

MÓDULO 3: SUPERPOTÊNCIAS DAS FLORESTAS AZUIS: BENEFÍCIOS PARA OS ECOSISTEMAS

Prefácio

As florestas azuis, como os mangais, os sapais, as ervas marinhas e as algas, estão repletas de vida e são alguns dos habitats mais diversos da Terra. O valor que proporcionam à vida acima e abaixo da água é imenso. As suas capacidades naturais para proporcionar uma vasta gama de benefícios são consideradas os seus superpoderes. As florestas azuis utilizam estes superpoderes para prevenir as alterações climáticas e proteger as comunidades costeiras dos seus impactos nocivos, como a subida do mar, as inundações e os ventos ciclónicos. Neste módulo, vamos aprender sobre a importância destes ecossistemas no apoio à pesca, no sequestro de carbono e nas suas aplicações para uso humano. Apesar do seu papel e dimensões primordiais, infelizmente, os seres humanos ignoram continuamente os benefícios destes ecossistemas incríveis e estão a destruí-los a um ritmo alarmante, embora as tendências recentes na conservação e recuperação de ecossistemas sejam promissoras para a melhoria das florestas azuis.

1. Introdução aos Benefícios dos Ecosistemas

O bem-estar humano e a qualidade de vida dependem, em grande medida, do capital natural, definido como o conjunto de recursos naturais do mundo, que inclui a geologia, os solos, o ar, a água e todos os organismos vivos. Alguns activos do capital natural fornecem às pessoas bens e serviços gratuitos, designados por serviços ecosistémicos ou benefícios ecosistémicos. Todos eles estão na base da nossa economia e sociedade, tornando assim possível a vida humana.

Os benefícios dos ecossistemas são os benefícios directos e indirectos de um ecossistema saudável que contribuem para o bem-estar humano. O vasto número de serviços ecosistémicos pode ser classificado em serviços de aprovisionamento, de regulação, de apoio e culturais. O conceito de serviço ecosistémico é muito antropocêntrico, ou centrado no ser humano, o que contrasta com o conceito eco/biocêntrico em que os seres humanos são apenas uma das muitas espécies que dependem dos habitats. Existem vários quadros utilizados para avaliar os tipos de benefícios ecosistémicos existentes. Os três mais comuns são a Avaliação Ecosistémica do Milénio (MA), um esforço patrocinado pela ONU para analisar o impacto das acções humanas nos ecossistemas e no bem estar humano; a Economia dos Serviços Ecosistémicos e da Biodiversidade (TEEB); e a Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecosistémicos (CICES). Para os objectivos deste módulo, vamos concentrar-nos no quadro TEEB dos serviços e benefícios ecosistémicos. Dentro dos quadros TEEB e MA, os "outputs" dos

benefícios ecosistémicos enquadram-se nas seguintes categorias:

Os serviços de apoio mantêm as funções fundamentais do ecossistema. Estes processos são considerados a base de todos os outros serviços ecosistémicos através do ciclo de nutrientes, da formação do solo, do fornecimento de habitat e da produção primária.

Os serviços de regulação procuram estabelecer o equilíbrio num ecossistema através da regulação das perturbações. Os serviços de regulação são os ciclos naturais mais básicos de que a natureza necessita para funcionar, incluindo o ciclo da água, o ciclo do carbono, a fotossíntese, a regulação do clima e o ciclo de nutrientes entre os organismos e o solo.

Os serviços de aprovisionamento representam os benefícios mais directos e tangíveis para os seres humanos. Estes serviços incluem o fornecimento de alimentos, matérias-primas, tais como materiais de construção, energia e combustível, e recursos medicinais e ornamentais (ou seja, moda, artesanato e decoração).

