



ECOSSISTEMAS RECIFAIS DO PARANÁ: UMA IMPORTANTE FONTE DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Rafael Metri¹ , Maria Angélica Haddad² , Franciane Pellizzari³ ,
Eliel Alves⁴ , Jonathan Rene Arzão Molina⁵  & Rosana Moreira da Rocha^{6*} 

¹ Universidade Estadual do Paraná, *Campus Paranaguá*, Laboratório de Ecologia e Conservação, Programa de Pós-Graduação Ambientes Litorâneos e Insulares, Rua Comendador Correa Junior, 117, 83203-560, Paranaguá, Paraná, Brazil.

² Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, Programa de Pós-Graduação em Zoologia, CP 19020, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brazil.

³ Universidade Estadual do Paraná, *Campus Paranaguá*, Laboratório de Ficologia e Qualidade de Água Marinha, Programa de Pós-Graduação Ambientes Litorâneos e Insulares, Rua Comendador Correa Junior, 117, 83203-560, Paranaguá, Paraná, Brazil.

⁴ Universidade Estadual do Paraná, *Campus Paranaguá*, Laboratório de Ecologia e Conservação, Programa de Pós-Graduação Ambientes Litorâneos e Insulares, Rua Comendador Correa Junior, 117, 83203-560, Paranaguá, Paraná, Brazil.

⁵ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, CP 19031, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brazil.

⁶ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Zoologia, CP 19020, 81531-980, Curitiba, Paraná, Brazil.

E-mails: rmetri@gmail.com; mahaddad@ufpr.br; franciane.pellizzari@unespar.edu.br; eliel.c.alves01@gmail.com; jonathanrene.m7@gmail.com; rmrocha@ufpr.br (*corresponding author)

Resumo: Os ecossistemas recifais do Paraná incluem costões rochosos, recifes de arenito submerso, recifes artificiais, bem como o conjunto de construções costeiras, todos estes, ambientes ricos em biodiversidade que oferecem uma variedade de serviços ecossistêmicos essenciais tanto para fins de conservação, quanto para o bem-estar humano. Este artigo explora e evidencia os serviços de provisão, regulação, e serviços culturais proporcionados por esses ecossistemas, com enfoque no litoral do Paraná, Sul do Brasil, a partir de uma revisão narrativa da literatura científica. Os serviços de provisão incluem a oferta de recursos como peixes, mariscos, crustáceos e macroalgas, fundamentais para a subsistência de comunidades locais e para a pesca artesanal. Esses organismos não apenas sustentam a economia pesqueira, mas desempenham um papel crucial na segurança alimentar das populações que dependem desses recursos. Além disso, a biodiversidade dos costões rochosos pode contribuir para a prospecção e desenvolvimento de novos produtos alimentícios, nutracêuticos e fármaco-cosméticos, evidenciando seu valor biológico e econômico. Como serviços de regulação, destaca-se a produtividade primária e a cascata trófica decorrente, a capacidade da biota servir como bioindicador em resposta a perturbações, e processos ecológicos que auxiliam na manutenção da qualidade da água. A biodiversidade e a paisagem associada aos costões também estão relacionadas às atividades humanas culturais de hoje e do passado, contribuindo para a identidade das populações locais. A preservação desses ecossistemas é crucial, e o entendimento destes serviços deve servir como base para a formulação de políticas de conservação e manejo.

Palavras-chave: costão rochoso; pesca; serviços culturais; serviços de provisão; serviços de regulação.

PARANÁ REEF ECOSYSTEMS, AN IMPORTANT SOURCE OF ENVIRONMENTAL SERVICES: The reef ecosystems of Paraná include rocky shores and artificial substrates, environments rich in biodiversity that provide several ecosystem services critical to environmental conservation and human well-being. This article explores and highlights the provisioning, regulatory, and cultural services these ecosystems provide, focusing on Paraná coast, south Brazil, based on a review of the scientific literature. Provisioning services include the supply of resources such as fish, shellfish, and macroalgae, which are essential for the subsistence of local communities and artisanal fisheries. These organisms not only sustain the fishing economy but also play a crucial role in the food security of populations that depend on these resources. In addition, the biodiversity present on rocky shores contributes to the prospecting and development of new food products, nutraceuticals, and pharmaco-cosmetics, highlighting their biological and economic value. As regulatory services, we highlight primary productivity and the resulting trophic cascade, the capacity of biota to serve as bioindicators in response to disturbances, and the ecological processes that help maintain water quality. The biodiversity and landscape associated with coastal areas are also linked to past and present human cultural activities, contributing to the identity of local populations. Preserving these ecosystems is crucial, and understanding their services should provide a database useful for formulating conservation and management policies.

Keywords: rocky shore; fisheries; cultural services; provision services; regulation services.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas recifais do Paraná compreendem costões rochosos, bancos de arenitos submersos e substratos artificiais (Pellizzari *et al.* 2025), que comportam uma rica e complexa comunidade biológica (Bumbeer *et al.* 2016, Pellizzari *et al.* 2014). Os costões rochosos ocorrem tanto no continente como em algumas ilhas costeiras e parciais na costa, e em ilhas estuarinas (Lana *et al.* 2001). Os ambientes recifais artificiais incluem as instalações portuárias em Antonina e Paranaguá, ambas no complexo estuarino lagunar de Paranaguá, diversos trapiches e marinas nas duas regiões estuarinas e na Ilha do Mel, e os recifes de blocos de concreto e barcas afundadas principalmente a partir de 2008 (Brandini & Silva 2011, Pellizzari *et al.* 2025). Esses ambientes fornecem habitats especializados para uma variedade de espécies marinhas, abrigando ecossistemas capazes de oferecer diversos serviços ambientais.

Os serviços ecossistêmicos ou serviços ambientais são os benefícios que as pessoas obtêm da natureza a partir das funções ecológicas inerentes a estes ecossistemas, e atualmente compreende-se que a sobrevivência e o bem-estar humanos dependem destes serviços e, portanto, da conservação e da melhor gestão dos ecossistemas que os fornecem (Liquete *et al.* 2013). Os serviços ecossistêmicos

relacionados aos ambientes marinhos foram categorizados em serviços de provisão, regulação e manutenção, e serviços culturais (Liquete *et al.* 2013). Mais recentemente, o termo serviço ecossistêmico foi ressignificado como ‘contribuições da natureza para as pessoas’, reconhecendo como nossas vidas e bem-estar estão profundamente interligados com os processos naturais (Seixas *et al.* 2023). Essas contribuições são classificadas como materiais, de regulação e imateriais, em paralelo à classificação proposta anteriormente. Como o termo “serviços” está mais difundido na literatura, optamos por usar este termo nesta revisão.

Os serviços de provisão dos sistemas recifais incluem a oferta de recursos biológicos, como peixes e mariscos, que são essenciais para a segurança alimentar e a economia local (Santos & Gomes 2006). Além disso, a biodiversidade local é fundamental para a pesquisa científica e a descoberta de novos produtos, como compostos bioativos com aplicações biotecnológicas diversas (Pellizzari *et al.* 2023). Os serviços de regulação, são igualmente fundamentais, pois deles dependem todos os outros serviços (ReefSYN 2023). Esses ecossistemas desempenham, por exemplo, um papel importante na filtragem de poluentes e na melhoria da qualidade da água, contribuindo assim para a saúde dos ambientes marinhos adjacentes (Pinedo *et al.* 2007). A produtividade primária, particularmente

importante nos costões, e suas implicações no restante da cadeia trófica, proporcionam um dos serviços oferecidos mais importantes. A manutenção dessas funções regulatórias é vital, especialmente em um contexto de mudanças climáticas e de degradação ambiental (Franco *et al.* 2020).

