



MÓDULO 10.

Introdução a técnicas de investigação e monitorização



KIT DE FORMAÇÃO
BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO DAS TARTARUGAS MARINHAS
NA ÁFRICA OCIDENTAL



MÓDULO 10.

INTRODUÇÃO A TÉCNICAS DE MONITORIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO

DESCRIÇÃO DO MÓDULO

As populações de tartarugas marinhas são monitorizadas nos quatro cantos do mundo. Existem protocolos de monitorização de aplicação bastante generalizada (com adaptações locais), independentemente das espécies estudadas, algo que facilita estudos comparativos entre praias próximas, países vizinhos, bacias oceanográficas e à escala global. A recolha de dados biométricos, assim como os protocolos de marcação e identificação de indivíduos, é standardizada.

A generalidade dos programas de monitorização baseia-se na recolha de dados relativamente simples que nos informam sobre a abundância de tartarugas e as tendências populacionais. Para além disto, novas tecnologias e sofisticados instrumentos de investigação têm vindo a expandir significativamente o nosso conhecimento e compreensão sobre as tartarugas marinhas, a sua biologia e comportamento, o que tem contribuído para cientistas e gestores tomarem decisões informadas e maximizarem o impacto das suas ações de conservação.

A combinação de programas de monitorização e de projetos de investigação é cada vez mais necessária para assegurar estratégias de conservação que venham a ter impactos duradouros e positivos nas populações mais ameaçadas. Neste módulo, abordamos algumas das atividades de monitorização mais básicas e comuns à maior parte dos programas de conservação e que são mais frequentemente desenvolvidas na sub-região. Apresentamos também várias ferramentas e metodologias que são usadas com frequência no estudo da biologia e ecologia de tartarugas marinhas.

TEMAS ABORDADOS

SLIDES

a) Monitorização e investigação: Porquê?	3 – 4
b) Estudo nas áreas de reprodução	5 – 15
c) Estudo nas áreas de alimentação	16 – 26
d) Estudo nas rotas de migração	27 – 31

DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS

- √ Conhecer alguns parâmetros que são frequentemente monitorizados nas populações de tartarugas marinhas e as respetivas técnicas de monitorização.
- √ Compreender a utilidade da marcação e identificação de indivíduos nas áreas de reprodução e de alimentação
- √ Conhecer alguns métodos usados nos programas de investigação que oferecem informação sobre a ecologia em áreas de alimentação e sobre a conectividade migratória

GUIA DA APRESENTAÇÃO

#	TÍTULO E CONTEÚDO
1.	Apresentação do módulo (capa)
2.	Descrição dos objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Conhecer alguns parâmetros que são frequentemente monitorizados nas populações de tartarugas marinhas e as respetivas técnicas de monitorização.• Compreender a utilidade da marcação e identificação de indivíduos nas áreas de reprodução e de alimentação.• Conhecer alguns métodos usados nos programas de investigação que oferecem informação sobre a ecologia em áreas de alimentação e sobre a conectividade migratória.
3.	Monitorização e investigação: porquê? <ul style="list-style-type: none">• A monitorização é a base de qualquer programa de conservação, pois permite determinar a importância relativa das diferentes populações, bem como avaliar o estado de conservação de uma população ou de uma espécie, acompanhar a sua evolução ao longo do tempo e avaliar a eficácia das ações de conservação em curso.• A investigação, apesar de não ser uma medida de conservação em si mesma, é uma ferramenta fundamental, sem a qual seria impossível determinar quais as medidas de conservação a adotar. É através da investigação que obtemos conhecimento sobre a biologia, a ecologia e a história de vida das diferentes espécies de tartarugas marinhas, compreendemos qual o papel das diferentes ameaças nas suas dinâmicas populacionais e identificamos locais e estratégias de atuação prioritárias para a conservação.• Idealmente, os programas de conservação das espécies devem ser informados quer por ações de monitorização quer pelos resultados da investigação científica.
4.	Monitorização e investigação <ul style="list-style-type: none">• O primeiro passo na avaliação do estado de conservação de uma população ou espécie num determinado local é localizar os indivíduos que fazem parte dela, seguindo-se a sua quantificação e a determinação da sua distribuição espacial e temporal no local de estudo. O levantamento de informação de base adicional sobre parâmetros biológicos e demográficos das populações é igualmente comum em muitos programas de monitorização.• A natureza migratória e o ciclo de vida complexo das tartarugas marinhas tornam-nas bastante difíceis de estudar: são mais facilmente monitorizadas nas praias de nidificação (onde são mais facilmente acessíveis) mas passam a quase totalidade das suas vidas no mar. Para criar estratégias de conservação eficazes, precisamos de preencher as lacunas do nosso conhecimento sobre a distribuição e uso nas áreas de alimentação e sobre as rotas de migração.

