), p.53-80, 2016.

COPERTINO, M. S. et al. Zonas Costeiras. In: NOBRE, C.; MARENGO, J. (eds) **Mudanças Climáticas em Rede: Um Olhar Interdisciplinar**. Contribuições do Instituto de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas. São José dos Campos: INCT, 2017. p. 608.

COSTA, G. B.; RAMLOV, F.; DE RAMOS, B.; KOERICH, G.; GOUVEA, L.; COSTA, P. G.; BIANCHINI, A.; MARASCHIN, M.; HORTA, P. A. **Physiological damages of Sargassum cymosum and Hypnea pseudomusciformis exposed to trace metals from mining tailing**. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, n. 36, p. 36486-36498, nov. 2019.

COUTINHO, R.; YAGINUMA, L. E.; SIVIERO, F.; DOS SANTOS, J. C. Q.; LÓPEZ, M. S.; CHRISTOFOLETTI, R. A.; MASI, B. **Studies on benthic communities of rocky shores on the Brazilian coast and climate change monitoring: status of knowledge and challenges**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64(SPE2), p. 27-36, 2016. CRAMER, W.; YOHE, G. W.; AUFFHAMMER, M.; HUGGEL, C.; MOLAU, U.; DA SILVA DIAS, M. A. A. F.; SOLOW, A.; STONE, D. A.; TIBIG, L.; LEEMANS, R.; SEGUIN, B.; SMITH, N.; HANSEN, G. Detection and attribution of observed impacts. In: *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*. 2015

CYBULSKI, J. D. et al. **Coral reef diversity losses in China's Greater Bay Area were driven by regional stressors**. *Science Advances*, v. 6, n. 40, p. eabb1046, 2020.

DARMARAKI, S.; SOMOT, S.; SEVAULT, F.; NABAT, P. **Past variability of Mediterranean Sea marine heatwaves**. *Geophys. Res. Lett.* v. 46, p. 9813–9823, 2019. doi: 10.1029/2019GL082933

DAVISON, I. R.; PEARSON, G. A. **Stress tolerance in intertidal seaweeds**. *Journal of Phycology*, n. 32, p.197–211, abr. 1996. doi:10.1111/j0022-3646199600197x.

DAYTON, P. K.; TEGNER, M. J.; EDWARDS, P. B.; RISER, K. L. **Sliding baselines, ghosts, and reduced expectations in kelp forest communities**. *Ecological Applications*, v. 8, n. 2, p.309-322, mai.1998. doi:10.2307/2641070.

DUARTE, L.; VIEJO, R. M. **Environmental and phenotypic heterogeneity of populations at the trailing range-edge of the habitat-forming macroalga *Fucus serratus***. *Marine Environmental Research*, v.136, p.16-26, mai. 2018. doi:10.1016/j.marenvres.2018.02.004

EGGERT, A. Seaweed responses to temperature. In: WIENCKE, C.; BISCHOF, K. (Eds), **Seaweed Biology**. Springer Publishing, p. 47-66, 2012.

ELITH, J.; LEATHWICK, J. R.; HASTIE, T. **A working guide to boosted regression trees**. *Journal of Animal Ecology*, v. 77, p.802–813, abr. 2008. doi:10.1111/j.1365-2656.2008.01390x.

ELFES, Cristiane T. et al. **A regional-scale ocean health index for Brazil**. *PLoS One*, v. 9, n. 4, p. e92589, 2014.

ELLIFF, C. I.; SILVA, I. R. **Coral reefs as the first line of defense: Shoreline protection in face of climate change**. *Marine Environmental Research*, v. 127, p. 148–154, 2017.

FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza & Conservação**, v.14, n. 2, p. 35-45, nov. 2016.

FIGUEIREDO, M. A. O.; TÂMEGA, F. T. S. Macroalgas marinhas Biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p 155-180. 2007

GALLON, R. K.; ROBUCHON, M.; LEROY, B.; LE GALL, L.; VALERO, M.; FEUNTEUN, E. **Twenty years of observed and predicted changes in subtidal red seaweed assemblages along a biogeographical transition zone: inferring potential causes from environmental data**. *Journal of Biogeography*, v. 41, n.12, p.2293-2306, ago. 2014. <https://doi.org/10.1111/jbi.12380>

GBIF.org (26th September 2018). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.1kuf1x>