Além de fornecer recursos e regular o ambiente, os costões rochosos também são fontes de serviços culturais. O turismo e as atividades recreativas associadas a esses ambientes não apenas promovem o lazer e o bem-estar, mas também fomentam a apreciação e a valorização da natureza (ReefSYN 2023). A conexão que as comunidades costeiras desenvolvem com esses ecossistemas ao longo da história é notável, demonstrando seu valor cultural e social.

Considerando o contexto de ameaças que os ecossistemas marinhos do litoral do Paraná enfrentam (Pellizzari *et al.* 2025), o presente artigo apresenta uma revisão narrativa da importância dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelos sistemas recifais deste estado, bem como identifica as lacunas de conhecimento a serem priorizadas, destacando a necessidade de estratégias de conservação para a manutenção dos serviços ambientais identificados. Desta forma, esta revisão está em consonância com os esforços promovidos pela Década da Ciência Oceânica das Nações Unidas (<https://oceandecade.org>) para incentivar a pesquisa científica e o compartilhamento do conhecimento com a sociedade, visando promover a saúde oceânica e o desenvolvimento sustentável.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão narrativa foi baseada tanto em busca sistematizada nas bases de publicações científicas Scopus e Google Scholar, como a partir do conhecimento pré-existente dos autores em publicações no tema e em publicações recuperadas a partir das listas de referências dos artigos lidos. Inicialmente foram utilizadas as palavras chave Paraná AND serviços ambientais OR pesca OR turismo e os correspondentes em inglês, sem um recorte temporal específico. Porém, poucos artigos foram recuperados, sendo a grande maioria relacionada à pesca. Posteriormente a busca foi refinada por palavras-chave relacionadas diretamente aos serviços ecossistêmicos potenciais identificados pelos autores, e associadas apenas à

palavra Paraná. Como exemplo, usou-se o nome de espécies comercializadas no caso dos serviços de provisão, os termos “produção primária marinha”, “mudanças climáticas”, “proteção costeira” no caso dos serviços de regulação, e “culinária”, “gastronomia”, “tradição cultural”, “mergulho”, “surf” no caso dos serviços culturais.

RESULTADOS

Foram encontrados 22 artigos que estudaram serviços fornecidos pelos ecossistemas recifais paranaenses, sendo a grande maioria deles sobre recursos alimentares da biodiversidade (8 artigos) e recursos potenciais que poderiam ser explorados pela indústria alimentícia, farmacêutica ou de cosméticos (8). Poucos serviços de regulação foram estudados, entre eles a produção primária do fitoplâncton (3), portanto há uma lacuna importante em quantificar a produtividade de macroalgas, diretamente associadas aos ecossistemas recifais. O uso de recifes artificiais na conservação da biodiversidade foi abordado em 2 artigos, enquanto serviços culturais foram registrados em 4 artigos.

Foi encontrado apenas um artigo de 1985 e os demais a partir de 2007, evidenciando como é recente o olhar sobre os serviços ecossistêmicos. Outro aspecto a ser evidenciado é que a maioria dos artigos registra os serviços de maneira qualitativa e, quando existe alguma quantificação, esta se dá em termos de métricas de abundância, sem nenhuma tentativa de expressar esses valores em termos econômicos.

Serviços de Provisão

Um dos serviços ambientais mais significativos dos ecossistemas recifais do Paraná está relacionado à produção de alimentos, classificados como serviços ecossistêmicos de provisão. No caso dos costões rochosos, os organismos podem ser retirados diretamente das pedras para subsistência (preparo e consumo) ou comércio, ou podem ser obtidos em outros ambientes marinhos envolvendo espécies que dependem dos costões ao menos em parte dos seus ciclos de vida (Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Dentre os grupos animais dos costões rochosos que frequentemente ganham destaque como recurso alimentar estão os moluscos, crustáceos e os peixes (Figura 1).

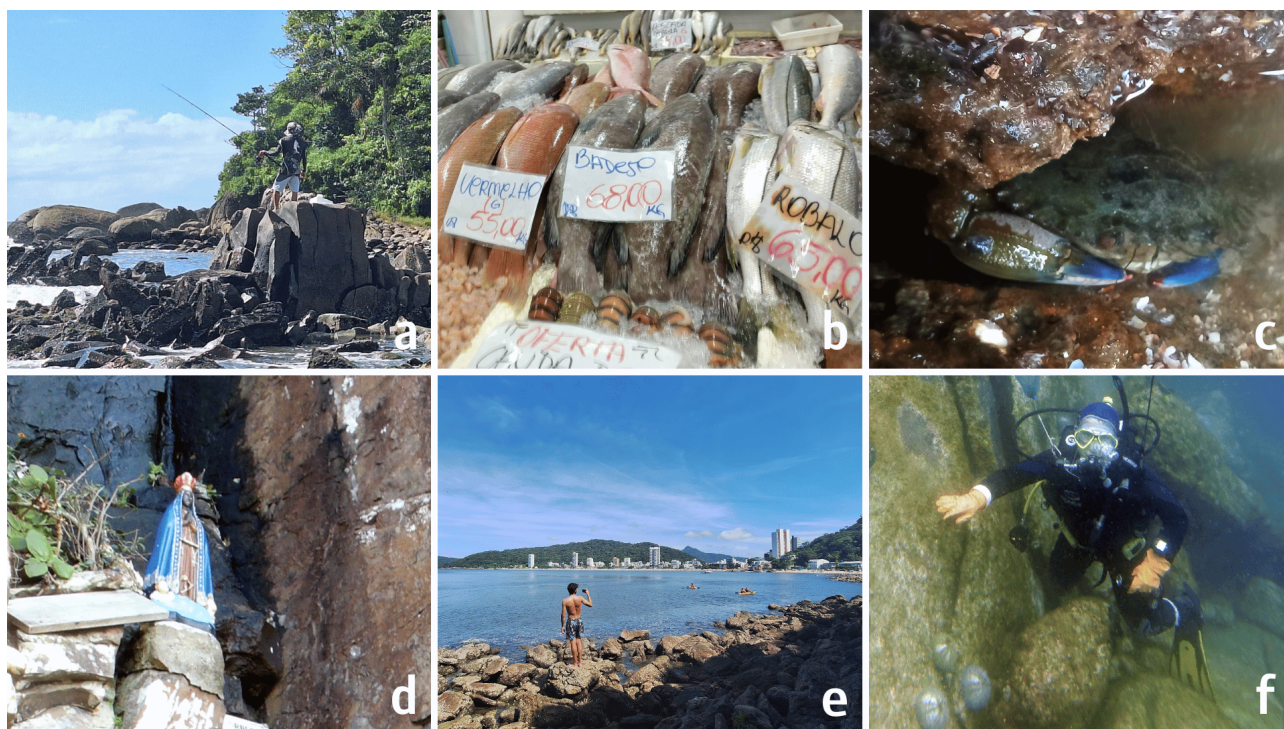


Figura 1. Serviços de provisão ambientais fornecidos por ecossistemas recifais: a) pesca subsistência, b) comercialização do pescado, c) siri-azul, um exemplo de recurso invertebrado; Serviços culturais: d) cultos religiosos, e) turismo e lazer, f) esporte.

Figure 1. Environmental provision services provided by reef ecosystems: a) subsistence fishing, b) fish marketing, c) blue crab, an example of invertebrate resource; Cultural services: d) religious cults e) tourism and leisure, f) sports.