5. Áreas de reprodução (Separador)

6. Monitorização de praias

- Como as tartarugas marinhas vêm para terra para nidificar, a monitorização da atividade de nidificação é amplamente reconhecida como a forma mais fácil de avaliar a abundância relativa de indivíduos em cada população e a respetiva tendência demográfica.
- A base de qualquer programa de monitorização nas praias de desova é a quantificação das atividades de desova, preferencialmente feita de forma regular e durante uma boa parte da temporada. Este levantamento é feito, normalmente, durante censos diurnos, preferencialmente nas primeiras horas da manhã para garantir a frescura dos rastos.
- Todo o tipo de atividades, incluindo aquelas que não resultam num ninho (rastos falsos), são geralmente contabilizadas e por vezes podem ser associadas a uma localização específica (georreferenciadas) ou a um setor de praia. Esta informação permite estabelecer a distribuição espacial das atividades ao longo da área de estudo.
- Sendo que nem todas as subidas à praia resultam na postura de ovos, confirma-se, na medida do possível, a existência de um ninho efetivo através da localização dos ovos. O número de ninhos efetivos é um parâmetro útil para estimar o número de fêmeas corretamente, principalmente quando outros parâmetros, como o número médio de ninhos por fêmea e o intervalo de tempo entre posturas, podem ser também estimados.

7. Monitorização de praias: alta densidade de desova

- Na ilha de Poilão, chegam a ser registadas mais de 2000 atividades de tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) por noite em apenas 2 km de praia, o que pode dificultar muito a monitorização dos ninhos.
- Em Cabo Verde, algumas praias pequenas recebem também, cada noite, centenas de atividades de tartarugas-comum (*Caretta caretta*) no pico da temporada de desova.
- A dificuldade de contabilizar as atividades nestas praias deve-se, por um lado, às limitações das equipas no terreno, que dificilmente conseguem dar conta do recado de registar cada uma das atividades. Por outro lado, as várias fêmeas que desovam na mesma noite podem passar por cima de rastos de outras fêmeas, durante a sua subida na praia, tornando os rastos anteriores ilegíveis.
- Nestas praias, a contagem de atividades torna-se muito difícil, sendo necessário recorrer a correções estatísticas para estimar o número aproximado de atividades.

8. Identificação de fêmeas: programa de captura-marcação-recaptura

- A identificação de indivíduos é essencial para determinar parâmetros reprodutivos que são essenciais para as estimativas do tamanho das populações (como a frequência da

desova e o intervalo de remigração), permitindo aos investigadores reduzir em muito o erro destas estimativas.

- As fêmeas são normalmente intercetadas durante a desova nas praias. O contacto direto com as fêmeas permite a recolha de informação adicional, como dados biométricos e comportamentais.
- Por serem feitos principalmente durante a noite, os programas de captura-marcação-recaptura (CMR) requerem recursos e logística específicos, que nem sempre estão disponíveis para os projetos de conservação. Limitações como uma baixa densidade de ninhos ou fêmeas, dificuldades de acesso às praias e pouca capacidade a nível de recursos humanos podem não justificar este esforço.

9. Identificação das fêmeas

- A identificação de tartarugas marinhas individuais, sejam elas juvenis ou adultas, é feita tradicionalmente através da colocação de “anilhas” nas extremidades das barbatanas (marcação externa) ou da inserção intramuscular de microchips, mais conhecidos como “PIT tags” ou PITs (PIT = “passive integrated transponders”). Esta segunda técnica requer um leitor eletrónico para aceder ao código de identificação.
- As “anilhas” (na verdade não têm a forma de uma anilha, mas este nome vem da analogia com a marcação de aves) podem ser de plástico ou de metal, e são como que agrafadas às barbatanas das tartarugas. Cada anilha contém um código de identificação único na parte da frente e um endereço de contacto atrás. Quando uma tartaruga é observada com uma anilha e o código não é do esquema usado pelo próprio observador, a informação pode ser enviada para o endereço de contacto para se obter mais detalhes sobre a origem da tartaruga.
- A colocação de anilhas é o método mais comum e eficaz a curto prazo para identificar indivíduos e os seus movimentos, estando a informação prontamente disponível a qualquer pessoa que as leia. Muitos projetos utilizam os dois métodos de marcação em conjunto, ou dão preferência aos PITs, dado que estes, pela sua colocação intramuscular, oferecem um maior grau de retenção.

10. Análise de dados: tamanho da população

- Contar o número exato de fêmeas nidificantes numa população reprodutora é uma tarefa quase impossível, mesmo com um programa CMR implementado, especialmente em locais onde a monitorização é inconstante, não inclui todas as praias de desova da população, ou começou há pouco tempo.
- O número de fêmeas nidificantes na população num dado ano é normalmente estimado de forma indireta, usando uma fórmula muito básica em que se utiliza o número de ninhos registados numa temporada e a estimativa do número de posturas que cada fêmea coloca numa temporada.

11. Análise de dados: tendência da população

- Devido à existência de oscilações naturais no número de tartarugas que se reproduz em cada ano, o número de fêmeas ou ninhos numa determinada temporada pode não ser representativo da realidade da população.
- Normalmente, as fêmeas fazem mais de um ninho por temporada e não tendem a fazer ninhos em anos consecutivos, o que pode levar a oscilações acentuadas no número de ninhos registados em cada temporada. Estas oscilações provavelmente refletem flutuações das condições ambientais nas áreas de alimentação da população adulta (por exemplo, flutuações na disponibilidade alimentar para as tartarugas) e não um aumento da mortalidade ou do recrutamento.
- Por estas razões, é imprudente assumir uma tendência na população com base nos números de poucas temporadas.

