



MÓDULO 2. Anatomia, fisiologia e adaptações



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



MÓDULO 2.

ANATOMIA, FISILOGIA E ADAPTAÇÕES

DESCRIÇÃO DO MÓDULO

As tartarugas marinhas são um caso interessante de adaptação de um grupo de animais com origem terrestre ao meio marinho. Milhões de anos de evolução resultaram no desenvolvimento de características biológicas que lhes permitiram adaptar-se ao meio marinho para sobreviver, mas mantendo uma ligação ao mundo terrestre para se reproduzirem. A sua morfologia confere às tartarugas marinhas hidrodinamismo debaixo de água, enquanto adaptações fisiológicas e comportamentais permitem-lhes tolerar os desafios impostos pelo meio marinho, como o excesso de sal, as oscilações da temperatura do mar ou procurar alimentos a diferentes profundidades e pressões associadas, entre outros. As tartarugas marinhas são, como demonstrado pela sua antiguidade e vasta distribuição nos oceanos, um caso de sucesso adaptativo ao mundo marinho. Neste módulo serão discutidas as limitações impostas pela vida no mar e de que forma a anatomia, fisiologia e biologia sensorial das tartarugas marinhas contribuíram para que se pudessem adaptar ao meio marinho.

TEMAS ABORDADOS

SLIDES

a) Anatomia básica	3 – 11
b) Identificação de espécies	12 - 19
c) Adaptações e fisiologia	20 - 29
d) Biologia sensorial	30 - 34

DESCRIÇÃO DOS OBJETIVOS

- √ Identificar as principais características anatómicas, internas e externas, das tartarugas marinhas
- √ Saber identificar as diferentes espécies usando características externas
- √ Conhecer as principais adaptações fisiológicas e comportamentais aos desafios impostos pela vida no mar
- √ Conhecer as formas pelas quais as tartarugas percecionam o mundo marinho através dos seus principais sentidos

GUIA DA APRESENTAÇÃO

#	TÍTULO E CONTEÚDO
1.	Apresentação do Módulo (Capa)
2.	Descrição dos objetivos: <ul style="list-style-type: none">• Identificar as principais características anatómicas, internas e externas, das tartarugas marinhas• Saber identificar as diferentes espécies usando características externas• Conhecer as principais adaptações fisiológicas e comportamentais aos desafios impostos pela vida no mar• Conhecer as formas pelas quais as tartarugas percebem o mundo marinho através dos seus principais sentidos
3.	Anatomia básica (separador) <ul style="list-style-type: none">• O corpo das tartarugas marinhas pouco ou nada evoluiu nos últimos 100 milhões de anos, sendo apenas alguns detalhes anatómicos que distinguem as diferentes espécies deste grupo (à exceção da tartaruga-de-couro).
4.	Anatomia básica <ul style="list-style-type: none">• A primeira de várias adaptações essenciais das tartarugas marinhas ao meio aquático é a sua forma anatómica: os seus órgãos internos estão protegidos dentro de uma carapaça com um desenho hidrodinâmico, e os seus membros são modificados em forma de barbatanas.• As barbatanas da frente são compridas e em forma de remos e permitem à tartaruga propulsionar-se (por vezes velozmente) dentro da água; as barbatanas traseiras são mais pequenas e em forma de leme, permitindo à tartaruga manobrar o seu corpo dentro de água e até travar. Em terra, as barbatanas traseiras são usadas pelas fêmeas para escavar os seus ninhos.• A evolução da forma hidrodinâmica da carapaça das tartarugas marinhas resultou na perda da capacidade de estas retraírem a cabeça para dentro da carapaça.
5.	Anatomia - Família Cheloniidae: esqueleto

- A característica mais distintiva das tartarugas é a sua carapaça, que aparenta ser, a olho nu, uma estrutura única e original deste grupo, que confere uma proteção física ao esqueleto e aos órgãos internos. Na verdade, a carapaça resulta de uma modificação notável do esqueleto.
- Nas espécies de tartarugas marinhas da família Cheloniidae (como, por exemplo, na tartaruga-comum *Caretta caretta*), a forma da caixa da carapaça resulta da fusão das costelas (que nas tartarugas são alargadas e unidas entre si) com a coluna vertebral.
- Como os humanos e outros vertebrados, as tartarugas também têm extremidades (no seu caso, barbatanas) que terminam em 5 dedos que estão escondidos em cada barbatana. Os ossos das barbatanas da frente são claramente mais compridos.