Entre os moluscos de importância econômica, os bivalves são os mais relevantes, sendo mexilhões e ostras comumente encontrados em costões rochosos. Os bivalves são uma fonte valiosa de alimento para muitas comunidades humanas ao redor do mundo e em especial no litoral sul brasileiro (Tavares *et al.* 2021). Os mariscos não apenas fornecem uma fonte sustentável de proteína para consumo humano, mas também apoiam meios de subsistência locais e contribuem para a segurança alimentar. A ostra *Crassostrea brasiliensis* (Lamarck, 1819) e o mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) são bons exemplos de bivalves explorados principalmente em áreas estuarinas do Paraná, retirados diretamente de bancos naturais em costões rochosos por pescadores artesanais (Erse & Bernardes 2008, Baldan & Bendhack 2009, Tavares *et al.* 2021).

Embora a maior parte da produção dessas espécies seja informal, a ostra está entre os 20 recursos pesqueiros com maior valor acumulado de primeira venda (Tavares *et al.* 2021). Dados do sistema de acompanhamento de desembarques

do pescado no Paraná (Fundepag 2021) indicam uma média de 68 t/ano de ostras comercializadas de 2017 a 2023, sendo que parte dessa produção vem de cultivos e parte de extração. Por outro lado, apenas 200 kg/ano de mexilhão *P. perna* figuram nas estatísticas, apenas no município de Guaraqueçaba. Além do extrativismo de bivalves adultos nos costões e raízes de mangue, há a coleta de “sementes” para abastecer os cultivos no Paraná, já que não existem laboratórios de produção de sementes próximos (Anacleto *et al.* 2023). Quando os produtores não conseguem as sementes dos laboratórios, extraem dos costões e mangues ou instalam coletores artificiais, para posterior engorda em ambiente natural. A coleta de sementes de ostras e mexilhões, além da coleta dos adultos para comercialização, vem provocando diminuição nos estoques nos costões estuarinos (Erse & Bernardes 2008, Baldan & Bendhack 2009).

Tavares *et al.* (2021) apontam ainda os polvos (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797) e o marisco da pedra *Mytella strigata* (Hanley, 1843) como outros moluscos

importantes no comércio de pescados do estado. Existem ainda outras espécies sem valor econômico estimado, mas que podem ser importantes para artesanato ou aquarismo (Merlin 2016). Um exemplo de recurso ainda não explorado é o bivalve *Pteria hirundo* (Linnaeus, 1758) que poderia ser usado na obtenção de pérolas e, embora não haja extrativismo no Paraná, existem estudos realizados em Santa Catarina que apontam a viabilidade de seu cultivo (Albuquerque *et al.* 2012).

A exploração de crustáceos tem uma importância menor nas estatísticas de pesca, especialmente nos últimos anos. As coletas de siri-azul do gênero *Callinectes* chegaram a atingir entre 2,5 e 17 t por ano entre 2016 e 2018, porém a partir de 2019 nunca atingiram mais do que 700 kg por ano, sendo que a região de maior exploração está dentro do Complexo Estuarino de Paranaguá (Fundepag 2021). As várias espécies de siri-azul presentes no Paraná foram recentemente consideradas quase ameaçadas (Decreto 6040 do Estado do Paraná, de 05 junho de 2024) e, portanto, merecem estudos específicos para preservação dos estoques.

Os ecossistemas recifais oferecem habitat essencial para uma variedade de espécies marinhas, incluindo peixes comerciais e recreativos. A complexa estrutura do costão rochoso, com suas fissuras, cavidades e algas, serve como refúgio e berçário para muitas espécies de peixes juvenis (Hackradt & Félix-Hackradt 2009). Recifes artificiais procuram mimetizar estas condições para também atrair peixes e auxiliar a recuperação de estoques pesqueiros, especialmente de espécies ameaçadas como a garoupa *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) (REBIMAR 2023). A abundância de presas encontradas nos ecossistemas recifais também atrai predadores, tornando esses ecossistemas cruciais para a manutenção da biodiversidade marinha e para a pesca comercial e recreativa. Considerando as espécies de peixes como um todo a partir de uma compilação abrangente em todos os ecossistemas na plataforma continental paranaense (Spier *et al.* 2018), das 253 espécies de peixes com potencial econômico (93% do total de espécies), apenas 57% são exploradas no Paraná como recurso alimentar pela população humana, 27% podem ser usadas na aquariofilia e 11% apresentam potencial de uso em rações (Spier *et al.* 2018).

A pesca é uma das atividades econômicas mais importantes associadas aos ecossistemas recifais.

Populações humanas costeiras frequentemente dependem da pesca nesses ambientes para sua subsistência e economia local (Hackradt e Félix-Hackradt 2009; Cattani *et al.* 2022). No litoral do Paraná existem cerca de 5.000 pescadores artesanais, tendo a pesca como sua principal atividade econômica, e reforçando a importância da atividade para a região (Fundepag 2021). Os arredores do Arquipélago de Currais são importantes áreas de pesca tradicional artesanal, porém, uma vez que compõem um Parque Nacional Marinho, foi criado um termo de compromisso entre o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e colônias de pescadores locais autorizando a captura de espécies que usam as águas no entorno das ilhas Currais, especialmente no inverno. São pescadas a tainha (*Mugil liza* Valenciennes, 1836), a cavala (*Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo & Zavala-Camin, 1978), a salteira (*Oligoplites saliens* (Bloch, 1793)) e outras espécies migratórias não residentes, usando rede de emalhe de deriva. Embora sejam espécies pelágicas, se concentram no entorno das ilhas rochosas. A importância regional da pesca se destaca com a média anual de 79,3 t de tainhas, 18,4 t de salteira, 12,4 t de pará (*Chaetodipterus faber* (Broussonet, 1782)) entre 2016 e 2024, segundo os dados da Fundepag (2021), e o peixe porco (*Balistes capriscus* Gmelin, 1789) com mais de 10 t desembarcadas em 2023. Além dessas espécies, os robalos (*Centropomus parallelus* Poey, 1860, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792)), muito apreciados para pesca esportiva e comercial, são comuns junto aos ecossistemas recifais naturais e artificiais. Em média foram pescadas 1,7 t/ano de robalos entre 2016 e 2024 (Fundepag 2021).

As algas marinhas estão se tornando cada vez mais populares em todo o mundo devido ao seu valor nutricional, consumidas diretamente como alimento e na nutraceutica, além das suas propriedades e potencial de usos industriais na fármaco-cosmética e biomedicina (Pellizzari & Reis 2011, Baghel 2023). Considerando seus serviços ecossistêmicos por meio da provisão alimentos, matéria prima e fonte de compostos bioativos, as macroalgas são utilizadas há séculos diretamente como alimento, e no último século, seus extratos e polissacarídeos coloidais estão sendo amplamente extraídos para usos como agentes texturizantes, gelificantes e espessantes (carragenana, ágar e alginatos) nas indústrias alimentícias, têxteis ou de

tintas. O alginato na sua mais pura concentração é usado em moldes ortodônticos e géis cicatrizantes para a pele (Pellizzari 2023). Gel de agarose é essencial em meios de cultura bacterianos e como gel base para separação de produtos genéticos na biologia molecular. Algas também são utilizadas como fertilizantes, ração animal, biocombustível, dentre outras aplicações (Pellizzari & Reis 2011).