12. Análise de dados: distribuição temporal e espacial das atividades

- Na ilha de Poilão, a análise da frequência de desovas ao longo do tempo ajudou a perceber quais são os meses do ano em que é expectável ocorrer o pico de atividade (neste caso, agosto, setembro e outubro). Esta informação permite planejar com antecipação o programa de monitorização, estudo e conservação, otimizando os recursos disponíveis.
- Já a análise da distribuição espacial da desova, ajuda a determinar quais os locais com maior densidade de ninhos, como vemos no exemplo das ilhas de João Vieira e de Cavalos (arquipélago dos Bijagós), no slide. Com esta informação, os programas de monitorização e conservação têm indicação do local onde devem concentrar os esforços de monitorização, e podem também perceber onde as fêmeas nidificantes e os ninhos estão mais vulneráveis a determinadas ameaças.

13. Análise de dados: identificação de ameaças

- A monitorização dos ninhos durante todo o período de incubação até à eclosão dos ovos é normalmente feita pelos programas de conservação, estando as equipas atentas às principais ameaças, que incluem a predação dos ninhos e a perda dos ninhos resultante da erosão costeira ou da inundação. Os resultados desta monitorização podem informar a adoção de medidas como a proteção direta dos ninhos ou a transladação dos ovos para locais seguros.
- O registo da mortalidade de fêmeas nidificantes e das suas causas é também importante para acionar medidas de conservação específicas.

14. Análise de dados: monitorização das temperaturas de incubação

- As alterações climáticas e as suas consequências têm sido referidas como uma das principais ameaças às tartarugas marinhas nas suas áreas de desova e, portanto, objeto de vários projetos de investigação.
- Uma vez que as tartarugas marinhas exibem determinação sexual dependente da temperatura, a monitorização das temperaturas de incubação é importante para avaliar

qual será o impacto das transladações de ovos, bem como das alterações climáticas no rácio sexual das crias.

- A medição da temperatura de incubação pode ser conseguida através da inserção de leitores automáticos que fornecem leituras regulares da temperatura dentro da câmara de ovos durante todo o período de incubação. Sabendo-se alguns parâmetros de base, como a temperatura-pivot para aquela população (isto é, a temperatura à qual nascem iguais proporções de tartarugas fêmeas e machos), o rácio sexual pode ser então inferido com base nas temperaturas médias de incubação registadas.
- As leituras podem ser modeladas e correlacionadas com outras variáveis ambientais, tais como a temperatura do ar, a precipitação ou a cobertura vegetal, para obter uma visão mais holística dos processos que podem afetar a temperatura de incubação.
- A única forma de saber o sexo de uma cria é através da observação histológica das gónadas, já que, até à fase adulta, as tartarugas não exibem características sexuais externas. No entanto, esse trabalho exige o sacrifício das crias, ou a utilização de crias mortas, e, por questões éticas, só é usado para questões muito específicas de investigação. Sendo assim, a monitorização das temperaturas de incubação é o método mais utilizado para estimar o rácio sexual das crias de tartarugas marinhas.

15. Análise de dados: avaliação do sucesso dos ninhos

- As estimativas de sucesso reprodutivo das tartarugas marinhas são um indicador-chave do sucesso de medidas de conservação implementadas nas áreas de reprodução.
- Nem sempre é possível registar a eclosão dos ninhos e contabilizar as crias recém-eclodidas diretamente. Para uma estimativa confiável do sucesso do ninho faz-se a escavação e a inventariação dos conteúdos do ninho após a eclosão e emergência das crias. Se a eclosão não se der, uma vez terminado um período considerado como máximo para a incubação dos ovos, faz-se a abertura do ninho para verificar o que aconteceu.
- Existem dois parâmetros usados para estimar o sucesso de um ninho: a taxa de sucesso de eclosão (a proporção de ovos desse ninho que eclodem) e a taxa de sucesso da emergência de crias (a proporção de crias que emergem do ninho com sucesso). Estas informações permitem avaliar qual o impacto de fatores abióticos (relacionados com o clima, o alagamento ou a erosão marinha), bióticos (por exemplo, predação ou infeção por fungos patogénicos), ou inerentes à fêmea (fertilidade, por exemplo) no desenvolvimento dos embriões e no sucesso dos ninhos.
- Após a eclosão, é igualmente possível estudar as crias antes de estas entrarem no mar, recolhendo por exemplo dados de base da sua biometria (peso e tamanho), ou procedendo à sua amostragem para estudos de genética.

16. Áreas de alimentação (separador)

17. Identificação de áreas de alimentação: métodos indiretos

- A identificação de áreas de alimentação, e subsequente estudo dos animais que as utilizam (discutido mais adiante), permite obter dados sobre juvenis, sub-adultos e machos adultos de uma população.
- Dados oportunistas, resultantes da observação de animais arrojados nas praias, capturados acidentalmente em artes de pesca ou à venda em mercados ou lotas, podem ser úteis para identificar áreas de alimentação próximas e assim delinear o ponto de partida de um programa de investigação no mar. Estas observações podem ser complementadas, por exemplo, por informação de locais mais exatos obtidos junto de pescadores.

