



*Mamíferos aquáticos:
um mergulho aos seus mundos*



Eliane Hisami Obata
2020

Apresentação

Mamíferos aquáticos: um mergulho aos seus mundos aborda os aspectos essenciais envolvidos na origem, na vida e na conservação dos mamíferos aquáticos, conectando o elo entre o passado, presente e futuro. O objetivo é proporcionar aos leitores um mergulho ao mundo singular dos mamíferos aquáticos. Ao término da leitura, espera-se que a visão sobre os mamíferos aquáticos tenha sido iluminada e que a aquisição do conhecimento incentive o fomento à Ciência.

O texto foi desenvolvido com o intuito de servir como uma ferramenta básica para auxiliar professoras e professores das instituições de ensino, com foco no Ensino Médio. Convida-se, também, todos as leitoras e leitores que têm interesse e admiração pela natureza. Em prol da difusão do conhecimento, alguns aspectos foram considerados para facilitar a compreensão do conteúdo pelas pessoas que não estão inseridas no meio acadêmico. O documento contém um rico repertório de imagens, algumas curiosidades nos quadros “Para saber mais” e notas de rodapé que contêm direcionamentos, comentários e definições de alguns termos científicos (também disponíveis em Glossário), além de ter sido inteiramente redigido na língua portuguesa. A importância deste último se deve à escassez de informações sobre os mamíferos aquáticos no nosso idioma.

O presente material é produto de um trabalho acadêmico, especificamente da disciplina “Mamíferos aquáticos (IOB-151)” ministrada pelo docente Marcos César de Oliveira Santos, e elaborado pela Eliane Hisami Obata, graduanda em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo (IB-USP).

São Paulo, 2020.

Sumário

(caso estiver conferindo pelo PDF, experimente clicar no tópico desejado!)

PARTE I: Introdução **7**

1. Introdução	8
1.1. Quem são os mamíferos aquáticos?	8
1.2. Cetáceos (subordem Cetacea).....	9
1.3. Sirênios (ordem Sirenia).....	14
1.4. Pinípedes (infraordem Pinnipedia)	16
1.5. Um pequeno parêntese.....	19

PARTE II: Processo evolutivo e as atuais biogeografia e diversidade **21**

2. História evolutiva.....	22
2.1. Mamíferos: a classe dos mamíferos aquáticos	22
2.2. A história dos cetáceos	24
2.3. A história dos sirênios	31
2.4. A história dos pinípedes	33
3. Biogeografia atual	35
3.1. Sobre a biogeografia e os seus fatores determinantes.....	35
3.2. Biogeografia atual dos mamíferos aquáticos.....	36

4. Diversidade de espécies	39
4.1. Quem são os mais diversos?	39
4.2. Espécies de mamíferos aquáticos com registro no Brasil	40

PARTE III: Morfologia, fisiologia e sistemas sensoriais **47**

5. Morfologia geral.....	48
5.1. Apresentação das estruturas externas.....	48
5.2. Morfologia dos cetáceos	49
5.3. Morfologia dos sirênios	54
5.4. Morfologia dos pinípedes	56
5.5. Distinção entre macho e fêmea	58
6. Principais adaptações morfológicas e fisiológicas ao meio aquático	61
6.1. Dificuldades de viver na água: algumas propriedades físico-químicas.....	61
6.2. Densidade: resistência na locomoção	62
6.3. Condutividade térmica: perda rápida do calor corpóreo.....	62
6.4. Salinidade: perda de água.....	64
6.5. Luminosidade: implicação na visão	65
6.6. Oxigênio: inviabilidade de troca gasosa constante.....	66
7. Sistemas sensoriais.....	70
7.1. Visão.....	70
7.2. Audição	71
7.3. Tato	73
7.4. Olfato	74
7.5. Paladar	74

PARTE IV: História de vida e comportamentos relacionados **75**

8. Migração dos mysticetos	76
8.1. O que é migração?	76
8.2. Um pouco sobre as estações do ano e a sua influência	76
8.3. Padrão de migração latitudinal dos mysticetos	78
9. Alimentação.....	83
9.1. O que os mysticetos comem?	83
9.2. O que os odontocetos comem?.....	85
9.3. O que os sirênios comem?	86
9.4. O que os pinípedes comem?	87
10. Reprodução.....	88
10.1. Os papéis de machos e fêmeas.....	88
10.2. Gravidez e amamentação.....	91

PARTE V: Ecologia **94**

11. Interações ecológicas	95
11.1. Interações harmônicas: os animais que aproveitam a “carona”	95
11.2. Interações neutras: sem benefícios ou malefícios.....	99
11.3. Interações desarmônicas: parasitismo	100
11.4. Um pouco sobre o comportamento envolvendo as interações desarmônicas...	103

12. Papéis ecológicos.....	104
12.1. Qual a relação entre os mamíferos aquáticos e o ciclo do carbono?	104
12.2. Um pouco sobre os demais nutrientes.....	105

PARTE VI: Conservação	107
------------------------------	------------

13. Ameaças à conservação	108
13.1. A caça.....	108
13.2. Perda de recursos: alimento	109
13.3. Lesões acidentais	109
13.4. Perda de recursos: habitat	110
13.5. Poluição	111
13.6. Aproximação indevida	112
13.7. Ameaças à conservação e considerações finais	114

Bibliografia consultada	115
--------------------------------	------------

Glossário	116
------------------	------------

Atividade lúdica como ferramenta educativa	119
---	------------

Disponibilização das ilustrações	120
---	------------

Sobre a autora	124
-----------------------	------------



Parte 1

Introdução



1. Introdução

1.1. Quem são os mamíferos aquáticos?

Os mamíferos aquáticos tratados neste texto englobam três grupos: cetáceos (baleias e golfinhos), sirênios (peixes-bois e dugongos) e pinípedes (focas, elefantes-marinhos, lobos-marinhos, leões-marinhos e morsas). Mas é importante destacar que os mamíferos aquáticos compõem um grupo não taxonômico¹ (em outras palavras, esses três grupos não apresentam um parentesco próximo e “exclusivo”). Portanto, não há uma padronização quanto a sua definição e classificação. Conseqüentemente, os representantes que compõem o grupo dos mamíferos aquáticos podem variar conforme o julgamento de cada autor!

Inclusive, devido à falta de padronização, é comum considerarem os mamíferos aquáticos como sinônimo de mamíferos marinhos (do inglês “marine mammals”). No entanto, mamíferos aquáticos é diferente de mamíferos marinhos! Apesar da maioria das espécies, de fato, serem marinhas, diversas outras vivem parcial ou exclusivamente em águas doces ou estuarinas (regiões de transição entre mares e rios). Aliás, há mamíferos aquáticos que não são marinhos e residem nas bacias brasileiras, como o boto-cor-de-rosa, boto-tucuxi e peixe-boi-amazônico. Em razão disso, é preferível utilizar o termo mamíferos aquáticos a mamíferos marinhos!

¹ **Grupo taxonômico** consiste em indivíduos que fazem parte de uma mesma unidade taxonômica que remete a qualquer uma das classificações científicas dos seres vivos (definição também disponível em Glossário).

A seguir serão brevemente apresentadas as características gerais dos três clados² (cetáceos, sirênios e pinípedes) – ou grupos, à grosso modo –, assim como os principais aspectos morfológicos que permitem distinguir os representantes de cada um e as suas filogenias³ simplificadas (que são semelhantes às árvores genealógicas, mas com os clados representados em cada ramo do dendrograma).

1.2. Cetáceos (subordem Cetacea)

Os cetáceos são todos aqueles animais inseridos na subordem⁴ Cetacea, os quais se dividem em dois grandes clados: os misticetos (infraordem⁵ Mysticeti) e os odontocetos (infraordem Odontoceti) (ver Figura 1).

Começando pela história do termo cetáceo, se origina do grego antigo “ketos”, modificado para “cetus” no latim, que remete à monstro marinho, pois era dessa forma que associavam esses animais, uma vez que alcançavam portes corpóreos gigantescos.

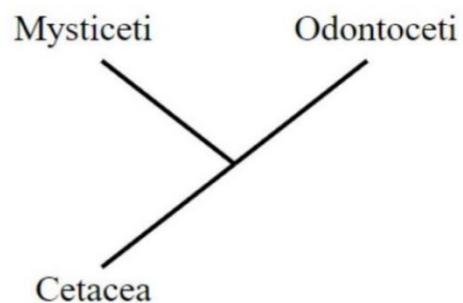


Figura 1. Representação simplificada da filogenia dos cetáceos (subordem Cetacea), evidenciando os dois clados: misticetos (infraordem Mysticeti) e odontocetos (infraordem Odontoceti).

² **Clado (do grego “klados” = ramo)** é um táxon, ou outro grupo, constituído por uma espécie ancestral e todos os seus descendentes, compondo um ramo distinto em uma árvore filogenética (definição também disponível em Glossário).

³ **Filogenia (do grego phylon = tribo, raça + geneia = origem)** está relacionada à origem e diversificação de um táxon, ou a história evolutiva de sua origem e diversificação, em geral apresentada sob a forma de um dendrograma (definição também disponível em Glossário).

⁴ **Subordem** é uma categoria taxonômica situada abaixo da ordem e acima da família (definição também disponível em Glossário).

⁵ **Infraordem** é a categoria taxonômica hierarquicamente inferior à subordem (definição também disponível em Glossário).