6. Anatomia - Família Cheloniidae: carapaça

- As carapaças das espécies da família Cheloniidae são normalmente em forma ovalada, ou de coração, e estão cobertas por escudos, cujo número e disposição variam de forma previsível em cada espécie. Os escudos podem apresentar várias cores e padrões, variando de espécie para espécie, desde tons esverdeados a alaranjados.
- A parte de baixo da carapaça, chamada plastrão, é lisa e totalmente plana e causa pouco atrito; estas características permitem às tartarugas deslizarem pela água, nadarem rente ao substrato sem encaharem com obstáculos e também arrastarem-se na areia.
- O plastrão tende a ser amarelado ou esbranquiçado, independentemente das espécies. A diferença entre a coloração da carapaça e do plastrão tem razão de ser: os padrões coloridos da carapaça permitem às tartarugas camuflarem-se no fundo do mar (as tartarugas-verdes *Chelonia mydas* e as tartarugas-de-escamas *Eretmochelys imbricata* têm as cores mais espetaculares, pois frequentam habitats mais coloridos). Já a cor mais pastel do plastrão torna-as menos visíveis em contraluz se forem vistas de baixo para cima por predadores.

7. Anatomia - Família Cheloniidae: carapaça

- Os escudos das carapaças das espécies da família Cheloniidae têm apenas uns milímetros de espessura, mas conferem à carapaça proteção extra. São constituídos por queratina (a mesma proteína que forma o nosso cabelo e unhas) e estão colados à carapaça por colagénio. A acumulação de queratina com o tempo forma padrões de formas e cores diversas.
- Em todas as espécies da família Cheloniidae, à exceção da tartaruga-de-escamas, os escudos da parte de cima da carapaça estão dispostos lado a lado, ou seja, justapostos. Nas tartarugas-de-escamas, os escudos crescem sobrepostos, uns em cima dos outros, de forma ordenada, estando dispostos como as telhas de uma casa.

8. Anatomia - Família Dermochelyidae: esqueleto

- As tartarugas-de-couro (*Dermochelys coriacea*), únicas representantes da família Dermochelyidae, distinguem-se claramente das outras espécies de tartarugas marinhas pela forma, cor e morfologia da sua carapaça.
- A carapaça difere da de outras espécies: as suas costelas não estão unidas entre si, estão cobertas por uma carapaça mole, logo não forma uma estrutura óssea sólida como nas Cheloniidae.
- A tartaruga-de-couro também se distingue facilmente por ter sete cristas longitudinais, que se assemelham às quilhas de um barco. As cristas têm a função de melhorar a hidrodinâmica.

9. Anatomia - Família Dermochelyidae: carapaça

- As costelas das tartarugas-de-couro são cobertas por uma espécie de estrutura flexível formada por uma matriz de pequenas estruturas ósseas e fibras de colagénio, cobertas por uma fina camada de pele; a sua aparência e textura são semelhantes ao couro. Por baixo desta estrutura encontra-se uma camada de gordura que pode chegar a ter 8 cm de espessura.
- A matriz das pequenas estruturas ósseas só é visível nas crias; com o crescimento estas estruturas deixam de ser visíveis.
- A carapaça das tartarugas-de-couro é a que está mais adaptada ao meio marinho: ao ser flexível aguenta as pressões da água a grandes profundidades, e o grande hidrodinamismo, facilitado pelas quilhas, permite-lhes realizar longas migrações a maior velocidade, poupando tempo e energia.

10. Dimorfismo sexual

- Nas tartarugas marinhas o dimorfismo sexual só é visível nos quase adultos. A cauda mais desenvolvida dos machos só começa a crescer quando o indivíduo atinge um determinado tamanho, logo é impossível dizer, apenas por via da observação, se uma tartaruguinha ou juvenil é macho, ou fêmea.
- O acasalamento seria bastante difícil se os machos e as fêmeas adultos não apresentassem algumas diferenças entre si: os machos têm caudas mais compridas e preênsais e garras mais desenvolvidas para ajudar a posicionar e segurar a fêmea durante o processo de cópula. O pénis encontra-se dentro da cloaca, sendo apenas projetado durante a cópula para assegurar a fertilização, que é interna.
- Um facto curioso: nas espécies da família Cheloniidae, durante a fase do acasalamento, o plastrão dos machos amolece para estes poderem colocar-se de forma mais cómoda em cima da fêmea.

11. Anatomia interna

- Internamente, todas as tartarugas são semelhantes, independentemente da família a que pertencem, e sendo vertebrados têm, como esperado, uma anatomia interna similar a qualquer outro vertebrado. O mais óbvio é a existência de uma coluna vertebral bem definida, constituída por discos e vértebras que protegem a medula, que se estende desde a base do crânio até à cauda.
- A forma e disposição da maioria dos órgãos nas tartarugas, e o modo como incorporam os sistemas nervoso, digestivo e circulatório, também pouco difere dos demais vertebrados. A principal diferença está no coração: tal como é comum nos répteis, este distingue-se por ter apenas três cavidades.
- Todas as tartarugas, incluindo as marinhas, possuem um par de pulmões para respirar, que se encontram sob a carapaça.
- De forma semelhante a muitos outros animais, tais como algumas aves e mamíferos, os anfíbios e a maioria dos peixes, as tartarugas marinhas também possuem uma cloaca. A cloaca é um orifício “multifunções” localizado na base da cauda, onde terminam os sistemas digestivo, reprodutor e excretor. Ou seja, é deste orifício que saem as fezes e a urina, os ovos, e por onde entra o esperma.