18. Identificação de áreas de alimentação: métodos diretos

- A observação direta de tartarugas marinhas em áreas de alimentação é desafiante, dados os problemas de visibilidade limitada na água e as limitações de movimentação e de acesso ao oceano, fatores que podem também variar ao longo das estações do ano. Os custos em meios materiais (embarcações, combustível) e em meios humanos envolvidos na monitorização no mar são muitas vezes elevados.
- O método mais simples, e que pode ser aplicado em quase qualquer local, é a realização de transectos lineares à superfície da água, em barcos e afins, em que se procura observar as tartarugas quando estas vêm à superfície respirar ou aquecer-se. Uma vez identificadas as áreas-chave, podem ser feitos levantamentos mais concisos, que podem passar pela realização de transectos subaquáticos, por mergulho livre ou com escafandro, se a transparência da água o permitir.
- Recentemente, o uso de drones tem mostrado resultados promissores na deteção de tartarugas marinhas a partir de imagens aéreas, permitindo cobrir grandes áreas num curto espaço de tempo.
- Em locais onde as atividades náuticas são bastante desenvolvidas, o registo fotográfico de animais feito por residentes e por turistas pode ser uma excelente forma de promover a ciência-cidadã e de obter informação adicional sobre a presença e os movimentos dos animais numa determinada área.

19. Captura de indivíduos

- A captura de animais em áreas de alimentação tem várias utilidades, permitindo, nomeadamente, tal como a observação de fêmeas nas praias de desova, identificar indivíduos. Outros propósitos podem incluir a recolha de dados biométricos, da prevalência de parasitas ou doenças, e de amostras de tecidos.
- A modelação estatística de dados de CMR pode, por exemplo, revelar padrões de residência e de imigração ou emigração nas áreas de alimentação. Também contribui para determinar o tamanho da população e a estrutura populacional de uma área de alimentação num dado momento.
- As formas mais usuais para capturar tartarugas no mar são o uso de redes de cerco, redes de emalhar ou as capturas manuais por pessoas em apneia ou em mergulho. É possível também pedir a pescadores locais que informem as equipas de conservação/investigação no caso de capturarem acidentalmente animais; as equipas podem assim aproveitar a

situação para proceder ao levantamento de dados dos animais capturados antes da sua libertação.

- Outro método usado com frequência, e que pode ser empregue quando apenas se pretende identificar o indivíduo sem manuseá-lo, é a fotografia de tartarugas observadas durante a prática de mergulho. As imagens obtidas são processadas através de programas de foto-identificação.
- Em qualquer caso, a técnica empregada vai depender muito das características do local a ser amostrado, assim como dos recursos disponíveis e dos objetivos dos estudos.

20. Captura de indivíduos

- Na sub-região da África Ocidental, onde as águas são frequentemente turvas, o método de captura mais usado para fins de monitorização e investigação é o uso de redes de emalhar e de cerco, manuseadas por pescadores locais.
- Estas redes são lançadas ao mar em locais rasos de forma a rodear ou bloquear um determinado local onde foram avistadas tartarugas. Ao entrar em contacto com a rede, as tartarugas ficam emaranhadas e as redes são rapidamente retiradas da água para evitar o afogamento dos animais.
- Na Mauritânia, por exemplo, estas técnicas são utilizadas com a participação dos funcionários do Parque Nacional do Banco de Arguim, dos pescadores Imraguen e dos investigadores.

21. Identificação de indivíduos

- Os métodos tradicionais (marcação externa e interna) mencionados para a marcação das fêmeas nas praias de desova são aplicáveis, e ainda são os mais comuns, nos programas de investigação em áreas de alimentação.
- As duas técnicas mencionadas anteriormente obrigam ao manuseamento das tartarugas a serem marcadas. Um método de identificação não invasivo é a foto-identificação, em que são tiradas fotos das escamas faciais das tartarugas marinhas e comparadas com outras fotos anteriormente obtidas. O método é bastante fiável, já que os padrões das escamas faciais são únicos, tal qual como uma impressão digital humana, e são naturalmente estáveis a longo prazo. O registo complementar de danos ou de características únicas das tartarugas pode também ajudar na sua identificação.
- A foto-identificação é usada quase exclusivamente em áreas de alimentação, já que o uso de fotografia com *flash* é desaconselhado em fêmeas nas praias de desova. A técnica é especialmente útil em locais ou momentos em que pode não ser possível proceder à captura ou marcação das tartarugas, como debaixo de água, ou quando as tartarugas são capturadas por pessoas que não têm equipamento de marcação disponível. No entanto, a qualidade da foto é altamente dependente das condições da água e da “colaboração” das tartarugas no momento da fotografia.
- Nos tempos de hoje, em que grande parte da população já tem acesso a uma câmara fotográfica nos seus telemóveis, ou mergulha com equipamento fotográfico, esta é uma

excelente forma de envolver "cientistas cidadãos" (isto é, membros do público geral com pouca ou nenhuma formação científica) na monitorização das tartarugas marinhas.

22. Parâmetros biométricos: estrutura demográfica

- A obtenção de dados biométricos, como o comprimento e a largura da carapaça de tartarugas marinhas nas áreas de alimentação, permite-nos obter uma ideia da estrutura demográfica, ou seja, da distribuição etária da população estudada.
- Numa área de alimentação, é comum ver uma distribuição de comprimentos de carapaça heterogénea, verificando-se a presença de diferentes faixas etárias, desde indivíduos recém-recrutados, juvenis, sub-adultos (em fase de maturação sexual) e adultos. A distribuição dos tamanhos dos adultos é mais homogénea, pois o crescimento destes é bastante mais lento.
- Damos o exemplo de uma distribuição típica de uma área de alimentação de tartarugas-verdes; os valores de referência usados para separar as diferentes classes etárias são retirados de várias publicações para esta espécie no Atlântico. A passagem da fase juvenil à sub-adulta corresponde ao aparecimento dos primeiros sinais de maturação sexual (gónadas bem definidas). Os tamanhos de referência para a maturação sexual definida são obtidos normalmente através da medição de adultos nas zonas de reprodução.
- A monitorização da variação do tamanho de indivíduos recapturados ao longo do tempo ajuda também a estabelecer taxas de crescimento, um parâmetro especialmente interessante nas populações de juvenis, onde as taxas de crescimento são mais rápidas.