Os cetáceos são exclusivamente aquáticos, vivendo em águas doces, estuarinas ou no mar, dependendo da espécie. Como foi dito anteriormente, não são todas as espécies que são marinhas!

Para saber mais!

Cetáceos não são peixes e peixes não são cetáceos!

Os cetáceos são frequentemente confundidos como “grandes peixes”. De maneira análoga, alguns peixes são confundidos com cetáceos, como é o caso do tubarão-baleia, que é um peixe cartilaginoso de grande porte e com hábito filtrador.

Cetáceos e peixes são facilmente distinguíveis observando-se apenas duas características morfológicas: os cetáceos possuem pele lisa e nadadeira caudal horizontal com propulsão vertical (ver Figura 2), ao passo que os peixes têm pele com escamas e nadadeira caudal vertical com propulsão horizontal (ver Figura 3).



Figura 2. Cauda horizontal de um cetáceo curvada para baixo, demonstrando a propulsão por meio do movimento vertical (Foto: Nick Bondarev).



Figura 3. Um tubarão-baleia (peixe cartilaginoso) e sua cauda vertical, indicando a propulsão por meio do movimento horizontal (Foto: Natural History Notebooks).

A seguir serão abordadas sobre as principais características dos representantes de cetáceos: os misticetos e os odontocetos.

Qual a principal diferença entre misticeto (baleia) e odontoceto (golfinho)?

A principal diferença está na boca desses animais! Os misticetos e odontocetos podem ser distinguidos observando-se qual é a estrutura bucal que está presente (utilizada para a apreensão do alimento): o cetáceo apresenta barbatanas ou dentes?

Misticetos: os cetáceos com barbatanas

Os misticetos são popularmente conhecidos como baleias. As baleias não possuem dentes! Ao invés disso, a apreensão do alimento é realizada por meio de estruturas bucais denominadas barbatanas⁶ (Figura 4).



Figura 4. Parte da boca aberta de um misticeto, sendo possível observar a presença de barbatanas bucais na maxila (Foto: John Tunney).

⁶ Note que barbatana não é sinônimo de nadadeira! As nadadeiras serão tratadas na Seção 5.3.

As barbatanas se assemelham às cerdas de uma escova e são utilizadas para filtrar e reter o alimento (que são, principalmente, pequenos crustáceos e peixes). Essas estruturas se originam da derme e são compostas por queratina. Estão dispostas apenas na maxila (ou seja, apenas na porção superior da boca), sendo mais curtas na frente e cada vez mais longas à medida que se direciona à porção posterior (fundo).

Odontocetos: os cetáceos com dentes

Os odontocetos são representados pelos golfinhos⁷. O próprio termo odontoceto já remete à sua principal característica (termo odonto deriva de “odous” do grego antigo, que significa dente). Portanto, diferente dos mysticetos, os odontocetos apresentam dentes na boca para a apreensão do alimento!

Todos os dentes são compostos por dentina e possuem formatos semelhantes⁸. Estão localizados tanto na maxila (porção superior da boca) quanto na mandíbula (porção inferior da boca), como pode ser vista na Figura 5.



Figura 5. Dois odontocetos com a boca aberta, permitindo visualizar a presença de dentes semelhantes (homodontia) na maxila e na mandíbula (Foto: Hamid Elbaz).

⁷ Sugere-se conferir a Seção 1.5 (“Um pequeno parêntese”) posteriormente, a fim de verificar a discussão em torno do termo “golfinho”.

⁸ Os animais que apresentam todos os dentes morfologicamente semelhantes são denominados como homodontes.

No entanto, na natureza sempre há exceções. Algumas espécies têm dentes de formatos variados⁹ (p.ex. boto-cor-de-rosa) e outras que têm dentes funcionais apenas na mandíbula (com dentes rudimentares na maxila). Durante toda a vida, apresentam apenas uma dentição (ou seja, não há troca), sendo desgastados conforme a idade.

Para saber mais!

Odontocetos grandes ainda são odontocetos!

É comum associarem alguns odontocetos (golfinhos) como mysticetos (baleias) apenas pelo fato de apresentarem um corpo relativamente grande.

Inclusive, no nome popular de alguns odontocetos têm o termo “baleia”: baleia-cachalote, baleia-beluga e baleia-orca. Mas não são baleias, visto que apresentam dentes na boca, e não barbatanas.

Para evitar confusões, se recomenda nomear apenas pelo seu nome determinante: cachalote, beluga e orca.

Orcas, injustamente apelidadas de assassinas

As orcas, além de serem chamadas de baleias, foram injustamente apelidadas como baleias-assassinas. O termo “assassino” foi atribuído às orcas somente pelo fato de que algumas podem se alimentar de organismos de “sangue quente” (grupo o qual os humanos pertencem), o que é completamente antropomorfizado, pois “assassino” denota a morte de um ser humano por outro ser humano.

⁹ Os animais que apresentam dentes morfológicamente variados são denominados como heterodontes.

1.3. Sirênios (ordem Sirenia)

Os sirênios são os animais inseridos na ordem Sirenia. Este clado é dividido em duas famílias: Trichechidae (peixes-bois) e Dugongidae (dugongos), como pode ser vista na Figura 6.

Assim como os cetáceos, os sirênios são exclusivamente aquáticos e, dependendo da espécie, podem habitar águas doces, estuarinas ou no mar.

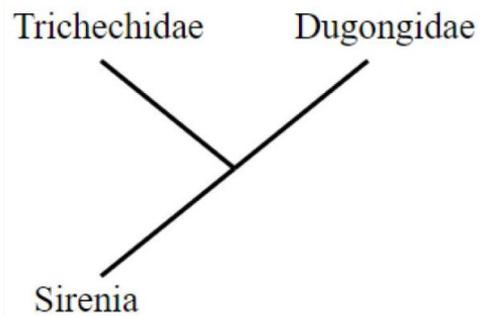


Figura 6. Representação simplificada da filogenia dos sirênios (ordem Sirenia) evidenciando os dois clados vivos: o dos peixes-bois (família Trichechidae) e do dugongo (família Dugongidae).

Para saber mais!

Sirênios já foram confundidos com sereias

Diz a lenda que marinheiros solitários relatavam terem visto sereias durante as embarcações. Mas não eram sereias, e sim sirênios, provavelmente com algas associadas ao seu dorso. Por este motivo, o termo “sirênios” tem caráter mitológico, com origem da palavra “siren” da mitologia grega.

Qual a principal diferença entre triquequídeo (peixe-boi) e dugongídeo (dugongo)?

Os peixes-bois e os dugongos possuem fisionomias muito semelhantes, apesar de existir várias diferenças entre esses animais. O modo mais fácil de diferenciá-los é observando o formato de suas nadadeiras caudais: *“o sirênio apresenta nadadeira caudal arredondada ou bifurcada?”*

Triquequídeos: os sirênios com nadadeira caudal arredondada

Os triquequídeos são conhecidos como peixes-bois. A nadadeira caudal dos peixes-bois tem um formato arredondado (semelhante à um disco), como pode ser visto na Figura 7. O termo peixe-boi provavelmente foi atribuído devido à dois fatores: são exclusivamente aquáticos (como os peixes) e são herbívoros e pastadores (como os bois).



Figura 7. Um peixe-boi e sua cauda arredondada (Foto: Carol Grant).

Dugongídeos: os sirênios com nadadeira caudal bifurcada

Os dugongos apresentam nadadeira caudal bifurcada, isto é, dividida em duas partes (remete à um formato de espátula), como pode ser visto na Figura 8. Além disso, os dugongos possuem dentes incisivos para cortar a vegetação aquática, obtendo o alimento com maior eficiência¹⁰.



Figura 8. Dugongo (*Dugong dugon*) e sua cauda dividida em duas partes (Foto: Christian Schlamann).

¹⁰ Mais informações sobre a dentição de sirênios serão vistos na Seção 5.4.

1.4. Pinípedes (infraordem Pinnipedia)

Os pinípedes são os animais inseridos na infraordem Pinnipedia. O nome Pinnipedia origina do latim “pinna”, que significa nadadeiras, e “pedis”, que significa pés, ou seja, remetem aos membros anteriores e posteriores que se assemelham a remos. Este clado é dividido em três famílias: Phocidae, Otariidae e Odobenidae (como mostra a Figura 9).

A família Phocidae inclui as focas e os elefantes-marinhos. Na família Otariidae estão os lobos-marinhos e leões-marinhos. Por fim, na família Odobenidae estão as morsas.

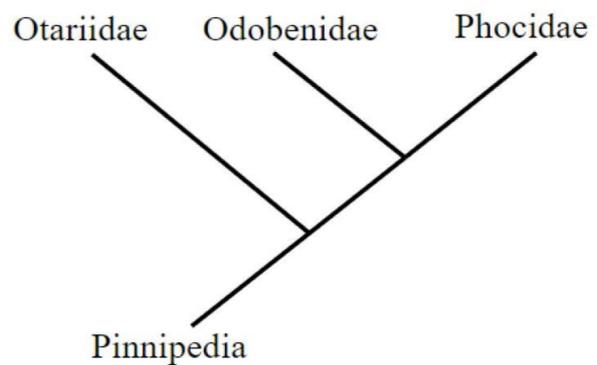


Figura 9. Representação simplificada da filogenia dos pinípedes (infraordem Pinnipedia), mostrando as famílias das focas e elefantes marinhos (Phocidae), dos lobos-marinhos e leões-marinhos (Otariidae) e das morsas (Odobenidae).