12. Identificação de espécies

- Apesar de partilharem uma anatomia externa muito parecida, as várias espécies de tartarugas marinhas apresentam características únicas que nos permitem distingui-las.

13. Identificação de espécies

- Já vimos que as tartarugas-de-couro são claramente distintas de todas as outras espécies e, portanto, é impossível confundi-las com as demais. Já as quatro outras espécies existentes na África Ocidental são algo semelhantes entre si e, para quem não as conhece bem, distingui-las pode constituir um desafio.
- Algumas características, como a forma, cor e padrões das carapaças, são demasiado variáveis dentro da mesma espécie e sofrem alterações ao longo da vida das tartarugas, logo estas não são usadas para distinguir espécies. As características mais apropriadas para distinguir facilmente as diferentes espécies da família Cheloniidae são aquelas que não mudam com a idade: o número e posição dos escudos da carapaça e as escamas faciais.
- A informação-chave que procuramos é o número de escudos laterais na carapaça (e menos frequentemente o número de escudos vertebrais), a posição do primeiro escudo lateral em

relação ao escudo nugal (ou seja, aquele situado na zona da nuca) e finalmente o número de escamas entre os olhos (chamadas pré-frontais).

14. Identificação de espécies

- Diante de uma espécie por identificar podemos em primeiro lugar observar a posição do primeiro escudo lateral em relação ao escudo nugal. Se estes escudos estão em contacto, a espécie será a tartaruga-comum, a tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), a tartaruga-de-kemp (*Lepidochelys kempii*) ou a tartaruga-plana (*Natator depressus*). Se contarmos o número dos escudos laterais, veremos que estas espécies têm cinco ou mais de cada lado.
- Se os escudos laterais são quatro e não estão em contacto com o escudo nugal, estamos em presença de uma tartaruga-verde ou de uma tartaruga-de-escamas.
- Todas as espécies, à exceção da tartaruga-de-kemp e da tartaruga-plana (exclusiva da Oceânia) podem ser regularmente avistadas na região da África Ocidental.

15. Tartaruga-comum (*Caretta caretta*)

- A tartaruga-comum tem cinco pares de escudos laterais e simétricos, sendo fácil de distinguir das outras espécies que nidificam na região.
- As tartarugas-comuns também são conhecidas por tartarugas-cabeçadas, devido à característica que as torna únicas entre as outras espécies: a sua enorme cabeça. Esta cabeça possui a mandíbula com a maior capacidade de mordida de todas as tartarugas marinhas, uma característica útil para poder esmagar as conchas e carapaças das suas presas preferidas, os moluscos e os crustáceos.
- Nos adultos, a forma da carapaça aproxima-se de um coração, e a parte posterior da carapaça é mais alta, parecendo que a tartaruga tem uma pequena corcunda.
- As barbatanas dianteiras são mais curtas e grossas do que as de outras espécies e apresentam duas garras; as barbatanas traseiras podem ter duas ou três garras.
- É a segunda maior espécie de tartaruga marinha da família Cheloniidae, podendo a sua carapaça chegar aos 100 cm de comprimento curvo.

16. Tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*)

- A tartaruga-oliva recebe o seu nome pela sua cor verde azeitona, mas distingue-se das outras espécies sobretudo em dois aspetos: pelo número de escudos laterais, que é tipicamente assimétrico, podendo apresentar qualquer número entre seis e dez de cada lado, e por possuir quatro pequenos buracos, ou poros de cada lado do plastrão.
- A carapaça é ligeiramente em forma de cúpula e o seu comprimento e largura tendem a ser semelhantes.

- A cabeça possui, tal como na tartaruga-comum, quatro ou mais escamas pré-frontais, mas é bastante mais pequena.
- As barbatanas dianteiras têm duas garras cada uma.
- São tartarugas marinhas pequenas, e a sua carapaça raramente atinge mais de 70 cm de comprimento curvo.
- Estas características são partilhadas com a outra espécie do género *Lepidochelys*, a tartaruga-de-kemp, sendo que esta última é ligeiramente mais pequena e o número de escudos laterais que possui é menor (normalmente cerca de cinco). Esta espécie é pouco frequente no Atlântico Oriental, já que desova exclusivamente na costa leste da América do Norte. As diferenças entre as duas espécies são essencialmente a nível genético.

17. Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*)

- As tartarugas-verdes não recebem o seu nome da cor da sua carapaça, que pode tender a ser mais castanha ou acinzentada; na verdade, o seu nome vem da camada de gordura que normalmente têm sob a carapaça que tem uma coloração claramente esverdeada.
- A tartaruga-verde tem quatro pares de escudos laterais na sua carapaça, característica que partilha com a tartaruga-de-escamas. É fácil de distinguir, no entanto, pois é a única que apresenta apenas duas escamas pré-frontais na cabeça e cada uma das suas barbatanas tem apenas uma garra.
- A sua mandíbula é redonda e serrada para poder cortar e triturar algas e ervas marinhas, os seus alimentos favoritos.
- As crias são fáceis de distinguir: são pretas, à exceção do plastrão, que é branco, enquanto as extremidades da carapaça e as barbatanas são orladas também de cor branca. Estas marcas desaparecem com o tempo e os adultos tendem a ter barbatanas, corpo e plastrão de tons variados.
- No Oceano Pacífico Oriental a tartaruga-verde é mais pequena e morfologicamente diferente, apresentando uma carapaça mais escura e redonda. Por apresentar estas diferenças, assim como pela sua composição genética distinta, a população desta região é considerada uma subespécie (*Chelonia mydas agassizi*) e é conhecida por tartaruga-negra.
- A tartaruga-verde é a maior das tartarugas da família Cheloniidae, podendo a sua carapaça atingir os 150 cm de comprimento curvo.

18. Tartaruga-de-escamas (*Eretmochelys imbricata*)

- As tartarugas-de-escamas recebem o nome em inglês de “Hawksbill”, o que significa “bico de falcão”. É fácil perceber porquê: a mandíbula bicuda, usada para morder esponjas e corais, é nitidamente diferente das mandíbulas das outras espécies.

- Outra característica que é única nesta espécie e, portanto, que permite diferenciá-la facilmente é a carapaça; ela tem quatro escudos laterais como a tartaruga-verde, mas os seus escudos estão sobrepostos em vez de colocados lado a lado.
- Ao contrário da tartaruga-verde que tem apenas duas escamas pré-frontais, a tartaruga-de-escamas tem quatro, e nas barbatanas apresenta duas garras.
- São tartarugas de tamanho médio, podendo a sua carapaça medir até 85 cm de comprimento curvo.

19. Tartaruga-de-couro (*Dermodochelys coriacea*)

- A tartaruga-de-couro quase dispensa apresentação por ser muito distinta e uma imagem familiar para quase todas as pessoas com interesse pela natureza. Possui uma carapaça suave ao toque, com a consistência de couro, onde são nítidas sete cristas ou quilhas longitudinais.
- Esta espécie é facilmente distinguida pela sua cor preta e pelas variadas pintas esbranquiçadas que apresenta, não só na carapaça como em todo o corpo. Tem um plastrão branco.
- As garras estão ausentes dos dois pares de barbatanas. As barbatanas dianteiras são extremamente longas em comparação com as de outras espécies.
- As mandíbulas das tartarugas-de-couro são também completamente diferentes: possuem duas cúspides, ou duas projeções pontiagudas e afiadas, que permitem agarrar e cortar o seu alimento preferido: organismos gelatinosos.
- É a maior das tartarugas, marinhas ou terrestres, podendo a sua carapaça crescer até atingir 2 m de comprimento curvo.

20. Fisiologia (Separador)

- Como passam a maior parte da sua vida imersas no mar, as tartarugas marinhas não precisam só de uma forma hidrodinâmica e barbatanas fortes, precisam também de mecanismos fisiológicos e comportamentais que as ajudem a lidar com um ambiente hipersalino, águas profundas, por vezes frias, e muitas vezes escuras. Na segunda parte do módulo discutimos essas adaptações.

21. Fisiologia - osmorregulação

- Um dos principais problemas impostos pelo mar é a sua alta salinidade, que ronda os 35 g de sal por cada quilo de água.

- Existem animais cuja concentração de solutos no organismo se mantém igual à do mar; estes são os osmoconformantes, de que são exemplos muitos invertebrados marinhos e os elasmobrânquios (raias e tubarões).
- Outros animais, como as tartarugas marinhas e os mamíferos marinhos, enfrentam um problema comum no mar: o seu corpo não foi feito para ingerir água salgada. A concentração de sal nos seus corpos é exacerbada por dois fatores: não só a água que bebem é salgada, como alguma da comida que ingerem é salgada também. Portanto, estes animais precisam de regular ativamente a quantidade de sal e de água no corpo, e como tal chamam-se osmorreguladores.