23. Avaliação da condição física

- A avaliação da condição física das tartarugas marinhas capturadas nas áreas de alimentação ajuda-nos a perceber o tipo de stresses que podem afetar a saúde das tartarugas nestes locais. Algumas observações típicas incluem o registo da existência ou não de tumores externos (como aqueles que são causados pela fibropapilomatose), traumas físicos (como perda das barbatanas ou mordidas de tubarão) ou anomalias físicas.
- A avaliação pode ser complementada pela análise de sangue e tecido para obter parâmetros bioquímicos para um melhor diagnóstico, no caso de doenças ou de exposição a contaminantes. São exemplos exames de sangue (hemogramas), feitos para identificar alterações na quantidade de células que compõem o sangue e que ocorrem principalmente quando os animais estão expostos a stress físico, como infeções. No entanto, as informações sobre valores-referência para vários parâmetros e para os seus intervalos ainda são limitadas.
- Estas mesmas colheitas podem ser também usadas para outros estudos, nomeadamente de genética ou de composição em isótopos estáveis, discutidos mais adiante.

24. Ecologia em áreas de alimentação: métodos diretos

- Conhecer detalhes sobre o tipo de dieta das tartarugas marinhas é útil e interessante por várias razões, sendo uma delas, perceber o tipo de habitats que podem ser mais

frequentados. A análise dos conteúdos do tubo digestivo é uma das formas mais diretas de conhecer a dieta.

- No caso de arrojamentos de animais mortos ainda frescos, muitas vezes estes têm o estômago cheio de alimento, sendo que a necropsia permite aceder e estudar o conteúdo estomacal.
- Em tartarugas marinhas vivas, independentemente do contexto em que foram capturadas, é possível fazer uma lavagem estomacal. No entanto, esta técnica é pouco usada, por ser considerada muito invasiva e tecnicamente de difícil execução. A inspeção cuidadosa do interior da boca e do esófago é menos invasiva e, apesar de não ser tão eficiente, pode dar uma indicação da dieta.
- A forma mais simples de conhecer a dieta consiste em, durante uma atividade de mergulho ou de *snorkelling*, observar diretamente a tartaruga a alimentar-se debaixo de água. Mas nem sempre isso é fácil, pois em muitas zonas, como na generalidade do litoral oeste-africano, as águas são turvas e a visibilidade baixa ou quase nula.

25. Ecologia em áreas de alimentação: análise de isótopos estáveis

- Uma técnica mais complexa e indireta de conhecer a dieta das tartarugas marinhas envolve comparar a composição em isótopos estáveis encontrados nos seus tecidos e nas suas potenciais presas.
- Os isótopos são elementos que possuem o mesmo número atómico, porém com um número de massa diferente (mesmo número de prótons, mas número diferente de neutrões); a relação entre isótopos pesados e leves do mesmo elemento nos tecidos de animais e de algas ou de plantas, denominada por “assinatura isotópica”, é o parâmetro usado nos estudos de ecologia. Estas relações variam ao longo das cadeias tróficas e são incorporadas no tecido dos animais através da sua dieta. A análise das assinaturas isotópicas dos tecidos das tartarugas (como a pele ou o sangue) e a comparação as assinaturas de outros organismos permitem inferir a posição das tartarugas marinhas nas cadeias alimentares.
- No estudo da ecologia alimentar das tartarugas marinhas utiliza-se principalmente as assinaturas isotópicas do Carbono ($d^{14}C$) e do Azoto ($d^{15}N$), sendo que a letra “d” é denominada por “delta”.
- As assinaturas do Azoto (dN) são resultado do metabolismo de proteínas e aumentam com o nível trófico em cerca de 3,4‰, ou seja, animais que se alimentam em níveis tróficos mais baixos, como os herbívoros, têm valores de assinaturas do Azoto mais baixas (como é o caso da tartaruga-verde) e animais carnívoros têm valores mais altos (como o caso da tartaruga-comum).
- As assinaturas do Carbono (dC) refletem os produtores primários dos ecossistemas aquáticos, sendo os seus valores mais baixos em zonas neríticas, comparados com os valores em zonas oceânicas.

26. Ecologia em áreas de alimentação: exemplo de aplicação de isótopos estáveis

- Um estudo na região oeste-africana amostrou tartarugas-verdes numa área de alimentação, assim como vários exemplares de três tipos de itens de dieta prováveis: ervas marinhas, macroalgas e folhas de mangais.
- Os valores das assinaturas dos itens de dieta potenciais (triângulos verdes = ervas marinhas, círculos amarelos, verdes e encarnados = algas, triângulos castanhos = mangais) foram usados para determinar o nicho trófico associado ao consumo desses itens (polígonos), e as assinaturas isotópicas das tartarugas amostradas (quadrados coloridos) foram sobrepostas no mesmo gráfico. No exemplo dado, pode concluir-se que as tartarugas amostradas se alimentam principalmente de macroalgas.

