

Módulo 4: Trabalho de campo sobre carbono azul

1. A importância da avaliação do carbono azul

Como descobrimos nos módulos anteriores, o carbono azul refere-se ao carbono armazenado nos ecossistemas marinhos e costeiros, particularmente nos mangais, ervas marinhas e sapais. Estes ecossistemas são altamente produtivos e eficientes na captura de dióxido de carbono da atmosfera, através do processo metabólico da fotossíntese, e armazenam-no na sua biomassa e sedimentos sob a forma de matéria orgânica. A matéria orgânica particulada que provém dos ecossistemas terrestres ou marinhos adjacentes e que é transportada na coluna de água é também capturada e armazenada nos seus sedimentos. O carbono azul é um componente importante do ciclo global do carbono, pois ajuda a mitigar os impactos das alterações climáticas ao remover o dióxido de carbono da atmosfera.¹

Para compreender a importância dos ecossistemas de carbono azul na remoção do dióxido de carbono da atmosfera, é importante quantificar a quantidade de carbono armazenado nestes ecossistemas e as taxas a que é armazenado. Para tal, são necessárias avaliações no terreno para medir o carbono contido na biomassa e nos sedimentos dos ecossistemas de carbono azul.²

A quantificação do carbono azul no terreno é uma tarefa especializada que requer conhecimentos e formação em métodos de amostragem ecológica e de contabilização do carbono.² Esta tarefa é normalmente efectuada por cientistas. No entanto, existem iniciativas de ciência cidadã que visam envolver o público na recolha de dados sobre os ecossistemas de carbono azul.^{3,4}

2. Matéria orgânica e carbono azul

O carbono é um elemento que pode ser encontrado em duas formas, como carbono inorgânico e como carbono orgânico. O carbono inorgânico refere-se a compostos de carbono que se encontram em minerais como o carbonato de cálcio (CaCO_3), na atmosfera sob a forma de dióxido de carbono (CO_2) ou dissolvido na água do oceano sob a forma de dióxido de carbono (CO_2), bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}). O CO_2 atmosférico ou oceânico² é convertido em carbono orgânico (fosfoglicerato, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) por organismos fotossintéticos. As plantas dos mangais e dos sapais utilizam o CO_2 atmosférico enquanto as ervas marinhas utilizam o CO_2 dissolvido. O fosfoglicerato é o precursor de toda a matéria orgânica, que inclui muitos compostos como os açúcares, os lípidos, os ácidos nucleicos e as proteínas.

Quando falamos de carbono azul, referimo-nos à quantidade de carbono orgânico na biomassa de

plantas vivas de mangais, sapais ou ervas marinhas, e na matéria orgânica que está enterrada no sedimento (microrganismos e restos de plantas e animais). Nos sapais e nas ervas marinhas, a principal reserva de carbono azul encontra-se no sedimento porque as plantas são pequenas, ao passo que a reserva de carbono azul na biomassa viva das árvores dos mangais é muito mais elevada.

Note-se que as algas, as florestas marinhas compostas por grandes algas castanhas, também armazenam quantidades importantes de carbono orgânico. Estas algas marinhas crescem em substratos duros 1 a 25 metros abaixo da superfície do oceano e, portanto, não armazenam carbono em sedimentos como outras florestas azuis. Em vez disso, as algas armazenam temporariamente o carbono na sua biomassa viva, com fragmentos de algas - conhecidos como detritos - que acabam por chegar ao fundo do mar, onde este carbono pode ser armazenado durante centenas de anos. A ciência em torno da capacidade de armazenamento de carbono a longo prazo das kelps é controversa e altamente complexa devido à variabilidade e dificuldade de medição destas reservas de carbono azul. Por esta razão, este módulo não incluirá protocolos sobre como medir o carbono azul nas algas

3. How to Measure Blue Carbon

Para quantificar o carbono azul na biomassa dos ecossistemas de mangais, sapais e ervas marinhas, é necessário estimar a densidade da biomassa, ou a quantidade de biomassa seca por unidade de área. Isto pode ser feito facilmente em ecossistemas de sapal e ervas marinhas, recolhendo material vegetal de uma área conhecida e pesando as amostras depois de secas até um peso constante. Para amostrar uma área conhecida, pode utilizar-se uma estrutura quadrada, conhecida como quadrat, ou um cilindro, conhecido como core, para recolher a sua biomassa. A estimativa da densidade de biomassa de uma floresta de mangue só é possível utilizando equações alométricas, ou seja, equações que relacionam o diâmetro, altura e/ou volume das árvores com a biomassa. Existem diferentes equações alométricas disponíveis para diferentes espécies de mangue e regiões.