O potencial comercial e de serviços ecossistêmicos macroalgal é imenso, sendo que no Paraná as clorófitas pertencentes ao complexo *Monostroma* (que incluem os gêneros *Monostroma*, *Gayralia* e *Ulvaria*) foi possivelmente o primeiro (Eurico Cabral de Oliveira, comunicação pessoal) e único recurso algal explorado em bancos naturais no Sul do Brasil por comunidades tradicionais durante as décadas de 1970 e 1980, os quais vendiam esta alga para restaurantes no estado de São Paulo (Pellizzari & Reis 2011). Estas algas, cultivadas na China, Coréia e Japão para consumo humano, e que na culinária tradicional são denominadas “aonori” ou “hitoegusa”, no Paraná eram coletadas na zona entremarés em vários setores do Complexo Estuarino de Paranaguá, principalmente Baía das Laranjeiras. No entanto, a produção interanual era irregular e esta atividade declinou possivelmente devido à diminuição do estoque natural, ao conhecimento insuficiente da biologia das espécies, e/ou à falta de tecnologia para o cultivo, levando a uma produção instável e com qualidade não homogênea, estudados posteriormente por Pellizzari *et al.* (2007 e 2008). Outros desafios da produção incluíam a ausência de um mercado bem definido e inexistente controle de qualidade das frondes.

No sentido de alavancar o uso e aumentar a produção de biomassa no litoral do Paraná, Pellizzari e colaboradores (2007 e 2008) cultivaram experimentalmente nas Baías de Paranaguá e Laranjeiras, a alga verde comestível *Gayralia*. Estudos pretéritos reportavam esta clorófitica monostromática como *Ulvaria* sp. ou *Monostroma* sp., e a identificação deste grupo críptico baseada em dados ontogenéticos, morfológicos e moleculares foi elucidada por Pellizzari *et al.* (2013) com a descrição de uma nova espécie, *Gayralia brasiliensis* Pellizzari, M.C.Oliveira & N.S.Yokoya 2013. Apesar das altas taxas de crescimento obtidas por Pellizzari *et al.* (2007 e 2008), que atingiram no inverno entre 5 e 6% por dia, e de uma produção líquida de 458 ± 157 g m⁻² (peso úmido) após 45 dias do recrutamento,

várias questões culturais (tradicionais) e políticas limitaram o esforço para estabelecer cultivos macroalgais no estado (Pellizzari & Reis 2011).

Com base neste histórico, diversos estudos sobre a bioatividade de *G. brasiliensis* coletadas em bancos naturais do Paraná foram desenvolvidos, nos quais análises bioquímicas apoiam seus usos nutracêutico, e fármaco-cosmético (Pellizzari & Reis 2011). A exemplo da bioatividade contra o vírus *Herpes simplex* (Cassolato *et al.* 2008), *G. brasiliensis* possui características reológicas (Nasatto *et al.* 2014) e propriedades antioxidantes elevadas (Bernardi *et al.* 2016). Ropellato (2015) caracterizou os polissacarídeos de *G. brasiliensis* (metilcelulose e heterorhamnan sulfatado) sugerindo seu uso em diversas aplicações industriais. Recentemente, foi obtida patente de invenção referente à propriedade de modular a neovascularização a partir de polissacarídeos sulfatados de *G. brasiliensis* (Duarte-Nosedá *et al.* 2021). Todas essas aplicações e os diversos usos potenciais desta espécie dependem atualmente de cultivos em larga escala. Uma vantagem em termos de sustentabilidade, é que *G. brasiliensis* é uma espécie nativa no Paraná.

Serviços de regulação

Produtividade primária é a taxa pela qual a energia é gerada em autótrofos e acumulada sob a forma de biomassa. Porém, embora seja de amplo conhecimento que a produtividade primária líquida (PPL) macroalgal desempenha um papel fundamental no balanço global de carbono e representa importante serviço de regulação ecossistêmica aos níveis tróficos seguintes, denominado controle *bottom-up*, estimar esta produtividade continua a ser uma tarefa desafiadora. As macroalgas marinhas formam um dos maiores e mais produtivos constituintes dos habitats com vegetação subaquática do globo. No entanto, pouco se sabe sobre a sua distribuição e produtividade em grandes escalas espaciais e latitudinais (Pessarrodona *et al.* 2022). Nas baías de Paranaguá (Brandini 1985, Pellizzari *et al.* 2021) e Guaratuba (Mizerkowski *et al.* 2012) o aporte de nutrientes via lixiviação costeira reflete-se em uma importante produção fitoplanctônica, porém não existem estudos sobre a produtividade das macroalgas associadas aos ecossistemas recifais.

Esta é uma realidade para toda a costa brasileira, onde poucos estudos sobre a produtividade primária macroalgal foram realizados, e existe ainda o desafio de tornar estes estudos menos localizados e padronizar sua metodologia de obtenção de dados. Chaloub e colaboradores (2010), por exemplo, estudaram as propriedades fotossintéticas de três macroalgas marinhas brasileiras, também encontradas no Paraná, através do uso de diving PAM (fluorímetro subaquático de pulso e amplitude modulada, o qual mede a fluorescência da clorofila). O elevado potencial fotossintético encontrado para *Ulva fasciata* (espécie atualmente sinonimizada com *U. lactuca* com base em análises moleculares) explica parcialmente a capacidade desta espécie oportunista de crescer rapidamente e sua alta produtividade (dissipação fotoquímica de $qP = 0,92 \pm 0,13$, sob irradiância de $400 \mu\text{mol f\u00f3tons/m}^2.\text{s}$).

Se por um lado, pouco se conhece sobre a produtividade primária de macroalgas no sul do Brasil, por outro lado, já foram realizados experimentos para analisar o comportamento fotossintético de duas espécies de algas marinhas, *Sargassum stenophyllum* formadora de dossel e *U. lactuca*, oportunista, ao longo de um gradiente de poluição urbana nas baías Sul, Norte e Estreito de Florianópolis em Santa Catarina (Schermer *et al.* 2012). É conhecido que a urbanização leva à expansão de espécies de algas marinhas oportunistas, de crescimento e ciclos de vida rápidos, e ao declínio de importantes espécies perenes formadoras de dossel, levando à perda de produtividade e substituição de nichos. Compreender os mecanismos que levam a essas mudanças é um desafio. No estudo de Scherner *et al.* (2012), a breve exposição às águas urbanas não pareceu ser um fator de estresse para a eficiência fotossintética de nenhuma das espécies. No entanto, após 26 dias do transplante em águas urbanas, *S. stenophyllum* diminuiu a eficiência fotossintética, enquanto *U. lactuca* aumentou significativamente. Os autores apresentaram, assim, evidências das causas fisiológicas do declínio das espécies de *Sargassum* e da expansão das espécies de *Ulva* de áreas urbanas impactadas, resultado também esperado no litoral paranaense.

Cultivos de macroalgas fornecem importantes serviços de regulação do clima, pois contribuem para o sequestro de carbono (Pessarrodona *et al.* 2023) e para o armazenamento de carbono nos sedimentos abaixo dos locais de cultivo (Duarte

et al. 2025). Um outro processo conhecido é a redução do metano nos gases e fezes de bovinos e ovinos, por meio de rações animais fabricadas com a rodofíceia *Asparagopsis taxiformis* (Sena *et al.* 2023), que apesar de presente no Paraná, não é cultivada ou explorada para este fim. Desta forma, verifica-se que cultivos de macroalgas são promissores para a mitigação das alterações climáticas e deveriam ser incentivados no Estado, mas a pegada de carbono e o potencial de redução de emissões permanecem não quantificados para a maioria dos produtos algais, em nível nacional.