22. Fisiologia - Osmorregulação

- Existem duas maneiras pelas quais as tartarugas marinhas podem livrar-se do excesso de sal. Uma é produzirem pouca urina com uma concentração altíssima de sal, a outra é chorar! Dentro de água as suas lágrimas passam despercebidas, mas quando uma fêmea está em terra a desovar, lágrimas espessas e extremamente salgadas podem ser vistas a escorrer dos seus olhos.
- É crença comum que as lágrimas denotam tristeza nas tartarugas marinhas, mas estas lágrimas não passam de uma estratégia para libertar o excesso de sal. As lágrimas são produzidas pela glândula lacrimal, situada na cabeça. Esta glândula está presente também em aves marinhas, apesar de serem expelidas através do bico e não pelos olhos.
- Uma tartaruga-de-couro, por exemplo, pode comer até 80% do seu peso em alforrecas por dia, ou seja, até 250 kg de comida salgada. Para eliminar o excesso de sal, um só indivíduo pode produzir até 0.33 L de lágrimas salgadas por dia, o equivalente a uma lata de refrigerante. Nesta espécie, a função da glândula lacrimal é tão importante que ocupa a maior parte do crânio, sendo três vezes maior do que o seu cérebro.

23. Fisiologia - termorregulação

- A temperatura dos oceanos muda com a latitude, e também com a profundidade, e à superfície do mar esta pode variar entre cerca de 30° C nos trópicos e -2° C perto dos polos.
- Os mamíferos marinhos e as aves marinhas mantêm a sua temperatura corporal constante, independentemente da temperatura da água, ou seja, são homeotérmicos. A regulação e manutenção da temperatura interna é feita através do seu metabolismo interno.
- As tartarugas marinhas (tal como todos os répteis) são conhecidas por terem “sangue-frio” (mais corretamente, são poiquilotérmicas), ou seja, não são capazes de manter o seu corpo a uma temperatura constante, e a sua temperatura interna oscila com a temperatura do meio que as rodeia. Precisam de encontrar formas de não deixar a sua temperatura baixar excessivamente, e são sensíveis à exposição a temperaturas elevadas.

- As tartarugas-de-couro são um caso interessante, pois são capazes de frequentar zonas próximas aos polos e suportar águas frias, onde são avistadas frequentemente a alimentarem-se. Não são consideradas homeotérmicas, pois apresentam uma temperatura interna variável, no entanto, estão normalmente mais quentes do que a água que as rodeia (até cerca de 10° C). Os mecanismos usados para regular a temperatura corporal nesta espécie são discutidos mais adiante.

24. Fisiologia - termorregulação

- Tendo as tartarugas marinhas dificuldades em manter-se quentes em águas frias, não é de estranhar que a distribuição destes animais nos oceanos coincida com as temperaturas mais quentes da água do mar à superfície (zona delimitada a verde na figura).
- Para as tartarugas marinhas conseguirem sobreviver confortavelmente e manter o seu metabolismo a funcionar, a água deve estar a pelo menos uns 18° C. As temperaturas mais confortáveis para as tartarugas marinhas situam-se entre os 23° C e os 33° C.
- No mar é difícil uma tartaruga deparar-se com temperaturas da água mais altas do que os 33° C (limite máximo da sua zona de conforto), mas caso aconteça basta-lhe mergulhar para águas um pouco mais profundas e que são normalmente mais frescas para encontrar algum alívio. Abaixo dos 18° C os animais ficam atordoados pelo frio, perdem as forças para nadar, e começam a ficar suscetíveis a doenças e a predadores.
- Em terra o cenário difere, e uma tartaruga marinha que se encontre por algum motivo fora de água sob o calor abrasador de uma praia tropical, seja porque arrojou, ou porque por algum motivo ficou retida na praia após a desova, pode facilmente sobreaquecer, ficando seriamente debilitada e até morrer.

25. Fisiologia - termorregulação (atordoamento pelo frio)

- Se por acaso uma tartaruga marinha ficar retida por um tempo prolongado em águas com temperaturas abaixo dos 12° C, pode entrar em coma e acabar por morrer. Este fenómeno, conhecido em inglês como “cold-stunning” é comum no oceano Atlântico, em particular na costa oriental da América do Norte, nos meses de inverno.
- As tartarugas encontradas atordoadas pelo frio devem ser resgatadas o quanto antes, e são normalmente colocadas em locais aquecidos para rapidamente recuperarem as suas funções metabólicas.
- No inverno de 2020 ocorreu o maior evento de “cold-stunning” de sempre nos Estados Unidos, em que mais de 4 000 tartarugas foram resgatadas em apenas uma semana, após uma vaga de frio que assolou a costa leste do país. A grande maioria recuperou após os esforços de várias centenas de voluntários!

26. Fisiologia - termorregulação (adaptações comportamentais)

- Nas zonas temperadas, onde a temperatura da água do mar é geralmente mais baixa do que nos trópicos, e sofre mais oscilações ao longo do ano, as tartarugas marinhas, além de procurarem águas mais amenas para frequentar, podem adotar comportamentos que lhes permitam aumentar a sua temperatura corporal, ou reter calor.
- O comportamento mais comum para se aquecerem é exporem-se ao calor do sol, seja passando mais tempo à superfície da água, ou assomando-se numa praia, comportamento que é comum observar nas tartarugas-verdes do Pacífico nos arquipélagos do Havai e das Galápagos.
- Pontualmente as tartarugas marinhas podem entrar num modo semelhante à hibernação; na verdade, adotando este comportamento as tartarugas não adormecem durante semanas ou meses a fio evitando as águas frias; o que sucede é que reduzem os gastos energéticos ao máximo mantendo-se imóveis. Neste modo de “semi-hibernação”, as tartarugas marinhas podem descansar até 7 h seguidas no substrato, ou debaixo de uma rocha, sem respirar. Assim que a temperatura da água fica mais confortável, as tartarugas retomam a sua atividade normal.