Os pinípedes frequentemente permutam entre o ambiente terrestre e aquático, contrastando com os cetáceos e os sirênios que são exclusivamente aquáticos. Por serem parcialmente aquáticos, os pinípedes são os menos adaptados a habitar na água.

Quais as principais diferenças entre focídeos (focas e elefantes-marinhos), otariídeos (lobos-marinhos e leões-marinhos) e odobenídeos (morsas)?

A maneira mais prática de distinguir os representantes de cada uma das famílias é observando a forma de locomoção em terra e a presença (ou ausência) do pavilhão auditivo e dos enormes dentes caninos exteriorizados: “o pinípede se locomove em terra por rastejo ou se apoiando nos membros anteriores? Tem pavilhão auditivo? Tem dentes caninos enormes?”.

Focídeos: os pinípedes que rastejam

Os focídeos (Figura 10) são conhecidos como focas e elefantes-marinhos. Dentre as três famílias de pinípedes, os focídeos são os únicos que se locomovem por meio do rastejo em ambiente terrestre. Além disso, não apresentam pavilhão auditivo, como os odobenídeos.



Figura 10. Foca, um representante de focídeo, repousando em ambiente terrestre. É possível observar a ausência de pavilhão auditivo (Foto: David Murrell).

Otariídeos: os pinípedes com pavilhão auditivo

Os otariídeos (Figura 11) são conhecidos como lobos-marinhos (possuem duas camadas de pelagem) e leões-marinhos (possuem uma camada de pelagem). Os representantes desta família são os únicos pinípedes que apresentam pavilhão auditivo. Ademais, apoiam-se nos membros anteriores para se locomover em terra.

Odobenídeos: os pinípedes com enormes caninos

Na família dos odobenídeos encontram-se as morsas (Figura 12), que podem ser facilmente identificadas pelos seus enormes caninos exteriorizados, sendo maiores em machos adultos. Semelhante aos focídeos, não possuem pavilhão auditivo e, semelhante aos otariídeos, apoiam-se nos membros anteriores para se locomover em terra.



Figura 11. Lobo-marinho, um representante de otariídeo, repousando em ambiente terrestre (Foto: Christopher Michel).



Figura 12. Duas morsas (odobenídeos) repousando em ambiente terrestre. A distinção desses animais através dos enormes caninos é bem nítida (Foto: Jay Ruzesky).

1.5. Um pequeno parêntese

Até o presente momento, foram apresentados apenas algumas das características dos mamíferos aquáticos, a fim de fornecer uma base para auxiliar na compreensão dos demais aspectos desses animais. Para dar prosseguimento ao conteúdo, nada mais justo do que iniciar abordando sobre a origem dos mamíferos aquáticos (Capítulo 2): quem são os “parentes” desses animais e como será que ocorreu a transição do meio terrestre para o aquático?

Mas, antes, é de suma importância discutir sobre alguns aspectos culturais do país e as suas implicações.

Reflexo na água: terminologias populares e suas implicações

O Brasil é um país com uma cultura extremamente diversa, devido à combinação de inúmeros fatores históricos (migrações, alto índice de miscigenação, regionalização etc.), o que implica em uma riqueza linguística elevada. Com isso, a bagagem cultural tem reflexo no nosso vocabulário, inclusive nos termos associados aos mamíferos aquáticos!

Dependendo da região, tanto entre países distintos quanto dentro do país, um mesmo animal pode ser conhecido por diversos nomes, ou ter o mesmo nome para se referir à vários animais.

Um bom exemplo são os nomes golfinho e boto. Segundo o ensinamento das escolas urbanas, boto é dulciaquícola (isto é, de água doce) e golfinho é marinho, ao passo que para as comunidades pesqueiras os botos são aqueles que se encontram afastados da costa litorânea e os golfinhos são aqueles que se encontram mais próximos.

As terminologias populares estão enraizadas no vocabulário por conta da força de uso. Mas, a riqueza linguística tem a sua beleza, pois permite que cada região desfrute de sua cultura. É importante frisar que não há certo ou errado quando se trata de aspectos culturais distintos!

Em prol da difusão do conhecimento, recomenda-se utilizar o termo odontocetos (cetáceos com dentes) para se referir aos golfinhos, botos, toninhas e marsopas, evitando possíveis ambiguidades. Assim como a preferência pelas demais nomenclaturas dos clados apresentados. Torna-se necessário haver um balanço entre a linguagem popular e a linguagem científica.

Linguagem popular e científica: a importância da sintonia

A linguagem científica tem um papel essencial na troca de informações entre as pessoas, com um alcance mundial, e, por basear-se no latim (que é uma língua universal e estática), não está suscetível a complicações decorrentes da força de uso.

No entanto, como mencionado anteriormente, é necessário haver um equilíbrio entre a linguagem científica e a linguagem popular, pois isso permite que haja uma troca de informações mútua de maneira eficiente. Destaca-se as comunidades que têm um contato diário com os mamíferos aquáticos e que são uma valiosa fonte de informações.

O avanço da ciência e a transmissão do conhecimento dependem da relação harmônica entre a sociedade e o meio acadêmico!



Parte 11

*Processo evolutivo e as atuais biogeografia e
diversidade*



2. História evolutiva

Como já mencionado anteriormente, o grupo dos mamíferos aquáticos não é considerado um grupo taxonômico. Em outras palavras, não houve um ancestral comum que deu origem, exclusivamente, aos cetáceos, sirênios e pinípedes. Mas cada um dos três clados – cetáceos, sirênios e pinípedes – é um grupo monofilético¹¹. Isso significa que os clados percorreram caminhos evolutivos únicos e divergentes!

Dito isso, primeiramente serão apresentados alguns aspectos dos mamíferos em geral e, em seguida, as histórias evolutivas de cada clado de mamíferos aquáticos.

2.1. Mamíferos: a classe dos mamíferos aquáticos

Genericamente, os mamíferos (classe Mammalia) são os animais que apresentam glândulas mamárias, corpo recoberto por pelos (ao menos em alguma fase da vida) e respiração pulmonar. Sob o ponto de vista científico, algumas sinapomorfias¹² como crânio com dois côndilos, palato ósseo secundário, orelha média com três ossículos (estribo, bigorna e martelo), maxila inferior composta por um único osso dentário, entre outras características, são fundamentais para classificar um animal como mamífero – especialmente quando se trata da identificação de registros fósseis.

¹¹ **Grupo monofilético** é aquele que inclui o ancestral comum mais recente do grupo e todos os descendentes desse ancestral (definição também disponível em Glossário).

¹² **Sinapomorfia (do grego syn = junto com + apo = de + morphe = forma)** é o estado de caráter derivado evolutivamente e compartilhado entre espécies e que é utilizado para recuperar padrões de descendência comum entre duas ou mais espécies (definição também disponível em Glossário).

Os mamíferos apresentam uma alta plasticidade morfológica, ou seja, uma alta capacidade de se adaptar ao meio em que se encontram variando seus aspectos morfológicos ao longo das gerações. Os processos de adaptação para os mais diversos contextos ambientais e ecológicos permitiram sua distribuição cosmopolita, inclusive nos ecossistemas aquáticos. A transição do meio terrestre ao meio aquático teve início há milhões de anos e ocorreram de maneira distinta entre os cetáceos, sirênios e pinípedes.

Os mamíferos surgiram há 220 milhões de anos (no período Triássico) e são divididos em três clados que são o Prototheria (monotremados), Metatheria (marsupiais) e Eutheria (placentários), totalizando cerca de 5400 espécies. O clado Eutheria, no qual estão inseridos os mamíferos aquáticos, caracteriza-se principalmente pela extensão do período de gestação e maiores taxas de reprodução e de crescimento do que os outros dois clados.