Outro importante serviço de regulação que pode ser provido pelas comunidades de ecossistemas recifais é seu papel enquanto bioindicadores da qualidade da água. Pinedo e colaboradores (2007), por exemplo, destacam as diferenças marcantes da composição e abundância de várias espécies de costões rochosos com relação ao grau de antropização e uso predominante de áreas marinhas, demonstrando comunidades mais produtivas e estruturadas em locais mais distantes de grandes centros urbanos e melhores condições de água, mais utilizadas para o turismo, em comparação com comunidades e espécies indicadoras de águas mais poluídas. No Paraná já foram iniciados estudos padronizados da composição de comunidades incrustantes da região entremarés dos costões rochosos a partir de 2010 (Miloslavich *et al.* 2016) e com a sequência destes estudos será possível estabelecer uma série temporal das variações das comunidades incrustantes, facilitando a detecção de impactos após eventos extremos de estresse ambiental, como por exemplo a modificação da circulação de água na plataforma interna após construções costeiras, derramamentos de petroquímicos ou efeitos das mudanças climáticas, como aumento da temperatura do oceano causando ondas de calor marinhas, e alterações de gradiente salino e de pH.

Checklists específicos de organismos bioindicadores são essenciais em planos de monitoramento. Pellizzari *et al.* (2014) realizaram um inventário espaço-temporal de macroalgas insulares do litoral do Paraná (Ilha do Mel, Arquipélago de Currais e Ilha do Farol), em zonas entremarés e de infralitoral raso (até 10 m), visando estabelecer uma base de dados para apoiar a conservação destes ecossistemas. O inventário totalizou 139 espécies (90 Rhodophyta, 27 Ulvophyceae e 22

Phaeophyceae), sendo que a maior diversidade de rodófitas e clorófitas foi observada na Ilha do Mel, e a de feofíceas em Currais. A menor riqueza de algas foi observada na Ilha do Farol, ponto amostral mais próximo de área urbana, e a maior, no Parque Nacional Marinho da Ilha dos Currais (Pellizzari *et al.* 2014). Todavia, estabelecer relações causais entre fatores de stress e efeitos em nível individual de espécie ou de comunidade nos ecossistemas marinhos é uma tarefa difícil e que requer a utilização de múltiplas ferramentas. A exemplo disto, os grupos morfo-funcionais algais são de fácil registro, tornando planos de monitoramento de médio e longo prazos menos custosos e sem a necessidade de especialistas em taxonomia para realizá-los.

Uma variedade de organismos marinhos, como microrganismos, algas e invertebrados, entre outros, está envolvida em processos que levam à purificação da água e mesmo à sua remediação, realizando o serviço ambiental de melhoria na qualidade da água em ambientes marinhos e estuarinos (Ostroumov 2006). A inclusão de macroalgas na lista de elementos de qualidade biológica a serem utilizados para a avaliação do estado ecológico das águas costeiras está na legislação de vários países (o modelo principal é o da União Europeia), e não deveria ser diferente no Brasil. Em especial os organismos filtradores, dominantes nos costões rochosos, como bivalves, esponjas e ascídias, desempenham um papel crucial na filtragem da água, melhorando a qualidade da água circundante ao remover partículas e nutrientes em excesso, contribuindo assim para a saúde geral do ecossistema marinho. Essa característica permite inclusive pensar em projetos de restauração ambiental, biorremediação e conservação para promoção da qualidade de água (Draughon *et al.* 2010, Humphries *et al.* 2016). Para o litoral do Paraná, Pellizzari & Kawaii (2010) publicaram um manual de técnicas e metodologias padronizadas para monitoramento ambiental do Complexo Estuarino de Paranaguá, incluindo padrões e indicadores de qualidade de água marinha, monitoramento de áreas extrativas de ostras para engorda e de macroalgas de manguezais e de costões rochosos.

Ecossistemas recifais também apresentam papel relevante na proteção costeira, reduzindo os impactos do hidrodinamismo, ressacas e tempestades, erosão costeira, inundações e salinização do solo (Spalding *et al.* 2014). No Paraná, recifes artificiais foram

criados com um propósito de proteção um pouco distinto: evitar a pesca de arrasto do camarão na plataforma interna muito rasa (< 50 m), protegendo estoques pesqueiros (Brandini & Silva 2011). Estes recifes são formados por blocos de concreto, submersos em grupos ao longo da costa entre as profundidades de 15 e 18 m, sendo que após um projeto piloto em 1997, 2.700 blocos foram submersos entre 1999 e 2002 em 11 grupos, e novos blocos foram submersos em 2004. Avaliações subsequentes revelaram aumento na pesca, no ganho financeiro dos pescadores artesanais, e expansão das atividades turísticas como mergulho e pesca esportiva na região (Brandini 2014). Um outro resultado positivo deste projeto foi a proteção de populações do mero (*Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822)), espécie criticamente em perigo tanto no estado como no país (Félix-Hackradt & Hackradt 2008).

Serviços Culturais

Os costões rochosos do litoral paranaense também são locais de significativa relevância cultural e social. Os serviços sociais associados a estes ambientes variam desde práticas religiosas até atividades de lazer, que fortalecem laços comunitários, e tradições locais. Pode-se também observar a interdependência entre os serviços ecossistêmicos de provisão e os culturais, pois a pesca e a coleta de recursos marinhos não apenas garantem sustento, mas também fortalecem a identidade cultural das comunidades (Figura 1). Este último aspecto tem sido incorporado ao Turismo de Base Comunitária realizado na região, que valoriza a culinária local e atividades econômicas ligadas ao mar como a pesca da tainha na Ilha do Mel nos meses de inverno e a coleta de siri-azul em Guaraqueçaba (Cabral & Junior 2020).

Esportes náuticos como o surf podem ser influenciados pela presença de sistemas recifais e um dos pontos de surf mais explorados no Paraná devido à alta qualidade das suas ondas é conhecido como Pico de Matinhos, promontório rochoso natural onde já se formaram inúmeros surfistas profissionais de elite (Matoso *et al.* 2024).

Vestígios arqueológicos do uso dos costões rochosos revelam a importância histórica e cultural destes locais, conectando gerações passadas às atuais e futuras. As oficinas líticas, localizadas na Praia Mansa em Matinhos, são um exemplo

notável dessa interação histórica. Um total de 67 oficinas líticas fixas, divididas em 15 conjuntos, contendo 58 bacias de polimento e 9 amoladores ou afiadores, foram identificadas em rochas de granito ricas em minerais como quartzo, feldspato e biotita (Santos & Gernet 2014). Estes locais eram utilizados por populações pré-históricas para fabricar instrumentos e ferramentas essenciais para caça, pesca e coleta (Madsen 1984). No entanto, as estruturas não apenas serviam a uma função prática, mas também representam um patrimônio cultural significativo, conectando as práticas das comunidades antigas com as atuais. Curiosamente, oficinas como estas, frequentemente estão localizadas próximas a áreas de habitação, o que sugere uma integração entre os locais de produção e os espaços de vida cotidiana das comunidades antigas (Santos & Gernet, 2014).

Além disso, o turismo, impulsionado pela beleza das paisagens costeiras e oportunidades de mergulho, desempenha um papel importante, promovendo a sensibilização para a consciência ambiental e a valorização de costões rochosos (Figuras 1). Ecossistemas recifais naturais e artificiais servem de cenário a diversos documentários que oferecem oportunidades de educação e lazer, como por exemplo os documentários produzidos pela Associação MarBrasil, como o recém-lançado “Saúde Oceânica” (<https://www.youtube.com/watch?v=mCZuOeFOHyM>) e o “Nós e o Mar” (<https://www.youtube.com/watch?v=kjrTvellhIA>) e produzidos pela iniciativa Grande Reserva Mata Atlântica, como o “Histórias da Grande Reserva Mata Atlântica” (<https://www.youtube.com/watch?v=5-yPYx6qcbU>).