Os serviços culturais são os benefícios socioculturais e não materiais que os ecossistemas proporcionam e que estão frequentemente envolvidos na formação da identidade. Estes benefícios abrangem um espelho de serviços, incluindo a estética, o recreio e o turismo, a educação e o valor histórico ou espiritual. Estes podem assumir a forma de património e identidade, um sentido de lugar ou pertença, conhecimentos tradicionais, bem como oportunidades de turismo e recreio. Os serviços culturais raramente são incluídos nas contas nacionais, regionais ou mundiais dos ecossistemas, uma vez que a sua quantificação é mais complexa do que a de outros serviços.

Uma forma comum de pensar como as estruturas biofísicas dos ecossistemas podem, em última análise, produzir benefícios de valor para os seres humanos no nosso sistema socioeconómico é através do Modelo de Cascata de Serviços Ecosistémicos.¹ Todos os ecossistemas de florestas azuis têm capacidades biofísicas que os tornam úteis para as pessoas (ou seja, a altura da sua copa, biomassa abaixo do solo), o que é considerado a sua função ecosistémica. Os resultados destas funções ecosistémicas são aquilo a que chamamos serviços ecosistémicos, que, por definição, contribuem para o bem-estar humano (ou seja, saúde, segurança, aumento da felicidade) e, em última análise, produzem valor e rendimento (ou seja, produtos colhíveis, meios de subsistência), bem como prazeres não monetários.

2. Visão Geral dos Principais Benefícios do Ecossistema

Embora as florestas azuis proporcionem numerosos e importantes benefícios para os ecossistemas, vamos aprofundar quatro superpoderes fundamentais: sequestro de carbono, apoio à biodiversidade e às pescas, proteção costeira e purificação da água.

2.1 Sequestro de carbono

Embora as florestas terrestres recebam normalmente a maior parte da atenção no que respeita ao armazenamento de carbono, não são os únicos ecossistemas com uma capacidade natural para combater as alterações climáticas. Libra por libra, as florestas azuis podem ser dez vezes mais eficazes no sequestro de dióxido de carbono por área e por ano do que as florestas boreais, temperadas ou tropicais.^{2,3} Isto deve-se ao facto de as florestas terrestres armazenarem a maior parte do seu carbono na sua biomassa (ramos, raízes e folhas), enquanto os ecossistemas de carbono azul armazenam a maior parte do seu carbono nos seus solos.

Há um reconhecimento global crescente do potencial dos mangais, das ervas marinhas e dos sapais como soluções baseadas na natureza na luta contra as alterações climáticas, uma vez que estes habitats, por si só, podem armazenar cerca de 10% de todo o carbono orgânico sequestrado no oceano anualmente³ dentro da sua biomassa e solos. Os ecossistemas de carbono azul ajudam a combater as alterações climáticas, retirando carbono da atmosfera. No entanto, o sequestro e armazenamento de carbono não são os únicos benefícios climáticos conferidos pela proteção e recuperação das zonas húmidas costeiras, nem a única motivação para muitos países que procuram aproveitar o potencial destes habitats na luta contra as alterações climáticas.

2.2. Apoio à biodiversidade e à pesca

As florestas azuis constituem habitats essenciais para todos os tipos de vida selvagem marinha e costeira. Por exemplo, as árvores dos mangais são também o habitat de ostras, cracas, esponjas e anémonas que se agarram às raízes submersas.⁴ Enquanto os pelicanos constroem os seus ninhos no topo das árvores dos mangais, os caranguejos escavam-se no seu solo lamacento e profundo. Muitas criaturas pequenas podem também ser encontradas escondidas entre os leitos de ervas marinhas e os sapais espessos. Os ecossistemas de carbono azul são uma fonte de alimento crucial para os animais acima e abaixo do mar e desempenham um papel fundamental em várias teias alimentares.