27. Fisiologia - termorregulação (tartaruga-de-couro)

- As tartarugas-de-couro, apesar de limitarem a sua atividade de desova a praias tropicais ou temperadas, podem ser observadas a alimentar-se em águas temperadas frias, pontualmente com temperaturas próximas dos 0° C.
- As tartarugas-de-couro conseguem adaptar-se a diferentes temperaturas ambientais através, principalmente, de ajustamentos fisiológicos e comportamentais. Por exemplo, em águas mais frias, as tartarugas-de-couro conseguem manter a sua temperatura corporal entre 2 a 10° C acima da temperatura da água do mar aumentando a atividade física e assim gerando calor através do seu metabolismo interno.
- Outras características físicas que facilitam a tolerância desta espécie ao frio são seu grande tamanho, a sua cor preta e uma camada de até 8 cm de gordura que tem por baixo da carapaça. Estes fatores promovem a obtenção e retenção de calor em águas frias.

28. Fisiologia - termorregulação (mecanismo de contracorrente)

- Em águas frias, não é suficiente gerar calor, mas é também essencial retê-lo. Nas tartarugas marinhas e em muitos outros animais marinhos, a perda de calor pelas extremidades seria um problema se não houvesse alguma forma de a controlar. Este controlo nas tartarugas marinhas é feito de duas formas. Uma é controlar o nível de irrigação sanguínea nas barbatanas em água fria. A outra forma, usada pelo menos pela tartaruga-de-couro, é a utilização de um sistema de intercâmbio de calor entre as veias e as artérias, que funciona contracorrente.

- As artérias e as veias nas barbatanas das tartaruga-de-couro formam uma matriz pela qual o sangue quente que vem do coração pelas artérias se move paralelamente e muito perto do sangue mais frio transportado pelas veias. Assim, há troca de calor entre as artérias e as veias o que permite que o sangue mais frio aqueça antes de reentrar no núcleo do corpo. Assim, enquanto as barbatanas estão sempre frias, a temperatura corporal mantém-se quente.

29. Fisiologia - mergulho

- As espécies que frequentam as águas oceânicas têm de alimentar-se do que encontram na coluna de água, seja a poucos metros da superfície, seja muito mais abaixo, quando o alimento é mais abundante em profundidade.
- As tartarugas marinhas podem fazer imersões de dezenas a centenas de metros. A profundidade máxima alguma vez registada por uma tartaruga marinha foi de uma tartaruga-de-couro, que atingiu os 1280 m num mergulho, sendo bem menores os registos feitos para outras espécies como as tartarugas-verdes (110 m), tartarugas-comuns (230 m) ou tartarugas-oliva (290 m). Apesar dos registos impressionantes, são mais comuns as imersões a menor profundidade. Por exemplo, no Banco de Arguim, a principal área de alimentação das tartarugas-verdes da região da África Ocidental, estas frequentam principalmente águas com profundidades inferiores a 10 m.
- O tempo máximo de imersão registado para uma tartaruga-marinha foi 7 h. A capacidade das tartarugas marinhas permanecerem longas horas imersas deve-se a um conjunto de adaptações importantes. Estas incluem um sangue rico em hemoglobina que permite o transporte e armazenamento eficiente do oxigénio, assim como a capacidade de reduzir o ritmo cardíaco durante imersões mais profundas ou prolongadas para reduzir o fluxo de sangue para órgãos não essenciais e assim conservar oxigénio.
- A tartaruga-de-couro é a única espécie de tartaruga marinha que pode mergulhar a mais de 300 m pois, além das adaptações mencionadas acima, beneficia também de uma carapaça flexível que se pode moldar com a pressão exercida pela água.

30. Biologia sensorial (separador)

- Até agora vimos adaptações fisiológicas e comportamentais que permitem às tartarugas marinhas sobreviver a excesso de salinidade, oscilações da temperatura, e mergulhos em profundidade.
- A sobrevivência das tartarugas marinhas depende também da forma como estas interpretam o meio e usam os seus sentidos para encontrar comida, fugir de predadores e orientarem-se tanto no mar como em terra. A biologia sensorial das tartarugas marinhas é surpreendentemente desenvolvida em muitos aspetos, como veremos na última secção do módulo.