Após a aquisição das amostras, o teor de carbono da biomassa deve ser medido com um analisador CHN (carbono, hidrogénio e azoto). O equipamento queima a amostra a alta temperatura e a mistura gasosa resultante é separada em componentes individuais de carbono, hidrogénio e azoto, que são depois detectados e quantificados. Uma forma alternativa consiste em utilizar um fator de conversão que relaciona a biomassa com o

teor de carbono. O fator de conversão pode depender da espécie em questão.

Para quantificar o carbono azul armazenado nos sedimentos, é possível medir diretamente o carbono orgânico das amostras de solo com um analisador CHN ou medir a matéria orgânica e utilizar um fator de conversão que relacione a matéria orgânica com o teor de carbono. Existe um método fácil para estimar o teor de matéria orgânica, denominado perda na ignição (LOI). Este método consiste em aquecer amostras de sedimentos a uma temperatura elevada para queimar a matéria orgânica (que é convertida em carbono gasoso, ou seja, dióxido de carbono) e depois pesar as cinzas restantes. A diferença de peso entre a amostra original e as cinzas representa a quantidade de matéria orgânica, que pode ser convertida em carbono orgânico através de um fator de conversão.

Pode aceder ao protocolo do carbono azul sedimentar nos recursos do módulo aqui. Este serve como um guia valioso para mergulhar no fascinante domínio do carbono azul e obter informações sobre a avaliação dos sedimentos costeiros.

4. Pode contribuir para as avaliações Blue Carbon!

Os cidadãos podem certamente contribuir para a contabilização do carbono azul, efectuando avaliações de campo do carbono azul seguindo um protocolo científico normalizado e depois de receberem formação de profissionais. Neste módulo, apresentamos um protocolo de medição do carbono azul sedimentar a ser realizado por professores e seus alunos. Esta iniciativa teve início no âmbito de uma rede de educação ambiental para os serviços dos ecossistemas costeiros, estabelecida na região do Algarve, sul de Portugal, por investigadores do Grupo de Investigação em Ecologia Vegetal Marinha do Centro de Ciências do Mar do Algarve, em conjunto com escolas locais, ONGs e Centros de Educação Ambiental.

Foram realizados vários exemplos de projectos científicos de carbono azul orientados para os cidadãos em vários locais do mundo. Eis alguns exemplos dignos de nota:

1. "Seagrass Watch": O Seagrass Watch é um programa global de ciência cidadã que dá formação a voluntários para monitorizarem os prados de ervas marinhas nas suas áreas locais. As pradarias de ervas marinhas são importantes ecossistemas de carbono azul, e a monitorização da sua saúde e extensão pode fornecer dados valiosos para os esforços de investigação e conservação.
2. "Mangrove Watch": O Mangrove Watch é um programa de ciência cidadã centrado na monitorização e gestão dos ecossistemas de mangais na Austrália e noutros países. Os mangais são importantes ecossistemas de carbono azul, e o programa fornece formação e recursos para que os voluntários recolham dados sobre a saúde e a extensão das florestas de mangais.
3. "Laboratório de Carbono Azul": O Blue Carbon Lab é um projeto de ciência cidadã centrado na recolha

de dados sobre os ecossistemas de carbono azul na Austrália. Os voluntários são formados para recolher dados sobre pradarias de ervas marinhas, pântanos salgados e outros ecossistemas costeiros, que podem ser utilizados para informar os esforços de conservação e recuperação.