A biodiversidade ocupa diferentes nichos ao longo das três dimensões das paisagens e dos fundos marinhos dos habitats da floresta azul. Por exemplo, um dugongo adulto, ou uma vaca marinha, pode comer até 40 kg de ervas marinhas diariamente.⁵ Aves como as garças e os gansos são visitantes frequentes dos sapais, pois vêm procurar insectos, caranguejos e peixes. Guaxinins, martas e lebres também podem ser vistos a visitar as

zonas húmidas para comer qualquer coisa. À medida que as ervas marinhas e as algas se decompõem, a matéria orgânica fornece nutrientes a organismos como as minhocas, os pepinos-do-mar e vários organismos que se alimentam por filtração.

As florestas azuis saudáveis desempenham um papel fundamental na manutenção das unidades populacionais de peixes. A pesca comercial que alimenta o mundo também depende da produtividade destes ecossistemas costeiros. A maioria dos peixes que comemos passa os seus primeiros dias a nadar entre raízes de mangais e rebentos de ervas marinhas. Cerca de 95%⁶ das espécies de peixes comerciais dependem de habitats costeiros em algum momento da sua vida. Se estes ecossistemas forem destruídos, os peixes não terão um local seguro para criar as suas crias e as suas populações diminuirão.

2.3 Proteção do litoral

À medida que as alterações climáticas fazem com que as tempestades tropicais se tornem mais fortes e o nível do mar suba, é mais provável que ocorram inundações e destruição costeiras. A vegetação que margeia as linhas costeiras actua como barreiras naturais, defendendo as comunidades contra estes impactos nocivos. As raízes dos mangais mantêm-se firmes contra as ondas e as vagas de tempestade quando a água do mar é empurrada para terra durante uma tempestade tropical significativa. Uma extensão de 100 metros de mangais pode reduzir a altura das ondas em até 66%.⁷ Estima-se que os mangais protejam anualmente 15 milhões de pessoas das inundações e minimizem os danos materiais em mais de 65 mil milhões de dólares.⁸ Estes números só irão aumentar com o agravamento das condições climáticas. O amortecimento das ondas e, por conseguinte, a proteção costeira foram também atribuídos a outros habitats da floresta azul. As plantas dos sapais são muito eficazes na redução da força das ondas mais pequenas. Os seus solos de turfa também ajudam a evitar inundações, absorvendo a água como uma esponja gigante. As raízes dos mangais, as ervas marinhas e as plantas dos sapais também ajudam a reter os sedimentos e a estabilizar as linhas costeiras, evitando assim a erosão das praias. Ao reterem os sedimentos e filtrarem os poluentes antes de chegarem ao oceano, os ecossistemas de carbono azul protegem outros habitats, como os recifes de coral e a vida subaquática.

2.4 Purificação da água

A estrutura física das ervas marinhas abrande o fluxo de água à medida que esta se desloca através do leito de ervas marinhas. As partículas em suspensão na coluna de água podem então cair e depositar-se no fundo do leito de ervas marinhas. Este aprisionamento de sedimentos pode melhorar a clareza da água através da sedimentação de partículas que tornam a água mais turva. Os níveis de contaminação, incluindo nutrientes, microplásticos e outros poluentes provenientes de águas residuais, podem ser reduzidos em habitats como os mangais, os prados de ervas marinhas e os sapais.⁹ Os habitats de carbono azul ou as plantas tolerantes ao sal

podem assimilar os contaminantes das águas residuais (principalmente através da absorção pelas raízes) e transportar oxigénio para as proximidades, permitindo que os microrganismos absorvam os poluentes. O oxigénio, um subproduto da fotossíntese, também permite a purificação e a redução da patogenicidade numa floresta azul. Embora o sequestro de carbono das algas tenha recebido a maior parte da atenção, as algas podem parecer melhores na mitigação de quantidades excessivas de azoto. A poluição por azoto é causada nas zonas costeiras por esgotos urbanos, escoamento de águas domésticas ou eliminação de resíduos da pesca. Pode conduzir a potenciais ameaças em ambientes marinhos, incluindo a proliferação de algas tóxicas, o aumento da atividade bacteriana e a diminuição dos níveis de oxigénio. As algas cultivadas em águas poluídas podem ser um instrumento promissor para a limpeza dessas zonas.¹⁰ As algas e as algas mais largas absorvem o azoto e o fósforo como fertilizantes e contribuem para a purificação da água.