27. Rotas de migração (separador)

28. Ecologia espacial

- Sendo as migrações um dos aspetos mais fascinantes da ecologia das tartarugas marinhas, não é de admirar que se invista muito esforço em tentar perceber como e onde estas migrações ocorrem.
- A telemetria faz com que seja possível acompanhar as tartarugas marinhas durante várias fases do seu ciclo de vida, pois permite a recolha *in-situ* e em tempo real de dados de localização, mesmo em locais remotos. Os dados são recolhidos por equipamentos especializados que os transmitem automaticamente a equipamentos recetores como satélites ou antenas.
- Além da localização, alguns equipamentos medem outros parâmetros, como a profundidade a que as tartarugas mergulham ou a temperatura das águas em que se movimentam. Este tipo de dados ajuda-nos a perceber, por exemplo, quais os fatores que podem limitar a dispersão das tartarugas ou determinar as rotas de migração.

29. Ecologia espacial: telemetria de adultos

- Quando aplicada durante a temporada de reprodução, a telemetria permite saber quais as áreas que as fêmeas frequentam entre desovas (como no exemplo dado no slide), um dado que pode ser usado para mitigar ameaças, por exemplo definindo quais as áreas prioritárias para proteger com regulamentos específicos para a pesca. Outro dado útil que se obtém através da telemetria é a duração exata do período entre desovas, ou o número de posturas realizadas durante a temporada.
- O rastreamento permite também conhecer as rotas migratórias das tartarugas após a reprodução. A colocação de transmissores por satélites em fêmeas reprodutoras na ilha de Poilão, na Guiné-Bissau, mostrou que estas migram em direção a zonas costeiras da Gâmbia, do Senegal e da Mauritânia, viajando preferencialmente junto à costa. O seguimento destas tartarugas permitiu ainda observar que elas procuram alimentar-se em algumas das áreas marinhas protegidas da sub-região, validando a importância da rede regional de áreas marinhas protegidas denominada RAMPÃO.

30. Conetividade genética – ADN mitocondrial

- A conectividade entre locais e populações pode ser inferida indiretamente através da análise da semelhança genética entre indivíduos de diferentes regiões.
- Marcadores genéticos, como o ADN contido nas mitocôndrias (ADN mitocondrial, ou mtDNA), são usados para distinguir as diferentes populações reprodutoras; a filopatria natal exibida pelas fêmeas e a transmissão maternal do ADN mitocondrial fazem deste marcador o mais usado para distinguir linhagens maternas.
- É possível detetar e documentar diferenças entre populações na ocorrência de diversas sequências de nucleótidos contidas numa determinada região do ADN mitocondrial (conhecidas por haplótipos) dos indivíduos amostrados. A comparação das frequências dos diversos haplótipos nos indivíduos de cada população permite obter uma noção do grau de conectividade entre essas populações: quanto mais haplótipos partilharem, maior a conectividade entre elas. Como o ADN mitocondrial é transmitido pelas fêmeas, esta análise permite compreender a conectividade que é assegurada pelos animais deste sexo; a conectividade estabelecida entre populações por parte dos machos pode ser diferente e, neste caso, utiliza-se o ADN nuclear para a estudar.
- As agregações de juvenis e adultos em áreas de alimentação representam *stocks* genéticos mistos, já que o recrutamento para áreas de alimentação é relativamente aleatório e, numa mesma zona de alimentação, encontramos tartarugas de proveniências diversas. Analisando as frequências dos haplótipos nestas agregações e comparando-as com potenciais populações reprodutoras, podemos inferir a população de origem mais provável desses juvenis, ou seja, a contribuição relativa de diversas populações de origem para uma mesma área de alimentação.

31. Conectividade genética – ADN mitocondrial

- Um estudo feito sobre a dispersão de crias de tartaruga-verde a partir da praia de Poilão no arquipélago dos Bijagós, na Guiné-Bissau, mostra como o ADN mitocondrial pode ser usado para testar teorias de dispersão e conectividade nas tartarugas marinhas.
- O estudo comparou os dados de frequências de haplótipos na população reprodutora de tartarugas-verdes do arquipélago dos Bijagós com as frequências encontradas em muitas agregações mistas de juvenis em todo o Atlântico. Os resultados mostraram que esta população contribuía com juvenis para várias regiões. Na costa ocidental africana predominam juvenis com origem nos Bijagós (51%). Também se constatou, surpreendentemente, uma contribuição significativa para áreas de alimentação ao longo da costa da América do Sul (36%), confirmando a possibilidade desta espécie fazer migrações transatlânticas.