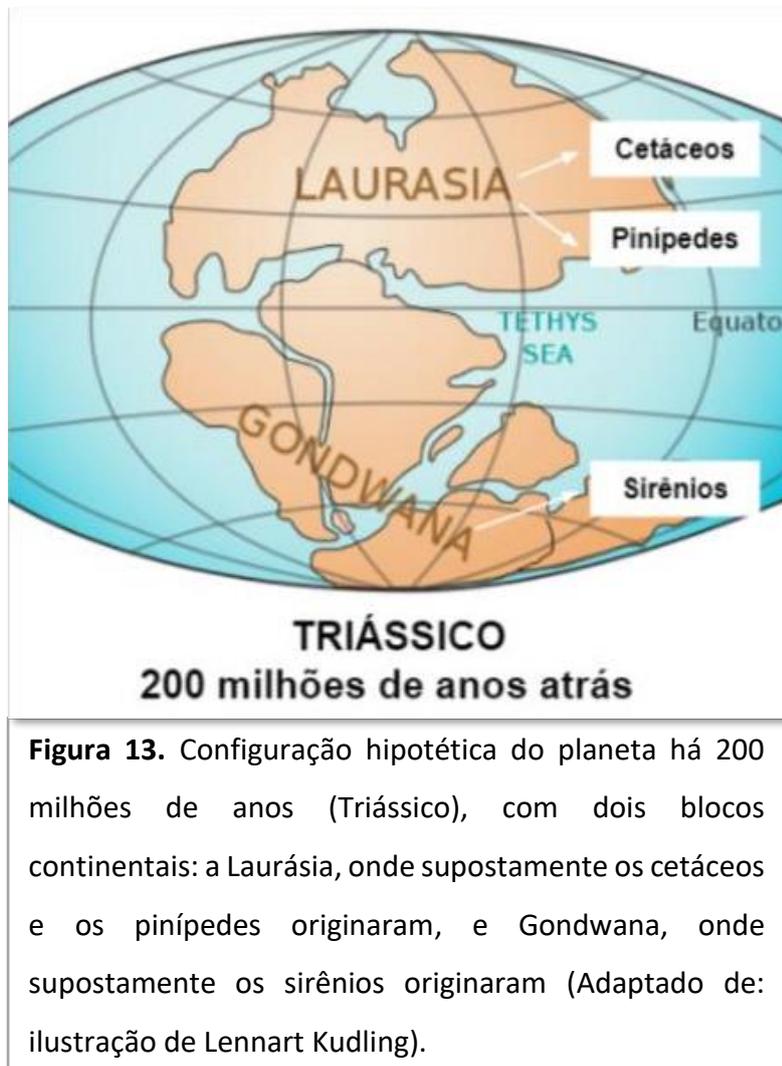
Onde tudo começou

No período Jurássico, a configuração hipotética do planeta apresentava dois blocos continentais, a Laurásia e a Gondwana (o primeiro englobando majoritariamente os continentes atuais do hemisfério Norte e o segundo do hemisfério Sul). O fenômeno da deriva continental¹³ resultou na extinção e no surgimento de diversas espécies por meio dos processos de dispersão¹⁴ e vicariância¹⁵. Sugere-se que os cetáceos e os pinípedes originaram da Laurásia, ao passo que os sirênios originaram de Gondwana, demonstrados na Figura 13.

¹³ De modo vulgar, a deriva continental pode ser descrita como a separação dos blocos continentais – ou placas tectônicas – envolvendo processos geológicos.

¹⁴ **Dispersão** é o movimento de organismos do seu local de nascimento para uma área geográfica nova, eleita como residência permanente. Eventos fundadores são casos especiais, raros, nos quais os indivíduos em dispersão cruzam uma barreira geográfica desfavorável à sobrevivência e iniciam uma população nova além da barreira (definição também disponível em Glossário).

¹⁵ **Vicariância (do latim vicarius = um substituto)** é um processo relacionado à separação geográfica de populações, sobretudo aquela imposta por descontinuidades do ambiente físico que fragmentaram as populações antes geograficamente contínuas (definição também disponível em Glossário).



2.2. A história dos cetáceos

Os cetáceos são grupo-irmão¹⁶ dos ungulados de dedos pares, o clado Artiodactyla, constituído por hipopótamos, girafas, antílopes etc. Juntos, formam a ordem Cetartiodactyla (Figura 14). “Mas como as baleias e os hipopótamos podem ser aparentados?” É o que será apresentado a seguir!

¹⁶ **Grupo-irmão** diz respeito à relação entre um par de espécies ou táxons superiores que são os parentes filogenéticos mais próximos uns dos outros (definição também disponível em Glossário).

Quem é o ancestral comum que deu origem aos ungulados de dedos pares e aos cetáceos?

O ancestral comum denomina-se *Condylarthra Mesonychidae* (ver Figura 14), um mamífero terrestre com postura digitígrada (caminhar sobre os dedos) e proporção corpórea de um lobo. A principal estrutura que evidencia a relação entre os ungulados de dedos pares e os cetáceos é o tarso paraxônico¹⁷, embora apenas os cetáceos apresentavam (houve perda secundária nos cetáceos atuais).

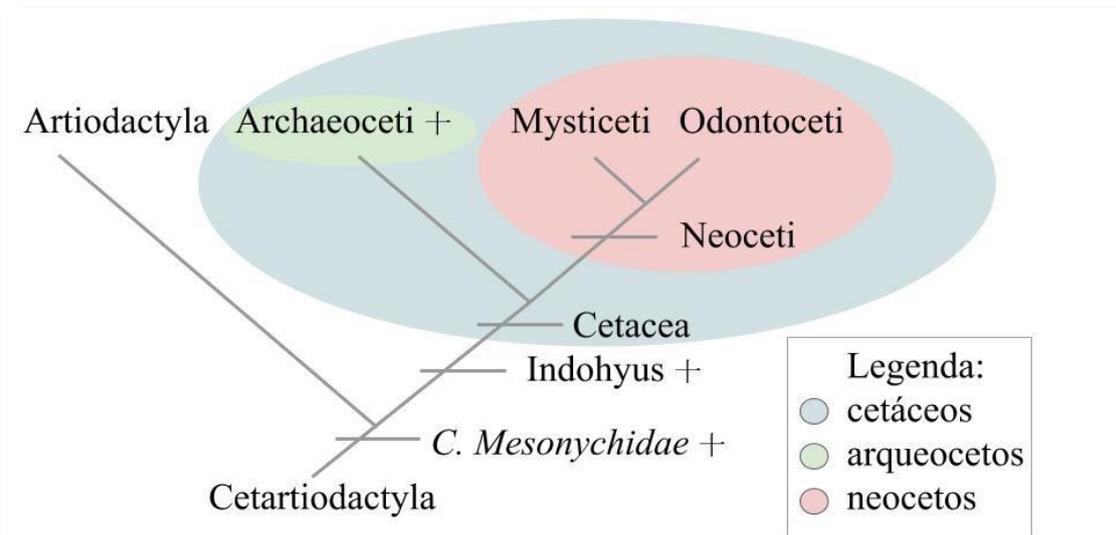


Figura 14. Representação simplificada da filogenia de Cetartiodactyla, com destaque para os cetáceos, representando: *Condylarthra Mesonychidae*, ancestral comum de Artiodactyla e Cetacea; Indohyus, o ancestral de Cetacea; o grupo extinto e o vivo de Cetacea, o Archaeoceti e o Neoceti, respectivamente; e os dois grandes grupos vivos de cetáceos, os Mysticeti e Odontoceti. Os clados já extintos estão representados com um símbolo de cruz.

¹⁷ **Tarso paraxônico** refere-se à um aspecto morfológico em que os membros posteriores apresentam um plano de simetria que atravessa os dedos III e IV (definição também disponível em Glossário).

Como tudo começou

Entre 55 a 50 milhões de anos atrás (Eoceno), quando houve um aumento da temperatura nas regiões dos polos devido ao aquecimento global generalizado, alguns mamíferos terrestres descendentes de *Condylarthra Mesonychidae*, chamados *Indohyus* (um animal quadrúpede, com pelos por

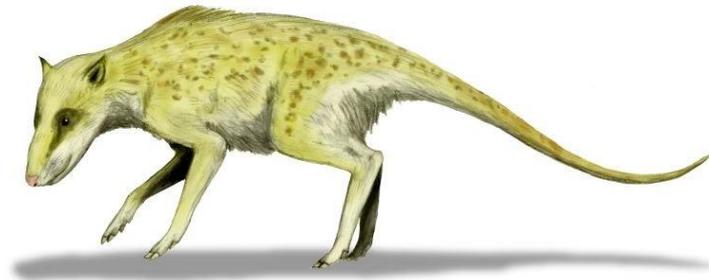


Figura 15. *Indohyus*, o mamífero ancestral dos cetáceos com pelos recobrendo o corpo, cauda proeminente, narinas na ponta do focinho e locomoção quadrúpede (Ilustração: Nobu Tamura).

todo o corpo, cauda proeminente e narinas na ponta do focinho; ver Figura 15), começaram a explorar o ambiente aquático, em um lugar conhecido como Mar de Tethys (ver Figura 13), buscando alimento e abrigo para fugir dos predadores.

Primeira radiação adaptativa: transição para o ambiente aquático

A partir deste cenário, foi desencadeado o início do processo de transição do ambiente terrestre para o ambiente aquático, no Eoceno. Os primeiros cetáceos englobam um clado já extinto, denominado Archaeoceti, que é grupo-irmão do clado Neoceti, os cetáceos atuais (ver Figura 14). Conforme as linhagens¹⁸, é possível observar as adaptações graduais ao meio aquático, destacando-se as características hidrodinâmicas do corpo, como o aumento e o alongamento corpóreo, redução dos membros e o surgimento de nadadeiras, além do deslocamento do orifício respiratório para o topo da cabeça. Os animais que pertenciam ao extinto clado Archaeoceti são denominados como arqueocetos. Dentre os arqueocetos,

¹⁸ **Linhagem** é uma sequência de populações ancestral-descendentes que evoluem através do tempo. Linhagens relacionadas com outras por meio de ramificações de linhagens ancestrais formam uma árvore filogenética. Em genética molecular evolutiva, uma sequência de moléculas de DNA ancestral-descendentes investigadas por meio da genealogia de um organismo ou pela filogenia (definição também disponível em Glossário).

existiram diversas famílias, sendo que algumas serão brevemente tratadas para elucidar o caminho evolutivo dos cetáceos.

Arqueocetos: adaptações graduais ao meio aquático

Os primeiros cetáceos foram os arqueocetos paquicetídeos (família Pakicetidae), que surgiram em torno de 52 a 48 milhões de anos (Eoceno). Apesar de ainda ser quadrúpede (Figura 16), evidências sugerem algumas adaptações na estrutura auditiva que permitiam uma audição mais eficiente debaixo d'água.