3. Muitos superpoderes de muitos ecossistemas

Vamos dar um mergulho mais profundo e explorar os superpoderes de cada habitat das florestas azuis.

3.1 Florestas de mangue

As florestas de mangue são habitats altamente produtivos e biologicamente ricos que desempenham um papel proeminente no fornecimento de bens e serviços ecossistémicos valiosos para o bem-estar humano. As raízes densas e entrelaçadas dos mangais actuam como zonas de reprodução e viveiros abrigados, protegendo as espécies de peixes e camarões dos grandes predadores. Os mangais são alguns dos ecossistemas mais ricos em carbono do planeta, armazenando em média 1 000 toneladas de carbono por hectare na sua biomassa e nos solos subjacentes.¹¹ As florestas de mangue ocupam 2% da costa mundial e são responsáveis por cerca de 30% do enterramento de carbono nas fronteiras continentais tropicais e subtropicais.¹² Para além dos seus benefícios de armazenamento de carbono e do seu papel na redução dos riscos e impactos das alterações climáticas, estes ecossistemas apoiam pescas saudáveis, melhoram a qualidade da água e proporcionam proteção costeira contra inundações e tempestades. Os mangais podem valer pelo menos 1,6 mil milhões de dólares por ano em serviços ecossistémicos, no valor de 33 000-57 000 dólares por hectare e por ano.¹³ Os serviços de apropriação das florestas de mangais incluem também madeira, peixe, materiais para colmo, lenha, caranguejos, mel e cera. Considerando que se estima que 100 milhões de pessoas vivam num raio de 10 km de áreas significativas de mangais, o fornecimento de pescado é vital para a subsistência, os meios de subsistência e as práticas comerciais das comunidades costeiras em todo o mundo.^{14,15}

3.2 Prados de ervas marinhas

Estima-se que mais de mil milhões de pessoas estejam a menos de 100 km de um prado de ervas marinhas em todo o mundo. As ervas marinhas são consideradas um dos ecossistemas marinhos costeiros mais valiosos e vitais. Embora cubram apenas 0,1% do fundo oceânico, as ervas marinhas constituem habitats de viveiro valiosos para um quinto das maiores pescarias do mundo e armazenam até 18% do carbono oceânico mundial.¹⁶ De facto, a função média de viveiro de pesca das ervas marinhas está estimada em 618 505 dólares por hectare e por ano.¹⁷ As ervas marinhas também protegem as linhas costeiras das tempestades, da subida do nível do mar e das inundações, que agravam a erosão costeira. Além disso, são consideradas biofiltros naturais para as águas costeiras, uma vez que purificam a água de nutrientes, contaminantes e outras partículas através das suas folhas e raízes, tais como nitratos, fosfatos e amónio. Os prados de ervas marinhas, como as espécies *Halodule* e *Halophila*, podem também ser fontes de alimento para os dugongos, manatins, tartarugas marinhas e cavalos-marinhos, carismáticos e ameaçados de extinção.

3.3 Ecossistemas sinérgicos: Mangues e ervas marinhas

Os mangais estão por vezes interligados com pradarias de ervas marinhas (e recifes de coral), o que resulta em ligações funcionais.¹⁸ A biodiversidade da flora e da fauna nas pradarias de ervas marinhas e nos mangais florestados pode incluir - dependendo do habitat - uma variedade de mamíferos, répteis, anfíbios, insectos, aves, plantas, macroalgas e fungos. A isto junta-se a diversidade adicional de espécies de vertebrados e invertebrados, alguns dos quais são animais raros e ameaçados de extinção. Os peixes, camarões e caranguejos juvenis também beneficiam do ambiente físico calmo, com baixas velocidades de corrente e ação reduzida das ondas nos mangais e prados de ervas marinhas. Têm também acesso à oferta de alimentos e podem crescer até atingirem um tamanho que lhes permita regressar aos recifes de coral, aos locais ao largo e aos rios a montante.