GERHARDINGER, L. C.; GORRIS, P.; GONÇALVES, L. R.; HERBST, D. F.; VILA-NOVA, D. A.; DE CARVALHO, F. G.; GLASER, M.; ZONDERVAN, R.; GLAVOVIC, B. C. Healing Brazil's Blue Amazon: The Role of Knowledge Networks in Nurturing Cross-Scale Transformations at the Frontlines of Ocean Sustainability. **Frontiers of Marine Science**, v.4, jan. 2018. doi: 10.3389/fmars.2017.00395

GIANNI, F.; BARTOLINI, F.; AIROLDI, L.; BALLESTEROS, E.; FRANCOUR, P.; GUIDETTI, P.; MANGIALAJO, L. Conservation and restoration of marine forests in the Mediterranean Sea and the potential role of Marine Protected Areas. **Advances in Oceanography and Limnology**, v.4, n.2, p.83-101, dez. 2013. doi:10.4081/aiol.2013.5338.

GIRIR, C.; OCHIENG, E.; TIESZEN, L. L.; ZHU, Z.; SINGH, A.; LOVELAND, T.; MASEK, J.; DUKE, N. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data (version 1.3, updated by UNEP-WCMC). **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, p.154-159, 2011. doi:10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x. <http://data.unep-wcmc.org/datasets/4>.

GORMAN, D.; HORTA, P.; FLORES, A. A.; TURRA, A.; BERCHEZ, F.A. D. S.; BATISTA, M. B. VILLAÇA, R. C. **Decadal losses of canopy-forming algae along the warm temperate coastline of Brazil**. *Global Change Biology*, v. 26, n.3, p.1446-1457, mar. 2020. doi:10.1111/gcb.14956.

GOUVÊA, L. P.; SCHUBERT, N. MARTINS, C. D. L.; SISSINI, M.; RAMLOV, F.; RODRIGUES, E. R. D. O.; VARELA, D. A. **Interactive effects of marine heatwaves and eutrophication on the ecophysiology of a widespread and ecologically important macroalga**. *Limnology and Oceanography*, v. 62, n. 5, p.2056-2075, set. 2017. doi: 10.1002/lno.10551.

GOUVÊA, L. P.; ASSIS, J.; GURGEL, C. F.; SERRÃO, E. A.; SILVEIRA, T. C.; SANTOS, R.; DUARTE, C. M.; PERES, L. M. C.; CARVALHO, V. F.; BATISTA, M.; BASTOS, E.; SISSINI, M. N.; HORTA, P. A. **Golden carbon of Sargassum forests revealed as an opportunity for climate change mitigation**. *Science of The Total Environment*, 138745. v. 719, ago. 2020

GRILLI, N. DE M.; XAVIER, L.Y.; JACOBI, P.R.; TURRA, A. **Integrated science for coastal management: Discussion on a local empirical basis**. *Ocean Coast Manag*, v. 167, p.219–228, 2019. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2018.10.009.

Gurgel, C. F. D., Camacho, O., Minne, A. J., Wernberg, T., & Coleman, M. A. **Marine heatwave drives cryptic loss of genetic diversity in underwater forests**. *Current Biology*. v.30, p.1199-1206, 2020. doi.org/10.1016/j.cub.2020.01.051

HALPERN, B. S. et al. **Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean**. *Nature communications*, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2015.