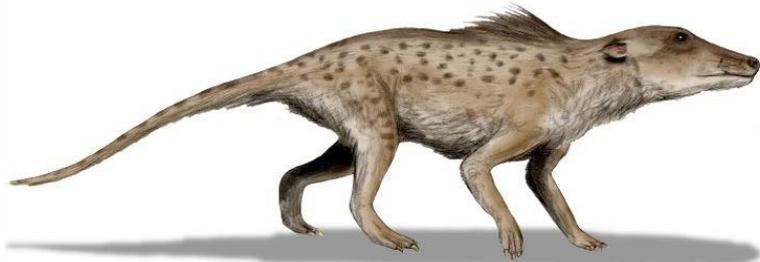


Figura 16. Paquicetídeo (família Pakicetidae), o primeiro cetáceo, com um hábito quadrúpede (Ilustração: Carl Buell).

Por volta de 52 a 35 milhões de anos (Eoceno) surgiram os ambulocetídeos (família Ambulocetidae; ver Figura 17), arqueocetos com os membros posteriores mais curtos, caudas mais robustas e alongadas e locomoção por meio da ondulação da coluna vertebral e propulsão com membros posteriores (conhecidos também como “the walking whale”).



Figura 17. Ambulocetídeo (família Ambulocetidae), com os membros posteriores mais curtos, cauda mais robusta e alongada e as modificações dos dedos, assemelhando-se a nadadeiras (Ilustração: Nobu Tamura).

No Eoceno médio, de 52 a 45 milhões de anos, surgiram os arqueocetos da família Protocetidae, que apresentavam narinas um pouco deslocadas em direção ao topo da cabeça e, provavelmente, nadavam utilizando os membros anteriores, posteriores e a cauda robusta. No entanto, os membros ainda eram bem desenvolvidos (Figura 18).



Figura 18. *Rodhocetus* sp., da família Protocetidae, que demonstra o deslocamento das narinas em direção ao topo da cabeça e os membros bem desenvolvidos (Ilustração: Pavel Riha).

Entre 49-43 milhões de anos (Eoceno médio) surgiram os arqueocetos da família Remingtonocetidae, com as mandíbulas e os crânios mais longos e estreitos, caudas mais robustas e longas e os membros mais curtos, embora ainda eram bem desenvolvidos (ver Figura 19). Locomoção por ondulação caudal (com propulsão dos membros), com indícios de maior eficiência no nado (evidências que sugerem a predação de organismos aquáticos de nado rápido).

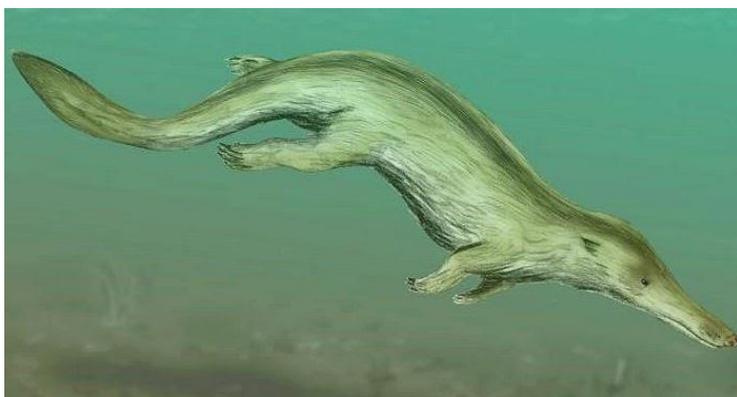


Figura 19. Representante da família Remingtonocetidae, em que é possível observar o alongamento e estreitamento dos ossos da cabeça, caudas mais robustas e longas e membros mais curtos, embora ainda desenvolvidos (Ilustração: Nobu Tamura).

Durante a transição do Eoceno Médio para o Oligoceno, em torno de 45 a 33,9 milhões de anos surgiram os representantes da família Basilosauridae, com hábito exclusivamente aquático. Com isso apresentavam diversas semelhanças com os cetáceos atuais, como os membros posteriores vestigiais¹⁹, membros anteriores em forma de nadadeiras peitorais, narinas

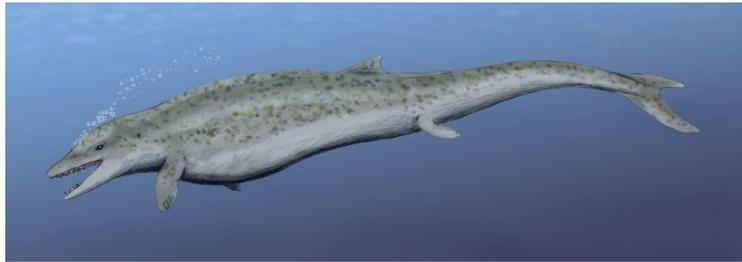


Figura 20. *Dorudon atrox*, da família Basilosauridae. Nota-se seu corpo alongado, a cauda bilobada, membros posteriores vestigiais, membros anteriores em forma de nadadeiras peitorais e narinas ainda mais deslocadas em direção do topo da cabeça (Ilustração: Nobu Tamura).

ainda mais deslocadas em direção do topo da cabeça (em alguns), alongação da coluna vertebral (podendo atingir 25 metros de comprimento) e transformação da cauda para em nadadeira caudal horizontal bilobada (estrutura de propulsão), como mostra a Figura 20.

Segunda radiação adaptativa: surgimento dos neocetos

As linhagens mais recentes dos arqueocetos já haviam adquirido diversas características morfológicas e fisiológicas que lhes permitiram se adaptar ao meio aquático. No Oligoceno, em torno de 35 milhões de anos, surgiu o grupo descendente dos arqueocetos: os neocetos, do clado Neoceti. Este período marcou a segunda radiação adaptativa dos cetáceos, em que as linhagens se tornaram ainda mais adaptados ao hábito aquático.

Neocetos: clado que engloba os cetáceos atuais

Os neocetos consistem nos cetáceos atuais, isto é, os misticetos e odontocetos (ver Figura 14). Conforme o tempo evolutivo, misticetos e odontocetos se diferenciavam cada vez mais, sendo que cada linhagem desenvolveu características particulares.

¹⁹ Aos interessados, há um maior detalhamento sobre os membros posteriores vestigiais no quadro “Para saber mais” da Seção 5.2.

Os misticetos diferenciavam-se pelas mudanças estruturais dos ossos cranianos em virtude do deslocamento total do orifício respiratório ao topo da cabeça. Os misticetos arcaicos ainda apresentavam dentes e há evidências de que alguns apresentavam dentes e barbatanas bucais simultaneamente! A substituição completa dos dentes pelas barbatanas ocorreu devido ao processo de seleção natural. Devido à alguns fenômenos naturais da época (como corrente circumpolar antártica e glaciações), surgiram inúmeras manchas de pequenos organismos vivos pelo oceano. Sendo assim, aqueles indivíduos que possuíam barbatanas (ou algo semelhante que deu origem às barbatanas propriamente ditas) foram capazes de filtrar e usufruir das grandes porções de alimento composto por pequenos organismos, o que não seria possível realizar utilizando os dentes. Portanto, estes mesmos indivíduos foram favorecidos, deixando cada vez mais descendentes que, por sua vez, herdaram as barbatanas na boca.

Na linhagem dos odontocetos a dentição foi mantida e desenvolveram a habilidade de explorar locais com disponibilidade de presas, por meio da ecolocalização (habilidade de determinar a presença, posição e distância dos corpos – vivos ou não – por meio da emissão e captação de ondas ultrassônicas)²⁰.

Em ambas as linhagens houve o desenvolvimento do blubber, um tipo de gordura que auxilia no isolamento térmico, flutuabilidade e reserva de energia, provavelmente como resultado do processo de adaptação à queda de temperatura deste período²¹.

Terceira radiação adaptativa: aumento da diversidade

A terceira radiação adaptativa ocorreu no Mioceno, entre 15 a 5 milhões de anos, quando houve um aumento da diversidade de espécies dos cetáceos, principalmente dos

²⁰ Detalhamento sobre a ecolocalização na Seção 7.2.

²¹ O blubber está presente em todas os três clados de mamíferos aquáticos. Aos interessados, há um maior detalhamento sobre o blubber no quadro “Para saber mais” da Seção 5.2.

odontocetos. É possível que as migrações dos misticetos também se iniciaram neste período, favorecidos pelas adaptações adquiridas até então, como o blubber.

O gigantismo dos misticetos ocorreu entre 5 a 3 milhões de anos (Pilo-Pleistoceno), provavelmente decorrente do aumento da eficiência energética provida da capacidade de consumir os pequenos organismos vivos presentes nas inúmeras manchas, como foi citado anteriormente. O aumento do tamanho corpóreo pode estar relacionado a uma reserva energética ainda maior, permitindo assim as migrações a longas distâncias²².

Assim como as barbatanas, a presença de sulcos ventrais expansíveis também pode ter sido favorecida, visto que permitia uma maior quantidade de alimento. Sulcos ventrais expansíveis cada vez maiores foram favorecidas pela seleção natural, visto que forneciam maior custo-benefício conforme determina a teoria do forrageamento ótimo²³, apesar de não estarem presentes em todas as espécies.

2.3. A história dos sirênios

Os representantes vivos mais próximos (filogeneticamente) de sirênios são os elefantes. O clado Proboscidea, o qual os elefantes pertencem, é grupo-irmão de Desmostylia (já extintos), e compartilham um ancestral comum com Sirenia (sirênios). Juntos formam o clado Tethyteria (Figura 21), que remete ao Mar Tethy, local de origem dos sirênios e cetáceos (ver Figura 13).

²² Detalhamento sobre a migração dos misticetos no Capítulo 8.