3.4 Sapais

Os sapais são zonas húmidas de maré compostas por gramíneas, ervas e arbustos tolerantes ao sal que florescem entre a terra e a água salgada aberta. Os sapais protegem as linhas costeiras da erosão, amortecendo a ação das ondas e retendo os sedimentos. Reduzem as inundações, abrandando e absorvendo a água da chuva, protegendo a qualidade da água através da filtragem do escoamento e metabolizando o excesso de nutrientes. Os pântanos podem reduzir a erosão, estabilizar as linhas costeiras, proteger contra as tempestades e suportar espécies cruciais para a pesca recreativa e comercial, a caça, a observação de aves e outras actividades. Os sapais são um tipo de habitat estuarino que actua como um enorme filtro, removendo poluentes como pesticidas e metais pesados da água que os atravessa. A capacidade

destas zonas húmidas costeiras para armazenar quantidades significativas de carbono, principalmente no solo, impulsionou a ação climática que orienta os países para a implementação de estratégias climáticas globais de sequestro de carbono, conhecidas como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC). Os sapais armazenam entre 65 e 95% do seu carbono nos seus solos subterrâneos.^{19,20} Os solos costeiros húmidos têm níveis de oxigénio muito mais baixos do que os do solo da floresta, o que faz com que a matéria vegetal morta demore mais tempo a decompor-se. Consequentemente, o carbono armazenado nos solos costeiros pode permanecer aí retido durante milhares de anos. Relativamente aos benefícios culturais, os sapais proporcionam um terreno para a pesca recreativa, o turismo de natureza, a educação, as oportunidades de investigação e, por vezes, a caça.²¹

3.5 Florestas de algas

As florestas de kelp ocorrem em águas temperadas e podem ocorrer esporadicamente em águas profundas mais quentes. O papel das florestas de kelp como sumidouro de carbono é uma área de investigação ativa. No entanto, as kelps contribuem de forma essencial para o ciclo do carbono, convertendo o carbono inorgânico em biomassa orgânica, que armazena carbono a curto prazo. A biomassa de algas que não é pastoreada pode ser enterrada no fundo do mar ou transportada para profundidades superiores a 1000 metros para armazenamento de carbono a longo prazo.¹⁶ Para além do carbono, as florestas de algas suportam a biodiversidade e os habitats de muitas espécies nas suas extensas copas verticais. Na Noruega, por exemplo, foi demonstrado que um único indivíduo de alga *L. hyperborea* suporta cerca de 80 000 organismos de mais de 70 espécies.²² As florestas de algas marinhas saudáveis podem também desempenhar um papel essencial na atenuação dos impactos das tempestades em zonas costeiras vulneráveis, amortecendo a intensidade das ondas geradas antes de atingirem terra.

As algas geram valor de uso direto através da colheita de algas, da pesca comercial e recreativa e das actividades turísticas que apoiam. O cultivo de algas é uma indústria em rápido crescimento para produtos comestíveis para alimentação humana e animal. O alginato é também extraído das algas castanhas e é utilizado como estabilizador de produtos alimentares, como gelados e outros produtos lácteos, e também como espessante e emulsionante para saladas, pudins, compotas, sumo de tomate e produtos enlatados.

to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy*, 65, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.020>