5. Siga estes passos simples para efetuar uma avaliação do carbono azul e desvendar as maravilhas ocultas dos seus ecossistemas costeiros

1. Identificar a área de estudo: Determinar a localização e a extensão da área que pretende avaliar em termos de carbono azul. Isto pode incluir mangais, ervas marinhas e sapais.
2. Selecionar o método de amostragem: Escolha um método adequado para a amostragem do ecossistema de carbono azul. Existem vários métodos disponíveis, incluindo a amostragem de núcleos.
3. Recolher os dados: Depois de ter selecionado o método de amostragem, pode começar a recolher os dados necessários. Isto pode envolver a recolha de amostras de sedimentos, a medição da profundidade da água ou a realização de medições do coberto vegetal. Para mais informações, consulte o "Protocolo Blue Carbon" nos recursos.
4. Analisar os dados: Depois de recolher os dados, terá de os analisar para determinar a quantidade de carbono armazenado no ecossistema. Isto pode envolver a análise laboratorial de amostras de sedimentos.
5. Interpretar os resultados: Depois de analisar os dados, pode interpretar os resultados para compreender a capacidade de armazenamento de carbono do ecossistema de carbono azul. Também pode usar os resultados para identificar áreas para conservação ou restauração.
6. Comunicar os resultados: Partilhe os resultados da sua avaliação do carbono azul com os intervenientes relevantes, incluindo funcionários governamentais, comunidades locais e organizações de conservação. Isso pode ajudar a aumentar a conscientização sobre a importância dos ecossistemas de carbono azul e informar as decisões políticas relacionadas aos esforços de conservação e restauração.
7. Outras actividades podem incluir:
 - Avaliações de habitats: Realização de avaliações de habitats para identificar áreas com elevada biodiversidade e potencial de carbono azul. Isto pode envolver inquéritos no terreno, deteção remota e outros métodos para determinar a distribuição e extensão de diferentes ecossistemas.
 - Amostragem da biodiversidade: Recolha de dados sobre a composição, abundância e distribuição das espécies em diferentes habitats.

Isto pode envolver a utilização de técnicas como inquéritos por transectos, contagens pontuais e armadilhas fotográficas.

- Amostragem de carbono: Recolha de amostras de sedimentos e plantas para medir a quantidade de carbono armazenado nos ecossistemas de carbono azul.
- Envolvimento da comunidade: Colaborar com as comunidades locais para aumentar a sensibilização para a importância da biodiversidade e dos ecossistemas de carbono azul, e envolvê-las nos esforços de monitorização e conservação.
- Actividades de recuperação: Implementação de actividades de restauração para aumentar a biodiversidade e a capacidade de armazenamento de carbono azul. Estas actividades podem envolver a recuperação de habitats degradados, a plantação de pradarias de ervas marinhas e a reflorestação de mangais.
- Análise de dados e relatórios: Analisar os dados recolhidos das actividades de amostragem da biodiversidade e do carbono e apresentar relatórios sobre os resultados. Isso pode envolver o uso de métodos estatísticos para analisar dados e apresentar os resultados em mapas, gráficos e outros formatos.

Ao combinar a amostragem da biodiversidade com avaliações do carbono azul, é possível obter uma compreensão abrangente dos valores ecológicos e de armazenamento de carbono dos ecossistemas costeiros. Esta informação pode ser utilizada para informar os esforços de conservação e recuperação, bem como para sensibilizar para a importância destes ecossistemas na mitigação e adaptação às alterações climáticas.

Ao organizar uma visita de estudo a um ecossistema de carbono azul, é importante garantir a segurança dos participantes e a preservação do ambiente. Não se esqueça de seguir todas as regras e regulamentos estabelecidos para as visitas de estudo e de promover a sensibilização para a importância da preservação do ecossistema de carbono azul.

Ecosystem Services Concept in Formal and Informal Education: The Example of Coastal Ecosystems of Southern Portugal. *Front. Mar. Sci.* 6:626. doi: 10.3389/fmars.2019.00626

4. Blue Carbon Lab (2022) Building Adaptive Capacity in the Gippsland Region: Wetland Restoration Citizen Science Program. <https://www.youtube.com/watch?v=d9mZRRC3F9A>

Referências

1. Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdrés, L., Young, C. D., Fonseca, L., & Grimsditch, G. (2009). *Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon*. UN Environment, GRID-Arendal.
2. 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.
3. Barracosa H, de los Santos CB, Martins M, Freitas C and Santos R (2019) Ocean Literacy to Mainstream