²³ A teoria de forrageamento ótimo postula que os organismos tendem a maximizar os ganhos energéticos (consumo de alimento) em relação aos custos (energia e tempo gastos com a atividade). Em outras palavras, os organismos tendem a ter o maior ganho possível e, simultaneamente, o menor custo possível, pois se os custos forem maiores que o ganho a atividade se torna desfavorável.

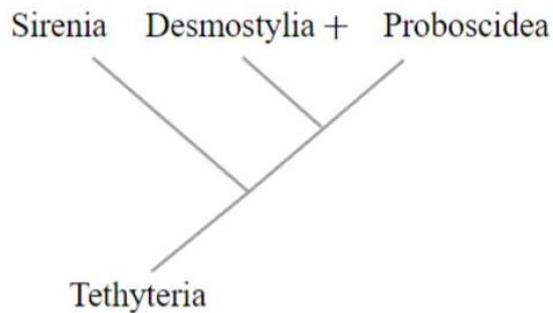


Figura 21. Representação simplificada da filogenia de Tethyteria, demonstrando que Proboscidea é grupo-irmão de Desmostylia e que juntos foram o grupo-irmão de Sirenia.

Quando tudo começou

Os ancestrais de sirênios (Figura 22) surgiram há 50 milhões de anos, no Eoceno médio. Eram quadrúpedes, com pernas bem desenvolvidas, corpo robusto, herbívoros e parcialmente aquáticos (rios e estuários). Há alguns registros do gênero *Prorastomus* na Jamaica e do gênero *Pezosiren* no Egito. Os primeiros dugongos surgiram há 50 milhões de anos, enquanto os peixes-bois datam de 35 a 25 milhões de anos (Oligoceno).



Figura 22. *Prorastomus sirenoides*, no qual é possível notar o corpo robusto e membros desenvolvidos, indicando hábito quadrúpede (Ilustração: Nobu Tamura).

E quando surgiram as linhagens dos sirênios atuais?

As espécies de peixes-bois e do dugongo viventes são mais recentes, com o surgimento datado há 15 milhões de anos (Mioceno).

2.4. A história dos pinípedes

Os pinípedes são animais carnívoros, inseridos na ordem Carnívora, a qual é dividida em Feliformia e Caniformia (a divergência entre esses dois últimos é datada há cerca de 55 milhões de anos). Dentro da subordem Caniformia (que inclui cães, ursos, guaxinins, entre outros), encontra-se a infraordem Pinnipedia.

O clado Pinnipedia está inserido dentro de um clado maior denominado Pinnipedimorpha, junto com o seu grupo-irmão *Enaliarctos*, já extinto (ver Figura 23). Os carnívoros ancestrais dos pinípedes deram origem ao gênero *Enaliarctos* (os primeiros Pinnipedimorpha), com registros fósseis do Pacífico Norte datados de 27 a 25 milhões de anos (Oligoceno). Estes animais apresentavam membros posteriores bem desenvolvidos, indicando a dependência terrestre (Figura 24). Além disso, fósseis desse gênero indicam uma capacidade considerável de movimentar a coluna vertebral lateral e verticalmente, e membros anteriores e posteriores modificados em nadadeiras para o nado.

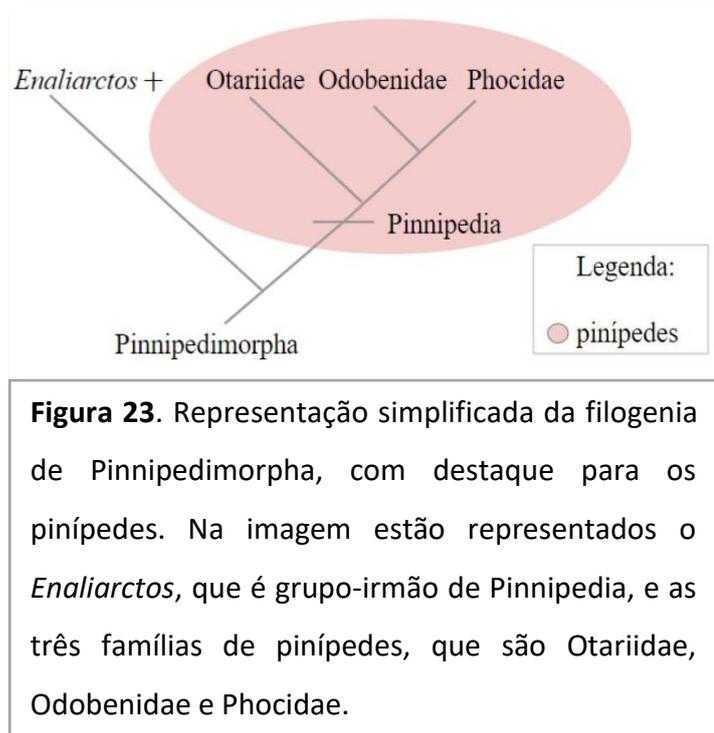


Figura 23. Representação simplificada da filogenia de Pinnipedimorpha, com destaque para os pinípedes. Na imagem estão representados o *Enaliarctos*, que é grupo-irmão de Pinnipedia, e as três famílias de pinípedes, que são Otariidae, Odobenidae e Phocidae.



Figura 24. *Enaliarctos mealsi*, no qual é possível notar os membros modificados em nadadeiras e bem desenvolvidos, especialmente os posteriores (Ilustração: Nobu Tamura).

Quando os pinípedes surgiram?

Os pinípedes surgiram no final do Oligoceno (29 a 23 milhões de anos) e se diversificaram no Mioceno (grande radiação adaptativa), período no qual surgiram as três famílias já apresentadas no capítulo anterior: Phocidae (focas e elefantes-marinhos), Otariidae (lobos- e leões-marinhos) e Odobenidae (morsa).

Em torno de 27-25 milhões de anos houve outra radiação adaptativa, provavelmente no Canal do Panamá, onde é considerado o hipotético centro de origem e dispersão dos pinípedes. Por meio dos processos de dispersão e vicariância houve, então, um aumento da diversidade de espécies e, ao longo do tempo, os pinípedes começaram a apresentar adaptações para as áreas mais frias. Com isso, é possível compreender a distribuição atual dos pinípedes, os quais se concentram majoritariamente nas áreas polares e subpolares em comparação com os trópicos.

E é justamente sobre esses aspectos sobre a distribuição geográfica que o próximo capítulo irá abordar: *“onde os mamíferos aquáticos se encontram atualmente?”*.

3. Biogeografia atual

3.1. Sobre a biogeografia e os seus fatores determinantes

A biogeografia consiste na distribuição dos organismos no espaço e no tempo. Essa distribuição é influenciada principalmente por fatores ecológicos e eventos geológicos, e ambos podem variar naturalmente no tempo e no espaço.

Por exemplo, os fenômenos naturais que tiveram início no Oligoceno foram responsáveis pelas mudanças climáticas globais desse tempo geológico, em que a diferença de temperatura entre os polos e os trópicos aumentaram cada vez mais, formando as distintas zonas climáticas conhecidas atualmente. Isso influenciou em diversos padrões de distribuição, como é o caso da migração latitudinal e sazonal dos cetáceos, uma vez que as águas frias são desfavoráveis por permitir uma perda rápida do calor corporal²⁴. Os oceanos são habitats altamente dinâmicos com propriedades variáveis (como a intensidade de luz, temperatura da água, abundância de nutrientes, entre outros), influenciando diretamente na produção primária, como a matéria orgânica e oxigênio fornecidos pelos organismos fotossintetizantes. Locais com baixa produtividade primária se tornam desfavoráveis, ao passo que locais com alta produtividade primária atraem os organismos, influenciando na distribuição deles. Além disso, os eventos geológicos impuseram diversas barreiras físicas (como continentes e ilhas) ao longo do processo evolutivo dos mamíferos aquáticos, induzindo os processos de dispersão e vicariância já mencionados no Capítulo 2.

Por fim, é importante destacar que a biogeografia atual é um reflexo do processo evolutivo que durou milhares de anos!

²⁴ Para mais informações a respeito da perda de calor para o meio e a migração, confira os Capítulos 6 e 8.

3.2. Biogeografia atual dos mamíferos aquáticos

Onde estão os mysticetos?

A distribuição da maioria dos mysticetos está intimamente relacionado com o processo de migração²⁵, uma vez que não permanecem fixos em um determinado local. Há uma concentração maior no hemisfério Sul (Figura 25), visto que oferece uma maior área oceânica comparado ao hemisfério Norte que tem uma maior área continental.