31. Biologia sensorial – visão (características gerais)

- Os olhos das tartarugas marinhas são bem desenvolvidos e permitem às tartarugas distinguir formas e também cores devido a conterem uma diversidade e quantidade de fotorreceptores concentrados na retina.
- A eficiência da visão em diferentes habitats (terrestres ou marinhos) é distinta devido à forma da córnea, que é achatada e está desenhada para proporcionar uma visão excelente debaixo de água, permitindo às tartarugas marinhas conseguir distinguir facilmente as suas presas, mesmo sendo pequenas.
- Em terra, as tartarugas marinhas não distinguem bem objetos, sendo míopes. Para se orientarem nas praias, tanto as fêmeas adultas como as crias usam pistas visuais como fontes de luz, para as quais são atraídas, e contrastes de luz resultantes da presença de obstáculos, sejam estes dunas, muros, móveis de praia, ou até presença humana, que normalmente evitam.

32. Biologia sensorial – visão (percepção da luz e cores)

- A visão das tartarugas marinhas é especialmente sensível a comprimentos de ondas perto dos 580 nm. Estes comprimentos de onda correspondem às cores mais visíveis em águas pouco profundas; a sensibilidade às cores é mais apurada em espécies como a tartaruga-verde e a tartaruga-comum, que permanecem em habitats neríticos grande parte das suas vidas.
- Nas espécies com hábitos mais oceânicos, como a tartaruga-de-couro, a sensibilidade à luz está mais apurada para comprimentos de onda mais curtos e próximos das cores azuis.
- Estes gradientes de sensibilidade nas diferentes espécies são adaptações importantes à vida marinha: com a profundidade a luz desvanece, assim como a nitidez das cores, sendo o azul a única cor visível em profundidade. Assim, a maior sensibilidade às cores próximas ao azul facilita a procura de alimento em águas mais profundas.
- Em terra, a iluminação artificial nas praias de desova leva à desorientação de fêmeas e crias, que são atraídas ou confundidas por essas fontes de luz. Para evitar alterar o comportamento das tartarugas marinhas nas praias de desova, os investigadores trabalham apenas com luz vermelha, à qual as tartarugas demonstram menor sensibilidade.

33. Biologia sensorial - olfato

- As tartarugas marinhas possuem um par de grandes narinas externas que estão em contacto direto com a água e com o ar, e um par de narinas internas que abrem para o interior da boca. As narinas externas são a porta de entrada à cavidade nasal, onde estão localizados vários receptores químicos que comunicam com o cérebro, e que estão relacionados com a capacidade de as tartarugas marinhas distinguirem cheiros.

- Pensa-se que estes recetores químicos servem não só para as tartarugas marinhas localizarem alimento na água, mas têm também funções importantes na localização de zonas de afloramentos oceânicos, e no reconhecimento das praias natais.
- Experiências realizadas com crias de tartarugas marinhas sugerem que estas, ao eclodir e entrar na água, retêm informação sobre as características químicas da areia da sua praia natal assim como da água circundante (denominado em inglês por “*imprinting*”), usando essa informação décadas mais tarde (juntamente com pistas magnéticas) para encontrar a praia certa para se reproduzirem.

34. Biologia sensorial - audição

- A forma como as tartarugas marinhas interpretam o som ainda não é bem conhecida, havendo debate sobre as funções de vários componentes do sistema auditivo destes animais.
- No entanto, estudos mostram que as tartarugas marinhas conseguem ouvir sons a frequências médias e baixas, em especial entre 200 e 750 Hz, com um máximo de 1 000 Hz. Os humanos, por exemplo, podem ouvir desde 20 a 20 000 Hz, ou seja, têm uma audição bastante mais desenvolvida!
- Apesar de a audição não ser o seu sentido mais apurado, a capacidade de sentir a presença de estímulos (por exemplo, a presença de outros animais ao seu redor) e interpretar alterações na pressão exercida pela água são adaptações importantes para as tartarugas marinhas interagirem com os habitats em que se inserem.