32. Questões?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bevan, E., Wibbels, T., Najera, B. M., Martinez, M. A., Martinez, L. A., Martinez, F. I., ... & Burchfield, P. M. (2015). Unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring sea turtles in near-shore waters. *Marine Turtle Newsletter*, 145(1), 19-22. [Link](#)
- Board, O. S., & National Research Council. (2010). *Assessment of sea-turtle status and trends: integrating demography and abundance*. National Academies Press. [Link](#)
- Board, S. S. A. (2011). The state of the world's sea turtles (SWOT) Minimum Data Standards for Nesting Beach Monitoring. In *Technical Report*. [Link](#)
- Catry, P., Barbosa, C., Indjai, B., Almeida, A., Godley, B. J., & Vié, J. C. (2002). First census of the green turtle at Poilão, Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau: the most important nesting colony on the Atlantic coast of Africa. *Oryx*, 36(4), 400-403. [Link](#)
- Godley, B. J., Almeida, A., Barbosa, C., Broderick, A. C., Catry, P. X., Hays, G. C., ... & Godley, B. J. (2003). Using Satellite Telemetry to Determine Post-Nesting Migratory Corridors and Foraging Grounds of Green Turtles Nesting at Poilão, Guinea Bissau. *Methodology*, 5(7). [Link](#)
- Godley, B. J., Blumenthal, J. M., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Hawkes, L. A., & Witt, M. J. (2008). Satellite tracking of sea turtles: where have we been and where do we go next?. *Endangered species research*, 4(1-2), 3-22. [Link](#)
- Godley, B. J., Barbosa, C., Bruford, M., Broderick, A. C., Catry, P., Coyne, M. S., ... & Witt, M. J. (2010). Unravelling migratory connectivity in marine turtles using multiple methods. *Journal of Applied Ecology*, 47(4), 769-778. [Link](#)
- Eaton, C., McMichael, E., Witherington, B., Foley, A., Hardy, R., & Meylan, A. (2008). In-water sea turtle monitoring and research in Florida: review and recommendations. [Link](#)
- Eckert, K., Bjørndal, K., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (1999). Priorities for research in foraging habitats. *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*, 12-18. [Link](#)
- Ferreira, M. B. M. D. S. (2012). *Nesting habitat preferences and nest predation of green turtles (Chelonia mydas) in the Bijagós Archipelago, Guinea Bissau* (Doctoral dissertation). [Link](#)
- Hamann, M., Godfrey, M. H., Seminoff, J. A., Arthur, K., Barata, P. C. R., Bjørndal, K. A., ... & Godley, B. J. (2010). Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. *Endangered species research*, 11(3), 245-269. [Link](#)
- Hawkes, L. A., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Lopez-Jurado, L. F., Lopez-Suarez, P., ... & Godley, B. J. (2006). Phenotypically linked dichotomy in sea turtle foraging requires multiple conservation approaches. *Current Biology*, 16(10), 990-995. [Link](#)
- Marco, A., Abella, E., Liria, A., Martins, S., & de Santos, N. (2012). Manual Para a Monitorização De Tartarugas Marinhas nas ilhas de Cabo Verde. *Zoologia Caboverdiana*, 3, 24-47. [Link](#)
- Marques, A. M. C. (2014). *Que influência tem a localização do ninho na proporção de sexos da espécie tartaruga-verde (Chelonia mydas), na ilha de Poilão, Guiné-Bissau?* (Doctoral dissertation). [Link](#)
- Maxwell, S. M., Broderick, A. C., Dutton, P. H., Fossette-Halot, S., Fuentes, M. M., & Reina, R. D. (2019). Advances in the biology and conservation of marine turtles. *Frontiers in Marine Science*, 6, 9. [Link](#)
- Patrício, A. R., Marques, A., Barbosa, C., Broderick, A. C., Godley, B. J., Hawkes, L. A., ... & Catry, P. (2017). Balanced primary sex ratios and resilience to climate change in a major sea turtle population. *Marine Ecology Progress Series*, 577, 189-203. [Link](#)
- Patrício, A. R., Formia, A., Barbosa, C., Broderick, A. C., Bruford, M., Carreras, C., ... & Godley, B. J. (2017). Dispersal of green turtles from Africa's largest rookery assessed through genetic markers. *Marine Ecology Progress Series*, 569, 215-225. [Link](#)
- Patrício, A. R., Varela, M. R., Barbosa, C., Broderick, A. C., Airaud, M. B. F., Godley, B. J., ... & Catry, P. (2018). Nest site selection repeatability of green turtles, *Chelonia mydas*, and consequences for offspring. *Animal Behaviour*, 139, 91-102. [Link](#)
- Patrício, A. R., Varela, M. R., Barbosa, C., Broderick, A. C., Catry, P., Hawkes, L. A., ... & Godley, B. J. (2019). Climate change resilience of a globally important sea turtle nesting population. *Global Change Biology*, 25(2), 522-535. [Link](#)
- Piacenza, S. E., Richards, P. M., & Heppell, S. S. (2019). Fathoming sea turtles: monitoring strategy evaluation to improve conservation status assessments. *Ecological Applications*, 29(6), e01942. [Link](#)