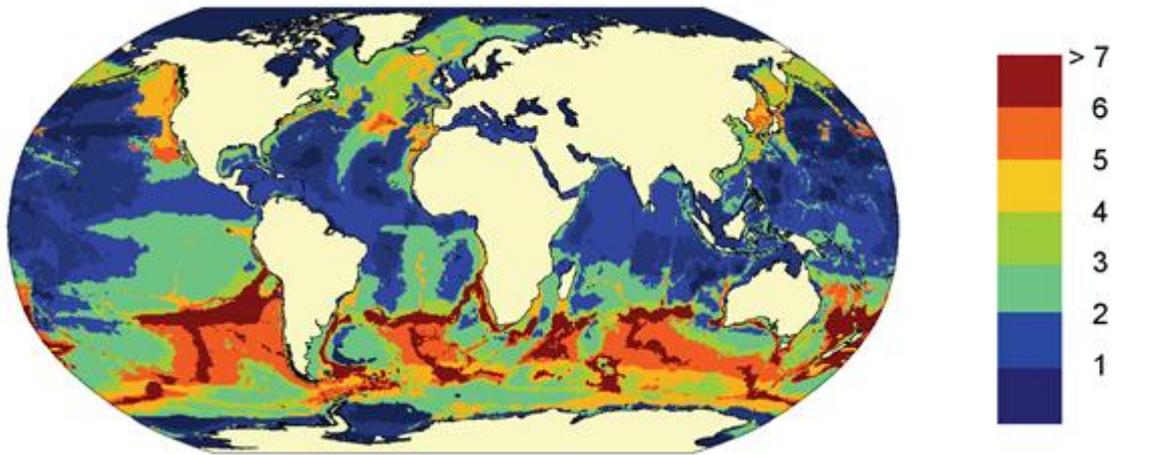


Figura 25. Representação da distribuição global dos mysticetos. A coloração indica o número de espécies no local, conforme a escala à direita. Nota-se uma maior concentração no hemisfério Sul (Ilustração: Kaschner *et al.*, 2011).

Onde estão os odontocetos?

Os odontocetos geralmente não apresentam aquele padrão migratório complexo dos mysticetos. Estão concentrados nas áreas temperadas, tropicais e subtropicais (Figura 26). No entanto, por ser um clado altamente diversificado, há diversas particularidades: narvais e belugas apresentam uma distribuição circumpolar ártico (isto é, restritas à região do ártico, ao norte); orcas são cosmopolitas (em todo o globo); botos-cor-de-rosa são dulciaquícolos etc.

²⁵ Detalhamento sobre a migração no Capítulo 8.

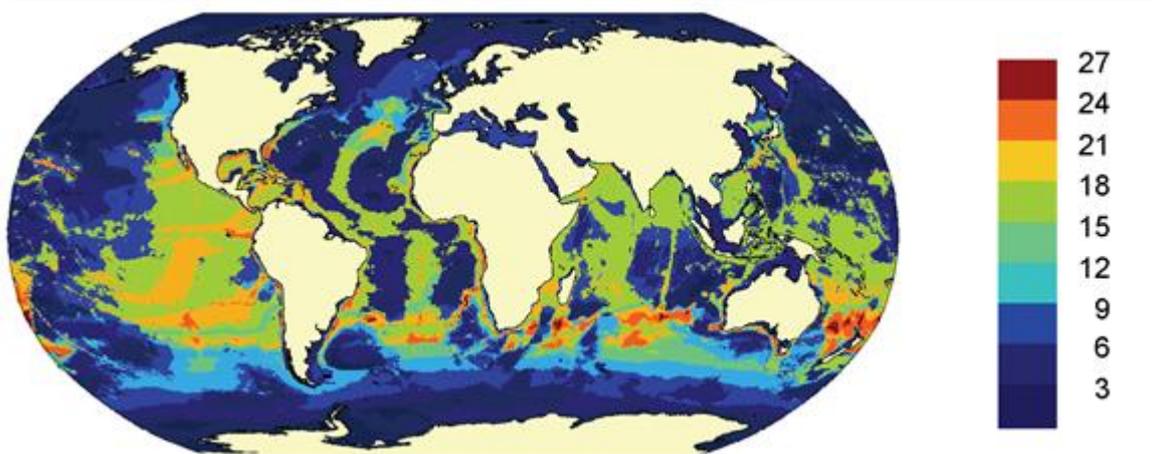


Figura 26. Representação da distribuição global dos odontocetos. A coloração indica o número de espécies no local, conforme a escala à direita. Nota-se uma maior concentração nas áreas temperadas, tropicais e subtropicais (Ilustração: Kaschner *et al.*, 2011).

Onde estão os sirênios?

Como sirênios só apresentam quatro espécies, a Figura 27 apresenta a distribuição de cada uma delas. As quatro espécies são restritas às zonas tropicais e subtropicais, com águas geralmente maiores que 18 °C. Como sua alimentação se baseia em plantas aquáticas, têm um hábito costeiro (sempre na plataforma continental), em águas com profundidade média

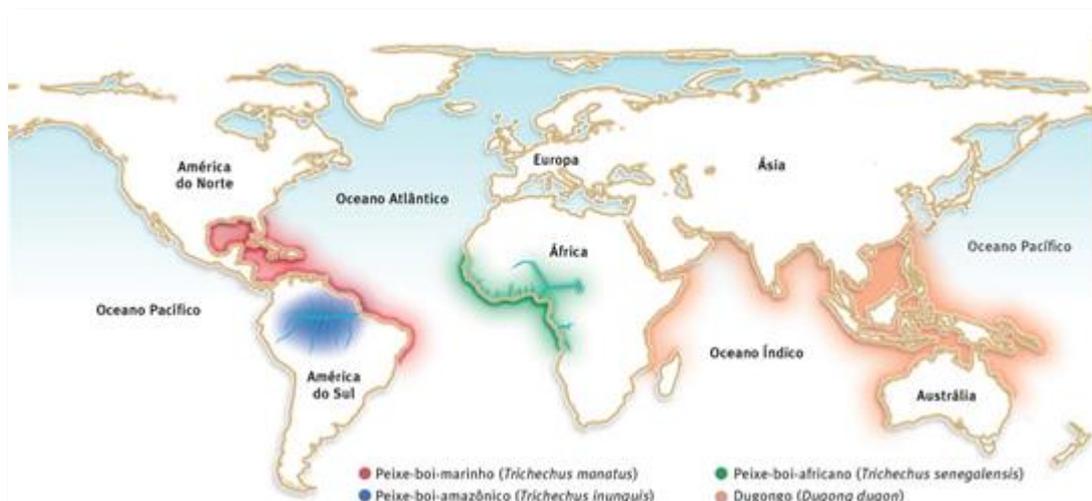


Figura 27. Representação da distribuição global das quatro espécies de sirênios, conforme a legenda no canto inferior direito da imagem (Ilustração: Vianna *et al.*, 2006).

de seis metros e no máximo cerca de 20 metros. A única espécie dos dugongos é exclusivamente marinha, distribuídos na região do Indo-Pacífico. Por outro lado, os peixes-bois podem ser marinhos, estuarinos ou de água doce: o peixe-boi-amazônico (da Amazônia) é exclusivamente dulciaquícola, ao passo que o peixe-boi-marinho (das Américas) e o peixe-boi-africano (da África Ocidental) foram adaptados para habitar tanto em rios quanto em águas marinhas e salobras.

Onde estão os pinípedes?

Os pinípedes se concentram majoritariamente nas regiões polares e subpolares (Figura 28) e essa restrição geográfica dificulta o acesso a esses animais para o estudo. Contudo, algumas particularidades são conhecidas: elefantes-marinhos que realizam o processo migratório²⁶; as focas-do-lago-Baikal, que habitam água doce no leste da Rússia; e as focas-do-mar-Cáspio, que habitam o lago salino.

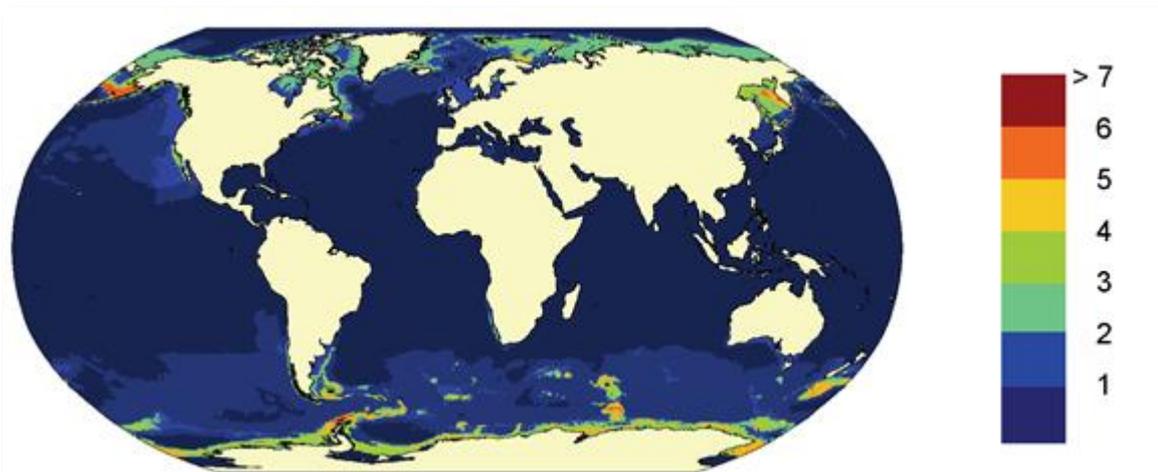


Figura 28. Representação da distribuição global dos pinípedes. A coloração indica o número de espécies no local, conforme a escala à direita. Nota-se uma maior concentração nas regiões polares e subpolares (Ilustração: Kaschner *et al.*, 2011).

No próximo capítulo será abordado um panorama geral sobre a diversidade das espécies que, em algum grau, está relacionado à sua distribuição!

²⁶ Aos interessados, há um maior detalhamento sobre a migração de elefantes-marinhos no quadro “Para saber mais” ao final do Capítulo 8.

4. Diversidade de espécies

4.1. Quem são os mais diversos?

Dentre os três clados - cetáceos, sirênios e pinípedes - quem será que possui a maior diversidade de espécies, isto é, o maior número de espécies? O capítulo anterior já deu a dica: os cetáceos!