- Fourqurean, J., Duarte, C., Kennedy, H., et al. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5(7), 505-509. <https://doi.org/10.1038/ngeo1477>
- Arceo-Carranza, D., Chiappa-Carrara, X., Chávez López, R., & Yáñez Arenas, C. (2021). Mangroves as Feeding and Breeding Grounds. In R.P. Rastogi, M. Phulwaria, & D.K. Gupta (Eds.), *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management* (pp. 41-63). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2494-0_3
- Tol, S.J., Jarvis, J.C., York, P.H., et al. (2017). Long distance biotic dispersal of tropical seagrass seeds by marine mega-herbivores. *Scientific Reports*, 7, 4458. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04421-1>
- Lellis-Dibble, K. A. (Kimberly A.) et al. (2008). Estuarine fish and shellfish species in U.S. commercial and recreational fisheries: economic value as an incentive to protect and restore estuarine habitat.
- Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, F., Tol, S., & van Eijk, P. (2014). *Mangroves for Coastal Defence: Guidelines for Coastal Managers & Policy Makers*.
- Menéndez, P., Losada, I.J., Torres-Ortega, S., et al. (2020). The Global Flood Protection Benefits of Mangroves. *Scientific Reports*, 10, 4404. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61136-6>
- Girones, L., Oliva, A.L., Negrin, V.L., Marcovecchio, J.E., & Arias, A.H. (2021). Persistent organic pollutants (POPs) in coastal wetlands: A review of their occurrences, toxic effects, and biogeochemical cycling. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112864. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112864>
- Innovation News Network. (2023). Marine pollution potentially mitigated by kelp farms. Retrieved 11-8-2023 from <https://www.innovationnewsnetwork.com/marine-pollution-potentially-mitigated-by-kelp-farms/29005/>
- Donato, D., Kauffman, J., Murdiyarso, D., et al. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4, 293–297. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>
- Alongi, D.M., Mukhopadhyay, S.K. (2015). Contribution of mangroves to coastal carbon cycling in low latitude seas. *Agricultural and Forest Meteorology*, 213, 266-272. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.10.005>
- United Nations Environment Programme. (n.d.). Protecting and restoring blue carbon ecosystems. Retrieved 11-8-2023 from <https://www.unep.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/protecting-restoring-blue-carbon-ecosystems/why-protecting>
- Howai, N. (2019). Provisioning and supporting services of mangroves. Retrieved from <https://research.reading.ac.uk/mangroves/provisioning-and-supporting-services-of-mangroves/>

Referências

- Potschin-Young, M., Haines-Young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K., & Schleyer, C. (2018). Understanding the role of conceptual frameworks: Reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services*, 29(Part C), 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.015>
- Wylie, L., Sutton-Grier, A. E., & Moore, A. (2016). Keys

15. Moore, A.C., Hierro, L., Mir, N., & Stewart, T. (2022). Mangrove cultural services and values: Current status and knowledge gaps. *People and Nature*, 4, 1083-1097. <https://doi.org/10.1002/pan3.10375>
16. United Nations Environment Programme. (2020). Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people. Retrieved 11-8-2023 from <https://www.unep.org/resources/report/out-blue-value-seagrasses-environment-and-people>
17. Dewsbury, B. M., Bhat, M., & Fourqurean, J. W. (2016). A review of seagrass economic valuations: Gaps and progress in valuation approaches. *Ecosystem Services*, 18, 68-77. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.02.010>
18. Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27(11), R507-R510. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.020>
19. Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (eds.) (2014). *Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.
20. Miller, L., Smeaton, C., Yang, H., & Austin, W. (2023). Carbon accumulation and storage across contrasting saltmarshes of Scotland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 282, 108223. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108223>
21. Shepard CC, Crain CM, Beck MW (2011). The Protective Role of Coastal Marshes: A Systematic Review and Meta-analysis. *PLOS ONE*, 6(11), e27374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027374>
22. Christie, H., Jørgensen, N., Norderhaug, K., & Waage-Nielsen, E. (2003). Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria Hyperborea*) along the Norwegian Coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 83(4), 687-699. <https://doi.org/10.1017/S0025315403007653h>