- HALPERN, B. S. **Building on a Decade of the Ocean Health Index**. *One Earth*, v. 2, n. 1, p. 30-33, 2020.
- HANISAK, M.D.; SAMUEL, M.A. **Growth rates in culture of several species of Sargassum from Florida, USA**. *Hydrobiologia*, v. 151–152, p. 399–404, 1987. doi:10.1007/BF00046159.
- HATJE, V.; PEDREIRA, R. M.; DE REZENDE, C. E.; SCHETTINI, C. A. F.; DE SOUZA, G. C.; MARIN, D. C.; HACKSPACHER, P. C. **The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide**. *Scientific reports*, v. 7, n. 1, p. 1-13. set. 2017.
- HIRAISHI, T., KRUNG, T., TANABE, K., SRIVASTAVA, N., BAASANSUREN, J., FUKUDA, M., TROXLER, T. G. Supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC, Switzerland, 2014.
- HOEGH-GULDBERG, O. et al. (eds). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.1655–1731, 2014.
- HORTA, P. A. et al. Evaluation of impacts of climate change and local stressors on the biotechnological potential of marine macroalgae - A brief theoretical discussion of likely scenarios. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, v. 22, n. 4, p.768-774, jun. 2012. doi:10.1590/S0102-695X2012005000085.
- HORTA, P. A., RIUL, P., AMADO FILHO, G. M., GURGEL, C. F. D., BERCHEZ, F., NUNES, J. M. D. C. & SISSINI, M. Rhodoliths in **Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64(SPE2), p. 117-136, 2016. doi.org/10.1590/S1679-875920160870064sp2
- HORTA, P. A.; GURGEL, C. F. D.; RORIG, L. R.; PAGLIOSA, P.; RODRIGUES, A. C.; FONSECA, A.; BUCKERIDGE, M. **Climate change feeds climate changes**. *Int J Hydro*, v.2, n.1, p.61-62, 2018.
- JACOBUCCI, G. B.; LEITE, F. P. P. **Depth distribution and seasonal fluctuations of vagile macrofauna associated with Sargassum cymosum C Agardh at Lázaro beach, Ubatuba, São Paulo, Brazil**. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 19, n. 1, p. 87-100, jul. 2002. doi:10.1590/S0101-81752002000500004
- JAYATHILAKE, D.R.M.; COSTELLO, M.J. **A modelled global distribution of the seagrass biome**. *Biological Conservation*, v. 226, p. 120-126, out. 2018.
- JUETERBOCK, A.; TYBERGHEIN, L.; VERBRUGGEN, H.; COYER, J. A.; OLSEN, J. L.; HOARAU, G. **Climate change impact on seaweed meadow distribution in the North Atlantic rocky intertidal**. *Ecology and evolution*, v.3, n.5, p.1356-1373, abr. 2013. https://doi.org/10.1002/ece3.541
- KERR, R.; DA CUNHA, L. C.; KIKUCHI, R. K. P.; HORTA, P. A.; ITO, R. G.; MÜLLER, M. N.; ORSELLI, I. B. M.; LENCINA-AVILA, J. M.; DE ORTE, M. R.; SORDO, L.; PINHEIRO, B. R.; BONOU, F. K.; SCHUBERT, N.; BERGSTROM, E.; COPERTINO, M. S. **The Western South Atlantic Ocean in a High-CO2 World: Current Measurement Capabilities and Perspectives**. *Environmental Management*, v.57, p. 740–752, 2016. doi: 10.1007/s00267-015-0630-x.
- KOCH, M.; BOWES, G.; ROSS, C.; ZHANG, X-H. **Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae**. *Global Change Biology*, v. 19, p.103–132, 2013. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02791.x.
- KOERICH, G. et al. **How experimental physiology and ecological niche modelling can inform the management of marine bioinvasions?** *Science of The Total Environment*, v. 700, p. 134692, 2020.
- Kronik, J.; Verner, D.; Mearns, R.; Norton, A. **The role of indigenous knowledge in crafting adaptation and mitigation strategies for climate change in Latin America**. *Social Dimensions of Climate Change*, 145, 2010. doi. org/10.1596/978-0-8213-7887-8
- LAURIE, W. A. *Effects of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation event on marine iguana (Amblyrhynchus cristatus Bell, 1825) populations on Galápagos*. Elsevier Oceanography Series, v. 52, p. 361-380, 1990.
- LEÃO, Z. M., KIKUCHI, R. K., FERREIRA, B. P., NEVES, E. G., SOVIERZOSKI, H. H., OLIVEIRA, M. D., ... & JOHNSON, R. **Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis**. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(SPE2), 97-116. 2016.

LEYBA, I. M., SOLMAN, S. A., & SARACENO, M. Trends in sea surface temperature and air–sea heat fluxes over the South Atlantic Ocean. *Climate Dynamics*, 53(7-8), 4141-4153. 2019.

LI, J. LIU, YINGCHAO, LIU, YAN, WANG, Q., GAO, X., GONG, Q. **Effects of temperature and salinity on the growth and biochemical composition of the brown alga *Sargassum fusiforme* (Fucales, Phaeophyceae)**. *J. Appl. Phycol.* v.31, p.3061–3068, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01795-9>.

LIMA, F. P.; RIBEIRO, P. A.; QUEIROZ, N.; HAWKINS, S. J.; SANTOS, AM. **Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern?** *Global Change Biology*, v.13, n.12, p. 2592-2604, dez. 2007. doi:10.1111/j1365-2486200701451x.

MACÁRIO, E.; REIS, L. **COVID-19, dívida pública e crise de financiamento de ciência e tecnologia no Brasil**. Auditoria Cidadã, 2020.