Devido à acessibilidade a uma grande biodiversidade e a proximidade com a população que frequenta as praias, os ecossistemas recifais, especialmente costões rochosos, representam importante oportunidade de realizar atividades de educação atreladas ao lazer (Ghilardi-Lopes *et al.* 2024). Conceitos como adaptação das espécies às condições ambientais, riqueza, diversidade, e interações ecológicas podem ser facilmente exemplificados em atividades extra-escolares. O monitoramento dos impactos humanos como pisoteamento, mudança do nível do mar ou efeitos de ondas de calor podem ser facilmente monitorados em projetos de ciência-cidadã reforçando a aproximação da sociedade com as questões ambientais (Ghilardi-

Lopes *et al.* 2024).

Conforme destacado por Reid e colaboradores (2005), as mudanças nos ecossistemas impactam diretamente a qualidade de vida das populações humanas, sendo a degradação ambiental uma ameaça à segurança alimentar e à preservação das tradições culturais. Portanto, a gestão eficaz desses ecossistemas deve considerar não apenas a biodiversidade, mas também as práticas culturais que deles dependem, garantindo que as futuras gerações possam usufruir dos benefícios que esses ambientes oferecem e preservar a rica herança cultural associada a eles.

CONCLUSÃO

Os ecossistemas recifais do Paraná desempenham um papel crucial na provisão de serviços ambientais, incluindo a produção de recursos para alimentação, por meio da coleta de espécies de bivalves e crustáceos, e do suporte à pesca de espécies exploradas comercialmente, como a tainha, salteira e o paru, que encontram nos ecossistemas recifais abrigo e alimento. Portanto, esses ambientes são fonte de subsistência econômica para as populações humanas costeiras. Também prestam importantes serviços de regulação os produtores primários, micro e macroalgas, que mantêm as cadeias alimentares que incluem espécies de interesse econômico, e realizam a assimilação de nutrientes (“biofiltração” da água), mantendo sua qualidade e saúde ambiental. As comunidades bentônicas podem ainda funcionar como bioindicadores da qualidade ambiental. Considerando os serviços culturais, sistemas recifais contribuem para a criação da identidade caiçara no que diz respeito à pesca artesanal e culinária, e com as atividades de lazer como a pesca esportiva, o mergulho e o surf.

Por outro lado, muitos dos benefícios citados não estão sendo suficientemente estudados e quantificados no Paraná, tendo sido inferidos a partir de estudos em outras regiões. Serviços ecossistêmicos de grande potencial econômico foram identificados, mas estão sendo pouco explorados no estado. Por exemplo, a integração e convencimento de mão de obra caiçara para usar técnicas pré-existentes e eficientes de cultivos de macroalgas para consumo e ou extração de compostos para uso cosmético, médico, veterinário ou na agropecuária, bem como para absorver gás carbônico da atmosfera,

contribuindo para a mitigação das mudanças meteorológicas e oceanográficas seria bastante desejável. O desenvolvimento de tecnologias de cultivos multitróficos e biorremediação de ambientes degradados usando macroalgas e invertebrados marinhos para reduzir a presença de contaminantes é outra lacuna a ser preenchida. Ademais, as normatizações dos órgãos ambientais locais para cultivos e ou extração de bancos naturais devem ser coerentes com o conhecimento biológico de cada espécie-alvo, visando a sustentabilidade dos estoques, associada ao êxito econômico-social dos projetos.

Proteger e gerir esses ecossistemas de maneira sustentável é fundamental para garantir sua resiliência e sua capacidade de continuar oferecendo esses serviços no futuro. Ao vincular estas atividades como parte de ações de uma economia regenerativa, seremos capazes de expor os riscos e as vulnerabilidades dos atuais modelos de desenvolvimento baseados em sociedades de consumo, que produzem cenários de colapso que aprofundam as crises climáticas e de biodiversidade. Os aspectos sociais oferecem uma visão integrada dos serviços ecossistêmicos, destacando como a conservação dos ecossistemas recifais é fundamental para a preservação não apenas da biodiversidade, mas também das práticas culturais que enriquecem a identidade local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências financiadoras CNPq por financiamento utilizado neste estudo para RMR (processo 306788/2022-5), CAPES para JRAM e EA (Bolsa de estudos, Financiamento 001) e Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - FunBio para RM, bem como o Instituto Ambiental do Paraná, a Unidade de Conservação Parque Estadual do Palmito e a Associação MarBrasil por apoio logístico.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, M. C. P., Alves, R., Zanandrea, A. C. V., Ferreira, J. F., Melo, C. M. R., & Magalhães, A. R. M. 2012. Growth and survival of the pearl oyster *Pteria hirundo* (L., 1758) in an intermediate stage of culture in Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 72(1), 175-180. DOI: 10.1590/S1519-69842012000100021

Anacleto, A., Moro, S. C., Michaliszyn Filho, L.A.,

Capete, K., Deretti, S., Fassheber, J. R., & Schwarz, K. K. 2023. Productive arrangement of oysters: a comparative study between two communities in southern Brazil. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 16(7), 6100-6116. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-053

Baghel, S. 2023. Developments in seaweed biorefinery research: A comprehensive review, *Chemical Engineering Journal*, 454(2), 140177. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140177.

Baldan, A. P. & Bendhack, F. 2009. Maricultura sustentável no litoral do Paraná, Brasil: atualidades e perspectivas. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 7(4), 491-497. DOI: 10.7213/cienciaanimal.v7i4.10298

Bernardi, J., Vasconcelos, E. R. T. P. P., Lhullier, C., Gerber, T., & Pellizzari, F. M. 2016. Preliminary data of antioxidant activity of green seaweeds (Ulvophyceae) from the Southwestern Atlantic and Antarctic Maritime islands. *Hidrobiológica*, 26(2), 233-239. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n2/Bernardi

Brandini, F. 1985. Ecological studies in the Bay of Paranaguá: I. horizontal distribution and seasonal dynamics of the phytoplankton. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 33(2), 139-147. DOI: 10.1590/S0373-55241985000200004

Brandini, F. 2014. Marine biodiversity and sustainability of fishing resources in Brazil: a case study of the coast of Paraná state. *Regional Environmental Change*, 14, 2127-2137. DOI: 10.1007/s10113-013-0458-y

Brandini, F., & Silva, A. S. 2011. Epilithic community development on artificial reefs deployed along a cross-shelf environmental gradient off Paraná state, Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59(SPE1), 43-53. DOI: 10.1590/S1679-87592011000500007

Bumbeer, J., Cattani, A. P., Chierigatti, N. B., & Rocha, R. M. 2016. Biodiversity of benthic macroinvertebrates on hard substrates in the Currais Marine Protected Area, in southern Brazil. *Biota Neotropica*, 16(4), e20160246. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2016-0246

Cabral, B. L. F., & Junior, D. T. 2020. Turismo de Base Comunitária, Culinária e Cultura Alimentar: um estudo de caso no litoral do Paraná. *Caderno Virtual de Turismo*, 20(3). DOI: 10.18472/cvt.20n3.2020.1826