35. Questões?

BIBLIOGRAFIA RELEVANTE

- Bartol, S.M., Musick, J.A. (2003). Sensory biology of sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J, editors. The biology of sea turtles. Vol. II. Boca Raton (FL): CRC Press. p. 79–102 [Link](#)
- Casey, J. P., James, M. C., & Williard, A. S. (2014). Behavioral and metabolic contributions to thermoregulation in freely swimming leatherback turtles at high latitudes. *Journal of Experimental Biology*, 217(13), 2331-2337. [Link](#)
- Chen, I. H., Yang, W., & Meyers, M. A. (2015). Leatherback sea turtle shell: a tough and flexible biological design. *Acta biomaterialia*, 28, 2-12. [Link](#)
- Eckert, S. A., Eckert, K. L., Ponganis, P., & Kooyman, G. L. (1989). Diving and foraging behavior of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*). *Canadian journal of zoology*, 67(11), 2834-2840. [Link](#)
- Ketten, D. R., & Bartol, S. M. (2005). *Functional measures of sea turtle hearing*. Woods Hole Oceanographic Institution. Marine Biology Department. [Link](#)
- Reina, R. D., Jones, T. T., & Spotila, J. R. (2002). Salt and water regulation by the leatherback sea turtle *Dermochelys coriacea*. *Journal of Experimental Biology*, 205(13), 1853-1860. [Link](#)
- Samuel, Y., Morreale, S. J., Clark, C. W., Greene, C. H., & Richmond, M. E. (2005). Underwater, low-frequency noise in a coastal sea turtle habitat. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(3), 1465-1472. [Link](#)
- Southwood, A., Fritsches, K., Brill, R., & Swimmer, Y. (2008). Sound, chemical, and light detection in sea turtles and pelagic fishes: sensory-based approaches to bycatch reduction in longline fisheries. *Endangered Species Research*, 5(2-3), 225-238. [Link](#)
- Wyneken, J. (2001) The anatomy of sea turtles. US Department of Commerce NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470. 172. [Link](#)
- Wyneken, J. (2003). The external morphology, musculoskeletal system, and neuro-anatomy of sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J, editors. The biology of sea turtles. Vol. II. Boca Raton (FL): CRC Press., p. 39-77. [Link](#)

CRÉDITOS DAS IMAGENS

1. ["Turtle Eye View"](#), [Oblivious Dude](#) (CC BY-NC-ND 2.0)
2. ["Turtle Eye View"](#), [Oblivious Dude](#) (CC BY-NC-ND 2.0)
3. "Chelonia mydas", Joana Hancock
4. "Chelonia mydas", Joana Hancock
5. ["Esqueleto-tortuga-boba.02"](#), ["Esqueleto-tortuga-boba.01"](#), [Daniel Calatayud Belinchon](#) (CC BY-SA 4.0)
6. "Chelonia mydas", Joana Hancock; ["Underbelly of a sea turtle"](#), [Nicola Sznajder](#) (CC BY-NC 2.0)
7. "Shell - Chelonia mydas", "Shell - Eretmochelys imbricata", Joana Hancock
8. ["Dermochelys coriacea \(skeleton\) at Göteborgs Naturhistoriska Museum"](#), [Gunnar Creutz](#) (CC BY-SA 4.0); "Dermochelys coriacea", Projecto Kitabanga (com permissão)
9. "Dermochelys coriacea baby", "Dermochelys coriacea adult", Joana Hancock
10. "Chelonia mydas – male", Olive Ridley Project (com permissão)
11. Ilustração por Renata Reynaud
12. "Chelonia mydas + Dermochelys coriacea", Asociación ANAI (com permissão)
13. Ilustração por Renata Reynaud
14. Ilustrações cedidas por Alejandro Fallabrino
15. Ilustrações por Renata Reynaud
16. Ilustrações por Renata Reynaud
17. Ilustrações por Renata Reynaud
18. Ilustrações por Renata Reynaud
19. Ilustrações por Renata Reynaud
20. "Caretta caretta – Azores", Nuno Vasco Rodrigues (com permissão)
22. "Dermochelys coriacea – adult", Projecto Kitabanga (com permissão); ["A side view of the Fulmar's tubenose"](#), [Des Colhoun](#) (CC BY-SA 2.0)
23. Ilustrações por Renata Reynaud
24. ["Aqua sea surface temperature 2003-2011 average"](#), Giorgiogg2 (CC BY-SA 3.0); Ilustrações por Renata Reynaud
25. ["Cold Stunned Sea Turtles"](#), [Kelly Roberts/FWC](#) (CC BY-ND 2.0)
26. ["Basking Green Sea Turtle, Punalu'u Black Sand Beach, Big Island, HI"](#), [NOAA Fisheries West Coast](#) (CC BY-NC-ND 2.0) ; "Caretta caretta", Nuno Vasco Rodrigues (com permissão)
27. ["Leatherback turtle"](#), [Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, NOAA Research Permit #15488](#) (CC BY-NC-ND 2.0)
28. Ilustrações por Renata Reynaud
29. Ilustrações por Renata Reynaud
30. "Chelonia mydas", Sara de Sousa (com permissão)
31. ["Loggerhead Sea Turtle \(Caretta caretta\)"](#), [Brian Gratwicke](#) (CC BY- 2.0)
32. ["Green Sea Turtle"](#), [Jeremy Bishop](#) (CC-Zero); "tracks-light", "patrol", Joana Hancock
33. "Chelonia mydas", Denis Moser (com permissão)
34. "Eretmochelys imbricata", Nuno Vasco Rodrigues (com permissão)
35. "Chelonia mydas", Reinhard Mink (com permissão)

FICHA TÉCNICA

Título do Módulo:

Anatomia, fisiologia e adaptações

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