MAGALHÃES, K. M. et al. **Oil spill+ COVID-19: A disastrous year for Brazilian seagrass conservation**. *Science of The Total Environment*, p. 142872, 2020.

MAGRIS, R. A.; GRECH, A.; PRESSEY, R. L. **Cumulative human impacts on coral reefs: assessing risk and management implications for Brazilian coral reefs**. *Diversity*, v. 10, n. 2, p. 26, abr. 2018.

MAGRIS, R. A.; MARTA-ALMEIDA, M.; MONTEIRO, J. A.; BAN, N. C. *A modelling approach to assess the impact of land mining on marine biodiversity: Assessment in coastal catchments experiencing catastrophic events (SW Brazil)*. *Science of The Total Environment*, v. 659, p.828-840, abr. 2019.

MAGRIS, R. A. et al. *A blueprint for securing Brazil's marine biodiversity and supporting the achievement of global conservation goals*. *Diversity and Distributions*. 2020. doi.org/10.1111/ddi.13183

MANSILLA, M. A. Q.; PEREIRA, S. M. **Variação temporal da abundância e composição específica da macroflora associada a uma população de *Sargassum* (Fucophyceae) do litoral sul de Pernambuco, Brasil**. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, p. 271-276, 1998. doi: 10.2307/42871503.

MARENCO, J. A.; CUNHA, A. P.; SOARES, W. R.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M.; DE BARROS BRITO, S. S.; CUARTAS, L. A.; LEAL, K.; RIBEIRO NETO, G.; ALVALÁ, R. C. S.; MAGALHAES, A. R. **Increase Risk of Drought in the Semiarid Lands of Northeast Brazil Due to Regional Warming above 4 °C**. *Climate Change Risks in Brazil*. Springer International Publishing, p. 181–200, 2019.

MARRONI, E. V.; ASMUS, M. L. **Historical antecedents and local governance in the process of public policies building for coastal zone of Brazil**. *Ocean & Coastal Management*, v.76, p.30–37, mai. 2013. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2013.02.011.

MARTA-ALMEIDA, M.; MENDES, R.; AMORIM, F. N.; CIRANO, M.; DIAS, J. M. **Fundão Dam collapse: Oceanic dispersion of River Doce after the greatest Brazilian environmental accident**. *Marine pollution bulletin*, v.112, n.1-2, p.359-364, nov. 2016.

MARTINS, C. D.; ARANTES, N.; FAVERI, C.; BATISTA, M. B.; OLIVEIRA, E. C.; PAGLIOSA, P. R.; HORTA, P. A. **The impact of coastal urbanization on the structure of phytobenthic communities in southern Brazil**. *Marine pollution bulletin*, v. 64, n.4, p.772-778, 2012.

MARTINS, G.M.; ARENAS, F.; TUYA, F.; RAMÍREZ, R.; NETO, A.I.; JENKINS, S.R. **Successional convergence in experimentally disturbed intertidal communities**. *Oecologia*, v.186, n. 2, p. 507-516, 2018. doi:10.1007/s00442-017-4022-1.

MARTINS, I. M.; GASALLA, M. A. **Perceptions of climate and ocean change impacting the resources and livelihood of small-scale fishers in the South Brazil Bight**. *Climatic Change*, v.147, p.441-456, fev. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2144-z>

MÜLLER, R.; LAEPPEL, T.; BARTSCH, I.; WIENCKE, C. **Impact of oceanic warming on the distribution of seaweeds in polar and cold-temperate waters**. *Botanica Marina*, v. 52, n.6, p. 617- 638, dez. 2009. doi:10.1515/BOT2009080.

MUÑOZ, P. T.; SÁEZ, C. A.; MARTÍNEZ-CALLEJAS, M. B.; FLORES-MOLINA, M. R.; BASTOS, E.; FONSECA, A. ; GURGEL,

C. F. D. ; BARUFI, J. B.; RÖRIG, L.; HALL-SPENCER, J. M.; HORTA, P. A. **Short-term interactive effects of increased temperatures and acidification on the calcifying macroalgae *Lithothamnion crispatum* and *Sonderophycus capensis***. *Aquatic Botany*, v. 148, p. 46-52, ago. 2018.