Cattani, A. P., Gerke, Y., Pichler, H. A., Adeli-Alves,

- J., Spach, H. L., & Schwingel, P. R. 2022. Fish assemblage patterns in a subtropical estuary in southern Brazil. *Biota Neotropica*, 22(2), e20211194. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2021-1194
- Cassolato, J., Nosedá, M., Pujol, C., Pellizzari, F. M., Damonte, E. B., & Duarte, M. E. R. 2008. Chemical structure and antiviral activity of the sulfated heterorhamnan isolated from the green seaweed *Gayralia oxysperma*. *Carbohydrate Research*, 343(18), 3085-3095. DOI: 10.1016/j.carres.2008.09.014
- Chaloub, R. M., Reinert, F., Nassar, C. A., Fleury, B. G., Mantuano, D. G., & Larkum, A. W. 2010. Photosynthetic properties of three Brazilian seaweeds. *Brazilian Journal of Botany*, 33(2), 371-374. DOI: 10.1590/S0100-84042010000200017
- Draughon, L. D., Scarpa, J., & Hartmann, J. X. 2010. Are filtration rates for the rough tunicate *Styela plicata* independent of weight or size? *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 45(2), 168-176. DOI: 10.1080/10934520903429816
- Duarte, C. M., Delgado-Huertas, A., Martí, E., Gasser, B., Martín, I. S., Cousteau, A., *et al.* 2025. Carbon burial in sediments below seaweed farms matches that of Blue Carbon habitats. *Nature Climate Change*, 15(2), 180-187. DOI: 10.1038/s41558-024-02238-1
- Duarte-Nosedá, M. E., Berté, S. D., Nosedá, M. D., Nasatto, M. P. L., Pellizzari, F. M., & Cassolato, J. E. F. 2021. Invention Patent: Polissacarídeos sulfatados obtidos de uma macroalga verde marinha com capacidade de modular a neovascularização. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. (Patentee UFPA; Deposit 13/05/2013; Issue 03/2021; Nº BR 102013010819-7)
- Erse, E. B., & Bernardes, M. A. 2008. Levantamento de estoques da ostra *Crassostrea* sp. em bancos naturais no litoral paranaense. *Biotemas*, 21(2), 57-63. DOI: 10.5007/2175-7925.2008v21n2p57
- Franco, B. C., Combes, V., & González Carman, V. 2020. Subsurface ocean warming hotspots and potential impacts on marine species: The Southwest South Atlantic Ocean case study. *Frontiers in Marine Science*, 7, 563394. DOI: 10.3389/fmars.2020.563394
- Fundepag 2021. Estatística Pesqueira do Paraná. Consulta on-line, Sistema ProPesqWEB, versão 1. Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira do Estado do Paraná. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio. Disponível em <http://propesq-pr.fundepag.br/especie>. Acesso em 13/06/2025.
- Ghilardi-Lopes, N. P., Clauzet, M., Barradas, J. I., & Vinha, V. 2024. Economic and Cultural Aspects of Ecosystem Services in Rocky Shores. In R. Coutinho & R. A. Christofolletti (Eds.) *Brazilian Rocky Shores*. pp. 77-88. Cham: Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-031-67206-4
- Félix-Hackradt, F. C., & Hackradt, C. W. 2008. Estudo populacional e monitoramento do mero, *Epinephelus itajara* (Lichtenstein, 1822), no litoral do Paraná, Brasil. *Natureza & Conservação*, 6(2), 31-46.
- Hackradt, C. W., & Félix-Hackradt, F. 2009. Assembleia de peixes associados a ambientes consolidados no litoral do Paraná, Brasil: uma análise qualitativa com notas sobre sua bioecologia. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 49(31), 389-403. DOI: 10.1590/S0031-10492009003100001
- Humphries, A. T., Ayvazian S. G., Carey J. C., Hancock B. T., Grabbert S, Cobb D, Strobel C. J., & Fulweiler, R. W. 2016. Directly measured denitrification reveals oyster aquaculture and restored oyster reefs remove nitrogen at comparable high rates. *Frontier in Marine Science*, 3, 74. DOI: 10.3389/fmars.2016.00074
- Lana, P. C., Marone, E., Lopes, R. M., & Machado, E. C. 2001. The subtropical estuarine complex of Paranaguá bay, Brazil. In: U. Seeliger & B. Kjerfve (Eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*, Ecological Studies. pp. 131-145. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: 10.1007/978-3-662-04482-7.
- Liquete, C., Piroddi C., Drakou E. G., Gurney L., & Katsanevakis S. 2013. Current status and future prospects for the assessment of marine and coastal ecosystem services: A Systematic Review. *PLoS ONE*, 8(7), e67737. DOI: 10.1371/journal.pone.0067737
- Madsen, B. 1984. Flint axe manufacture in the neolithic: experiments with grinding and polishing of thin-butted flint axes. *Journal of Danish Archaeology*, 3(1), 47-62. DOI: 10.1080/0108464X.1984.10589911
- Matoso, T. B., Moura, G. G. M., & Serafini, T. Z. 2024. A wave knowledge description of a surf break in Southern Brazil. *Marine Policy*, 159, 105928. DOI: 10.1016/j.marpol.2023.105928
- Merlin, P. 2016. Caracterização da malacofauna