- Prosdocimi, L., Teryda, N. S., Navarro, G. S., & Carthy, R. R. (2021). Use of remote sensing tools to predict focal areas for sea turtle conservation in the south-western Atlantic. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(4), 830-840. [Link](#)
- Rees, A. F., Avens, L., Ballorain, K., Bevan, E., Broderick, A. C., Carthy, R. R., ... & Godley, B. J. (2018). The potential of unmanned aerial systems for sea turtle research and conservation: a review and future directions. *Endangered Species Research*, 35, 81-100. [Link](#)
- Rguez-Baron, J. M., Uc, M. L., & Riosmena-Rodríguez, R. (Eds.). (2016). *Advances in research techniques for the study of sea turtles*. Nova Science Publishers, Incorporated. [Link](#)
- Reisser, J., Proietti, M., Kinas, P., & Sazima, I. (2008). Photographic identification of sea turtles: method description and validation, with an estimation of tag loss. *Endangered species research*, 5(1), 73-82. [Link](#)
- Seminoff, J. A., Benson, S. R., Arthur, K. E., Eguchi, T., Dutton, P. H., Tapilatu, R. F., & Popp, B. N. (2012). Stable isotope tracking of endangered sea turtles: validation with satellite telemetry and $\delta^{15}\text{N}$ analysis of amino acids. *PLoS One*, 7(5), e37403. [Link](#)
- Stokes, L., Epperly, S. P., Avens, L. I., Belskis, L. C., Benson, S. R., Braun-McNeill, J., ... & Wyneken, J. (2008). Sea turtle research techniques manual. [Link](#)
- Warden, M. L., Haas, H. L., Richards, P. M., Rose, K. A., & Hatch, J. M. (2017). Monitoring trends in sea turtle populations: walk or fly?. *Endangered Species Research*, 34, 323-337. [Link](#)
- Wibbels, T., Lutz, P. L., Musick, J. A., & Wyneken, J. (2003). Critical approaches to sex determination in sea turtles. *The biology of sea turtles*, 2, 103-134. [Link](#)
- Wildermann, N. E., Gredzens, C., Avens, L., Barrios-Garrido, H. A., Bell, I., Blumenthal, J., ... & Fuentes, M. M. (2018). Informing research priorities for immature sea turtles through expert elicitation. *Endangered Species Research*, 37, 55-76. [Link](#)
- Witt, M. J., Baert, B., Broderick, A. C., Formica, A., Fretey, J., Gibudi, A., ... & Godley, B. J. (2009). Aerial surveying of the world's largest leatherback turtle rookery: a more effective methodology for large-scale monitoring. *Biological Conservation*, 142(8), 1719-1727. [Link](#)

CRÉDITOS DAS IMAGENS

1. 2. “Juvenile *Chelonia mydas*”, Joana Hancock
3. “measuring”, Joana Hancock
4. “biometry”, Programa Tatô (com permissão); “in-water Mauritania”, Rita Patrício (com permissão); “Turtle with tag”, Paulo Catry (com permissão)
5. “*Chelonia mydas* – adult”, Joana Hancock
6. “morning survey”, “false crawl”, “nest”, Joana Hancock
7. “*Chelonia mydas* tracks”, Rita Patrício (com permissão)
8. “night patrol”, Programa Tatô (com permissão)
9. “*Chelonia mydas*”, Joana Hancock; “Pit Tag”, in Marco *et al.* 2012
10. “*Chelonia mydas*, Poilão”, Paulo Catry (com permissão)
11. “Poilão – aerial view”, Miguel Varela (com permissão)
12. “GPS use”, Joana Hancock
13. “hatchling tracks”, “nest predation”, “dead *Caretta caretta*, Boavista”, Joana Hancock; “Beach erosion”, WIDECAST Latin America (com permissão)
14. “techniques”, Rita Patrício (com permissão)
15. “techniques I”, “techniques II”, Rita Patrício (com permissão); “nest exhumation”, Joana Hancock
16. “tagged turtle”, Joana Hancock
17. “stranded *Chelonia mydas*”, “by-caught *Chelonia mydas*”, “Turtle meat for sale”, Joana Hancock
18. “sea turtle”, Dennis Jarvis (CC-BY-SA-2.0); “Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha”, Carlosaycaes (CC-BY-SA-4.0); “Sea turtles observed from a drone on shallow reef foraging habitat”, in Bevan *et al.* (2018) doi: 10.1371/journal.pone.0194460
19. “Capture Imraguen”, Joana Hancock; “Photo ID”, Joana Hancock; “Hand capture”, Programa Tatô (com permissão)
20. “Imraguen fishing”, Joana Hancock
21. “turtle with tags”, “facial patterns”, Joana Hancock
22. “measuring CCL”, “measuring tail”, Joana Hancock
23. “Sampling blood of Green Turtle”, Hector Barrios-Garrido (com permissão); “Measuring turtle”, “Sampling turtle”, “Turtle with tumours”, Joana Hancock
24. “Stomach content analysis”, Karumbe (com permissão); “swimming with turtles at apo island, Philippines”, AchilezWeb (CC-BY-SA-4.0)
27. “turtle with sat tag”, Joana Hancock
28. “tagging of *Chelonia mydas* in Poilão”, Miguel Varela (com permissão) “individual turtle”, Joana Hancock
29. “*Chelonia mydas* with sat tag”, Paulo Catry (com permissão)
30. “*Chelonia mydas* – adult”, “*Chelonia mydas* hatchlings”, “*Chelonia mydas* juveniles”, Joana Hancock
31. “*Chelonia mydas* hatchlings”, Joana Hancock
32. “Data collection”, Joana Hancock
34. “*Chelonia mydas* with tag”, Paulo Catry (com permissão)

FICHA TÉCNICA

Título do Módulo:

Introdução a técnicas de monitorização e investigação

Autoria:

Joana Hancock e Paulo Catry
Ispa – Instituto Universitário

Revisão:

Ana Rita Patrício e Daniel Lopes

Ilustrações:

Renata Reynaud

Web Designer:

Daniel Lopes

Data de Publicação:

Maio, 2022

© ISPA

© PRCM