OLIVER, E. C. J., DONAT, M. G., BURROWS, M. T., MOORE, P. J., SMALE, D. A., ALEXANDER, L. V., et al. **Longer and more frequent marine heatwaves over the past century**. *Nat. Commun*, v.9, n.1324, 2018. doi: 10.1038/s41467-018-03732-9

OPPENHEIMER, M.; CAMPOS, M.; WARREN, R.; BIRKMAN, J.; LUBER, G.; O'NEILL, B.; TAKAHASHI, K. Emergent Risks and Key Vulnerabilities. *Climate Change 2014 Impacts, Adapt Vulnerability Part A Glob Sect Asp Contrib Work Gr II to Fifth Assess Rep Intergov Panel Climate Change*. P.1039–1099, 2014. doi: 10.1017/CBO9781107415379.

PHILLIPS, J. A.; BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, J. K. **Extirpation of macroalgae (*Sargassum* spp) on the subtropical east Australian coast**. *Conservation Biology*, v.25, n.5, p.913-921, set. 2011. doi: 10.1111/j.1523-1739.2011.01727.x.

PRADO, D. S.; SEIXAS, C. S.; BERKES, F. **Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community**. *Ocean & Coastal Management*, v. 113, p.29–37, 2015a. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.05.018.

PRADO, D. S.; SEIXAS, C. S.; BERKES, F. **Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community**. *Ocean & Coastal Management*, v. 113, p.29–37, 2015b. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2015.05.018.

QGIS Development Team (2019) QGIS Geographic Information System Open Source Geospatial Foundation Project <http://qgisosgeo.org>.

REYER, C. P. O. et al. **Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development**. *Regional Environmental Change*, v.17, p.1601–1621, 2017. doi: 10.1007/s10113-015-0854-6.

RIUL, P. **Modelagem e distribuição de espécies bêmicas**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

ROSSI, P. et al. **Austeridade fiscal e o financiamento da educação no Brasil**. *Educação&Sociedade*, v. 40, 2019.

ROY, J. et al. Sustainable Development, Poverty Eradication and Reducing Inequalities. In: MASSON-DELMONTE, V. et al. (Eds). *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development*. p. 435–558, 2018.

R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria 2016.

RStudio Team, *RStudio: Integrated Development for R* RStudio, Inc, Boston, MA, 2016. URL <http://www.rstudio.com/>.

SARAIVA, A.; LIMA, A. G. M.; ADAMS, C.; CERVONE, C. O. F.; OVERBECK, G. E.; QUEIROZ, H.; MENEZES, J. A.; GONÇALVES, L. R.; LONDE, L. R.; ELOY, L.; CUNHA, M. C.; PRADO, R. B.; RAFAEL LEMBI, R. K. VIEIRA, S.; CONFALONIERU, U. E. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; AZEVEDO, S. M. F. O. *Contribuições da Natureza para Qualidade de Vida*. In: SEIXAS, C. S. (ed) *Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. 2018.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., SORIANO-SIERRA, E. J., VALE, C. C. D., BERNINI, E., ROVAI, A. S., PINHEIRO, M. A. A., MARTINEZ, D. I. **Climate changes in mangrove forests and salt marshes**. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 64(spe2), p.37-52, 2016.

SCHERNER, F., VENTURA, R., BARUFI, J. B., & HORTA, P. A. **Salinity critical threshold values for photosynthesis of two cosmopolitan seaweed species: providing baselines for potential shifts on seaweed assemblages**. *Marine environmental research*, v.91, p.14-25, 2012.

SCHERNER, F.; HORTA, P. A.; DE OLIVEIRA, E. C.; SIMONASSI, J. C.; HALL-SPENCER, J. M.; CHOW, F.; NUNES, J. M. C.; PEREIRA, S. M. B. **Coastal urbanization leads to remarkable seaweed species loss and community shifts along**

the SW Atlantic. Marine Pollution Bulletin, v. 76, p. 106-115, nov. 2013.

SHI, Lei. Mapping ecological trends by keywords in the last 20 years. PeerJ Preprints, 2019.

SCHUBERT, N.; SALAZAR, RICH, W. A.; BERCOVICH, M. V.; ALMEIDA SAÁ, A. C.; FADIGAS, S. D.; SILVA, J.; HORTA, P. A. **Rhodolith primary and carbonate production in a changing ocean: The interplay of warming and nutrients.** Science of The Total Environment, v. 676, p. 455-468, 2019.

SEGURADO, P.; ARAÚJO, M. B.; KUNIN, W. E. **Consequences of spatial autocorrelation for niche-based models.** Journal of Applied Ecology, v.43, p.433–444, 2006.