- marinha do PARNAMAR (Parque Nacional Marinho) das Ilhas dos Currais. Trabalho de Conclusão de Curso, Tecnologia da Aquicultura. Universidade Federal do Paraná. Disponível em <https://hdl.handle.net/1884/58253> acesso 13/11/2024.
- Miloslavich, P., Cruz-Motta, J. J., Hernandez, A., Herrera, C., Klein, E., Barros, F., Bigatti, G., Cardenas, M., Carranza, A., Flores, A., Gil, P., Gobin, J., Gutierrez, J., Krul, M., Lazarus, J. F., Londono, E., Lotufo, T. M. C., Macaya, E., Mora, E., Navarrete, S., Palomo, G., Parrague, M., Pellizzari, F., Rocha, R. M., Romero, L., Retamales, R., Sepulveda, R., Silva, M. C., Soria, S. 2016. Benthic Assemblages in South American Intertidal Rocky Shores: Biodiversity, Services, and Threats. In: R. Riosmena-Rodríguez (Eds.) *Marine Benthos: Biology, Ecosystem Functions and Environmental Impact*. Ed. 1, Vol. 1, 83-138. Hauppauge: Nova Science.
- Mizerkowski, B. D., Hesse, K. J., Ladwig, N., Costa Machado, E., Rosa, R., Araujo, T., & Koch, D. 2012. Sources, loads and dispersion of dissolved inorganic nutrients in Paranaguá Bay. *Ocean Dynamics*, 62, 1409–1424.
- Nasatto, P. L., Pignon, F., Silveira, J. L., Duarte, M. E. R., Noseda, M. D., & Rinaudo, M. 2014. Interfacial properties of methylcelluloses: The Influence of molar mass. *Polymers*, 6(12), 2961-2973. DOI: 10.1007/s10236-012-0569-x
- Ostroumov, S. A. 2006. Biomachinery for maintaining water quality and natural water self-purification in marine and estuarine systems: elements of a qualitative theory. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 1(1), 111-118.
- Pellizzari, F. 2023. O universo colorido das algas marinhas: importância para a conservação dos oceanos, e para a nossa saúde. Ponta Grossa: Atena Editora. p. 62. DOI: 10.22533/at.ed.479232804
- Pellizzari, F. & Kawai, H. 2010. Manual of protocols for establishment of a monitoring system and continual utilization of fishing ground in the bays of Parana coastal area, Brazil. Under JICA/HEAA Partnership Program. p 98.
- Pellizzari, F., & Reis, R. P. 2011. Seaweed cultivation on the Southern and Southeastern Brazilian Coast. *Brazilian Journal of Pharmacognosia*, 21(2), 305-312. DOI: 10.1590/S0102-695X2011005000057
- Pellizzari, F. M., Oliveira, E. C., & Yokoya, N. S. 2008. Life-history, thallus ontogeny, and the effects of temperature, irradiance and salinity on growth of the edible green seaweed *Gayralia* spp. (Chlorophyta) from Southern Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 20(1), 75-82. DOI: 10.1007/s10811-007-9183-6
- Pellizzari, F. M., Yokoya, N. S., & Oliveira, E. C. 2007. Cultivation of the edible green seaweed *Gayralia* (Chlorophyta) in Southern Brazil. *Journal of Applied Phycology*, 19(1), 63-69. DOI: 10.1007/s10811-006-9111-1
- Pellizzari, F., Bernardi, J., Silva, E. M., Silva, M. C., & Yokoya, N. S. 2014. Benthic marine algae from the insular areas of Paraná, Brazil: new database to support the conservation of marine ecosystems. *Biota Neotropica*, 14(2): e20130011. DOI: 10.1590/1676-060320140615183049
- Pellizzari, F., Oliveira, M. C., Medeiros, A., & Yokoya, N. S. 2013. Morphology, ontogeny, and phylogenetic position of *Gayralia brasiliensis* sp. nov. (Ulotrichales, Chlorophyta) from the southern coast of Brazil. *Bot. Mar.*, 56(2):197-205. DOI: 10.1515/bot-2012-0197
- Pellizzari, F., Santos-Silva M. C., Osaki, V. S. & Fonseca, E. M. 2021. Comunidade fitoplanctônica do Complexo Estuarino de Paranaguá, Sul do Brasil: subsídios ao monitoramento de dragagem portuária. In: F. Pellizzari & J. Gomes-Figueiredo (Org.). *O meio ambiente litorâneo e insular do Paraná*. p. 15. Ponta Grossa: Atena Editora. DOI: 10.22533/at.ed.7502105071
- Pellizzari, F., Sayuri-Osaki, V., Santos-Silva, M., Mello, J.P. & Frassini, R. 2023. Compared antioxidant activity of six tropical macroalgal species from Trindade, a Brazilian oceanic island. *International Journal of Biological and Natural Sciences*, 3(11), 2-20.
- Pellizzari, F. Haddad, M. A., Metri, R., Molina, J. R. A., Alves, E. & Rocha, R.M. 2025. Ecossistemas recifais do Paraná e as fontes de ameaças a sua preservação. *Oecologia Australis*, 29(3) 196-211.
- Pessarrodona, A., Franco-Santos, R. M., Wright, L. S., Vanderklift, M. A., Howard, J., Pidgeon, E., Wernberg, T. & Filbee-Dexter, K. 2023. Carbon sequestration and climate change mitigation using macroalgae: a state of knowledge review. *Biological Reviews*, 98(6), 1945-1971. DOI: 10.1111/brv.12990
- Pessarrodona, A., Assis, J., Filbee-Dexter, K, Burrows, M., Gattuso, J., Duarte, C., Krause-Jensen, D., Moore, P., Smale, D., & Wernberg, T. 2022. Global

- seaweed productivity. *Science Advances*, 8(37), eabn2465. DOI: 10.1126/sciadv.abn246
- Pinedo, S., García, M., Satta, M. P., Torres, M., & Ballesteros, E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55(1-6), 126-135. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.08.044
- REBIMAR. 2023. Projeto Recuperação da Biodiversidade Marinha - REBIMAR fase IV. Panorama de resultados do Programa Petrobras Socioambiental, linha de atuação prioritária: Oceano. Associação MarBrasil. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/projet_33_21.
- ReefSYN. 2023. Recifes brasileiros no antropoceno: Estimando os impactos da perda da biodiversidade sobre o funcionamento e serviços ecossistêmicos para aperfeiçoar o manejo futuro e a subsistência. Relatório Síntese ReefSYN (2020-2023). Acesso 09/03/2025: <https://www.gov.br/cnpq/pt-br/assuntos/noticias/destaque-em-cti/publicacao-apresenta-resultados-de-projeto-que-desenvolve-sinteses-sobre-a-biodiversidade-e-servicos-de-ecossistemas-recifais-brasileiros>.
- Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraipappah, A. K., Hassan, R., Kasperson, R., Leemans, R., May, R. M., McMichael, A. J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R. T., Zakri, A. H., & Zurek, M. B. 2005. Ecosystems and human well-being - Synthesis: A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington D.C.: Island Press. p. 137
- Ropellato, J., Carvalho, M. M., Ferreira, L. G., Nosedá, M. D., Zuconelli, C. R., Gonçalves, A. G., Ducatti, D. R. B., Kenski, J. C. N., Nasato P. L., Winnischofer, S. M. B. & Duarte, M. E. R. 2015. Sulfated heterorhamnans from the green seaweed *Gayralia oxysperma*: Partial depolymerization, chemical structure and antitumor activity. *Carbohydrate Polymers*, 117(8), 476-485. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.09.089
- Santos, E. V., & Gernet, M. V. 2014. Ocorrência de oficinas líticas na praia Mansa, Matinhos, litoral do Paraná. *Boletim de Geografia*, 32(2), 34. DOI: 10.4025/bolgeogr.v32i2.18675
- Santos, W. D., & Gomes, E. A. 2006. Importância econômica dos costões rochosos. *Saúde & Ambiente em Revista*, 1(2), 51-59.
- Scherner F., Barufi, J. B., & Horta, P. A. 2012. Photosynthetic response of two seaweed species along an urban pollution gradient: Evidence of selection of pollution-tolerant species. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2380-2390. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.08.012
- Seixas, C. S., Turra, A., Ferreira, B. P., Abdallah, P. R., Carvalho, A. R., Ciotti, A. M., Coelho, C., Copertino, M., Dale, M. V., Faroni-Perez, L., Gonçalves, L. R., Hanazaki, N., Nicolodi, J. L., Oliveira, C. C., Prates, A. P., Rodrigues, R. R., Siegle, E., Sousa, W. C., Travassos, L., Vieira, M. A. R. M., & Xavier, L. Y. 2023. Sumário para tomadores de decisão: 1º Diagnóstico Brasileiro Marinho-Costeiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Relatório Técnico. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES) e Cátedra UNESCO para a Sustentabilidade do Oceano, Campinas. p. 36.
- Spalding, M. D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L. Z., Shepard, C. C., & Beck, M. W. 2014. The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management*, 90, 50-57. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007
- Spier, D., Gerum, H. L. N., Bornatowski, H., Contente, R., Mattos, N., Vilar, C., & Spach, H. L. 2018. Ichthyofauna of the inner shelf of Paraná, Brazil: checklist, geographic distribution, economic importance and conservation status. *Biota Neotropica*, 18(2), e20170385. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2017-0385
- Tavares, Y. A. G., Silva, A. C. P., & Jankowsky, M. 2021. Panorama da pesca artesanal de moluscos bivalves no litoral do Paraná (2017–2019). In: F. Pellizzari & J. A. Gomes-Figueiredo (Eds.), *O meio ambiente litorâneo e insular do Paraná*. pp. 41–58. Ponta Grossa: Atena Editora. DOI: 10.22533/at.ed.7502105073

Submitted: 02 September 2024

Accepted: 04 July 2025

Published: 04 August 2025

Associate Editor: Juliana Silva Leal