SISSINI, M. N.; DE BARROS BARRETO, M. B. B.; SZÉCHY, M. T. M.; DE LUCENA, M. B.; OLIVEIRA, M. C.; GOWER, J.; MARTINELLI-FILHO, J. E. **The floating Sargassum (Phaeophyceae) of the South Atlantic Ocean—likely scenarios.** Phycologia, v.56, n.3, p.321-328, 2017. doi:10.2216/16-92.1.

SPALDING, M. D.; FOX, H. E.; ALLEM, G. R.; DAVIDSON, N.; FERDAÑA, Z. A.; FINLAYSON, M. A. X.; MARTIN, K. D. **Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coastal and shelf areas.** BioScience, v.57, n. 7, p. 573-583, 2007.

SZÉCHY, M. D.; PAULA, E. D.; **Padrões estruturais quantitativos de bancos de Sargassum (Phaeophyta, Fucales) do litoral dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, Brasil.** Revista Brasileira de Botânica, v.23, n.2, p.121-132, 2000. doi:10.1590/S0100-84042000000200002.

SZÉCHY, M. T. M.; GALLIEZ, M.; MARCONI, M. I. **Quantitative variables applied to phenological studies of Sargassum vulgare c Agardh (phaeophyceae-Fucales) from Ilha Grande Bay, state of Rio de Janeiro.** Brazilian Journal of Botany, v.29, n.1, p 27-37, 2006. doi:https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100004

STENECK, R. S.; GRAHAM, M. H.; BOURQUE, B. J.; CORBETT, D.; ERLANDSON, J. M.; ESTES, J. A.; TEGNER, M. J. **Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future.** Environmental Conservation, p.436-459, 2002.

TANAKA, K.; TAINO, S.; HARAGUCHI, H.; PRENDERGAST, G.; HIRAOKA, M. **Warming off southwestern Japan linked to distributional shifts of subtidal canopy-forming seaweeds.** Ecology and Evolution v.2, p. 2854–2865, 2012.

TEAGLE, H.; HAWKINS, S. J.; MOORE, P. J.; SMALE, D. A. **The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems.** Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v.492, p.81-98, 2017. doi:10.1016/j.jembe.2017.01.017.

TEDESCO, E. C.; SEGAL, B.; CALDERON, E. N.; SCHIAVETTI, A. **Conservation of Brazilian coral reefs in the Southwest Atlantic Ocean: a change of approach.** Latin American Journal of Aquatic Research, v.45, n.2, 2017.

TYBERGHEIN, L.; VERBRUGGEN, H.; PAULY, K.; TROUPIN, C.; MINEUR, F; DE CLERCK, O. **Bio-ORACLE: a global environmental dataset for marine species distribution modelling.** Global Ecology and Biogeography, v.21, p. 272–281, 2012. doi:10.1111/j.1466-8238.2011.00656x.

UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2018). Global distribution of warm-water coral reefs, compiled from multiple sources including the Millennium Coral Reef Mapping Project. Version 4.0. Includes contributions from IMaRS-USF and IRD (2005), IMaRS-USF (2005) and Spalding et al. (2001). Cambridge (UK): UN Environment World Conservation Monitoring Centre. URL: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>.

VERGÉS, A. et al. **Tropicalisation of temperate reefs: implications for ecosystem functions and management actions.** Functional Ecology, v. 33, n. 6, p. 1000-1013, 2019.

VIEJO, R. M.; MARTINEZ, B.; ARRONTES, J.; ASTUDILLO, C.; HERNANDEZ, L. **Reproductive patterns in central and marginal populations of a large brown seaweed: drastic changes at the southern range limit.** Ecography, v.34, p.75–84, 2011. doi:10.1111/j.1600-0587.2010.06365.x.

WEATHERDON, L. V.; MAGNAN, A. K.; ROGERS, A. D.; SUMAILA, U. R.; CHEUNG, W. W. L. **Observed and Projected Impacts of Climate Change on Marine Fisheries, Aquaculture, Coastal Tourism, and Human Health: An Update.** Front Mar Sci, v.3, 2016: doi: 10.3389/fmars.2016.00048.

ZANETTI, V. B., DE SOUSA JUNIOR, W. C., & DE FREITAS, D. M. **A climate change vulnerability index and case study in a Brazilian coastal city.** Sustainability, v.8, n.8, p.811. 2016.