Os cetáceos têm a maior diversidade de espécies (com 90 espécies), seguido dos pinípedes (com 33 espécies) e dos sirênios (com 4 espécies). No gráfico abaixo (Figura 29) estão representadas as distribuições da diversidade para cada clado.

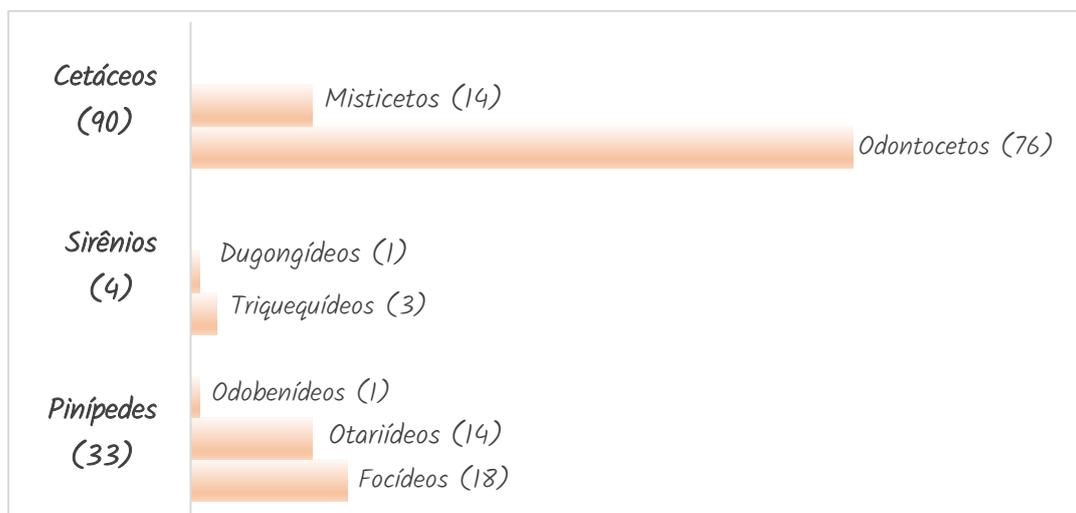


Figura 29. Gráfico sobre a diversidade de espécies dentro de cada clado. De cima para baixo, estão representados: 14 espécies de mistictetos (baleias) e 76 de odontocetos (golfinhos), do clado dos cetáceos; 1 espécie de dugongídeos (dugongos) e 3 de triquequídeos (peixes-bois), do clado dos sirênios; 1 espécie de odobenídeos (morsas), 14 espécies de otariídeos (lobos-marinhos e leões-marinhos) e 18 espécies de focídeos (focas e elefantes-marinhos), do clado dos pinípedes.

Para saber mais!

Qual é a principal estrutura para identificar as espécies de cetáceos?

Você sabe qual é a principal estrutura para identificar as espécies de cetáceos? É justamente aquela utilizada para diferenciar os mysticetos dos odontocetos: a estrutura bucal para a apreensão de alimento!

Em mysticetos, verifica-se o número, tamanho e a cor das barbatanas.

Em odontocetos, verifica-se o número, tamanho e a morfologia dos dentes.

Neste presente texto, não serão abordados os detalhes de todas as espécies de mamíferos aquáticos, visto que o intuito é informar brevemente sobre as características gerais desses animais, voltado principalmente para a população brasileira. À vista disso, serão apresentadas apenas algumas das espécies mais conhecidas no país!

4.2. Espécies de mamíferos aquáticos com registro no Brasil

Diversas espécies de mamíferos aquáticos já foram avistadas no território brasileiro, como as famosas baleias-jubartes, que migram nas proximidades do litoral baiano anualmente para reprodução e procriação. Esse comportamento é visto também em outras espécies que, por permanecerem na região apenas durante alguns meses e retornarem anualmente na mesma época, são categorizadas como visitantes sazonais. Há aqueles que residem no país (habitat natural), como os peixes-bois-amazônico, denominados como residentes. Ainda, há espécies que são consideradas como exploradoras, pois já foram registradas na região (embora poucos) mas que divergem de suas áreas de distribuição²⁷.

²⁷ Os detalhes sobre a distribuição das espécies no tempo e no espaço já foram mencionados no Capítulo 3.

Quantas espécies já foram registradas no Brasil?

Entre os cetáceos, há registros de nove espécies de mysticetos e 16 de odontocetos. Dentre as quatro espécies de sirênios, metade distribuem-se nas bacias brasileiras: o peixe-boi-amazônico e o peixe-boi-marinho. Já em relação aos pinípedes, são menos avistadas e estudadas pois, como mencionado anteriormente, se concentram majoritariamente em altas latitudes do planeta onde o estudo é mais difícil. Contudo, há oito espécies com registro no Brasil, sendo que apenas uma espécie (*Otaria flavescens* ou *Otaria byronia*, um otariídeo popularmente denominado como leão-marinho-sul-americano) forma colônia em águas brasileiras, mais especificamente no Sul. As demais espécies (quatro focídeos e três otariídeos) têm ocorrências sazonais.

As espécies mais conhecidas pela população brasileira

A seguir, serão apresentadas as características gerais sobre algumas das espécies de mysticetos (Figuras 30 a 32, com balões explicativos de coloração laranja) e odontocetos (Figuras 33 a 35, com balões explicativos de coloração verde) mais conhecidas pelos brasileiros, além de duas espécies de sirênios (Figuras 36 e 37, com balões explicativos de coloração roxa), sendo que uma delas é exclusiva das bacias brasileiras.



Figura 30. Dorso da cabeça de uma baleia-de-Bryde, evidenciando as três quilhas (Foto: Zejulio).

Baleia-de-Bryde (*Balaenoptera edeni*)

Tamanho e peso: adulto com 15-16 m e 17-20 ton; filhote com 4 m 700-900 kg.

Distribuição: Costa Sudeste (principalmente nos meses de primavera e verão).

Características: presença de três quilhas (ou cristas) no dorso da cabeça; nadadeira dorsal falcada; presença de sulcos ventrais expansíveis; um sulco ventral que se estende até a região das fendas genitais.

Baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*)

Tamanho e peso: adulto com 15-16 m e 30-40 ton; filhote com 4 m e 800 kg-1 ton.

Distribuição: visita anual (reprodução e procriação) ao Arquipélago dos Abrolhos (sul da Bahia), principalmente entre setembro e outubro.

Características: nadadeiras peitorais muito grandes (até 1/3 do comprimento do corpo); presença de protuberâncias na cabeça, formando três linhas; presença de sulcos ventrais expansíveis.



Figura 31. Região ventral de uma baleia-jubarte, evidenciando as enormes nadadeiras peitorais e os sulcos ventrais expansíveis (Foto: Greg Lecoer).



Figura 32. Região dorsal de uma baleia-franca-austral durante o salto aéreo, evidenciando a presença de calosidades na cabeça (Foto: Michaël Catanzariti).

Baleia-franca-austral (*Eubalaena australis*)

Tamanho e peso: adulto com 15-16 m e 40-50 ton; filhote com 5 m e 1-3 ton.

Distribuição: visita anual (reprodução e procriação) nas águas costeiras, baías e enseadas, com preferência pela costa de Santa Catarina, durante o inverno e primavera.

Características: presença de calosidades (concreções de pele, equivalentes a verrugas) na cabeça; borrifo com formato da letra "V"; nadadeira dorsal ausente; nadadeira peitoral em forma de trapézio; sulcos ventrais ausentes.

Para saber mais: comumente vistas em águas muito rasas, com profundidades de 6-10 m.

Boto-cinza
(*Sotalia guianensis*)

Tamanho e peso: adulto com 2 m e 65-121 kg; filhote com 1 m e 15-30 kg.

Distribuição: águas costeiras e estuarinas da América do Sul e Central, desde Santa Catarina até Honduras.

Características: rostro definido e sem separação nítida do melão; coloração acinzentada, com o ventre geralmente branco.

Para saber mais: são tímidos à presença humana; não há dimorfismo sexual; formam grupos de 2 a 90 indivíduos



Figura 33. Vista lateral de um boto-cinza durante o salto aéreo, evidenciando o rostro definido e a coloração acinzentada, com o ventre mais claro (Foto: Instituto Boto Cinza).



Figura 34. Cabeça de um golfinho-nariz-de-garrafa exposto na superfície aérea, evidenciando a nítida dobra que separa o rostro do melão (Foto: Dolphins-World).

Golfinho-nariz-de-garrafa
(*Tursiops truncatus*)

Tamanho e peso: adulto com 3 m e 200-350 kg; filhote com 1 m e 15-30 kg.

Distribuição: no Brasil distribuem-se pelas águas costeiras e estuarinas, entre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Características: nadadeira dorsal alta e falcada; nítida dobra que separa o rostro do melão.

Para saber mais: no Rio Grande do Sul e Santa Catarina são conhecidos como "boto"; na região Sudeste até o Nordeste, ocupam as faixas costeiras e oceânicas, pois as faixas litorâneas são ocupadas pelo boto-cinza.

Golfinho-pintado-do-atlântico

(*Stenella frontalis*)

Tamanho e peso: adulto com 2,3 m e 80-130 kg ; filhote com 1 m e 15-20 kg.

Distribuição: águas tropicais do Atlântico, principalmente nas ilhas próximas à costa, como a Ilha do Arvoredo (SC), Ilhas Vitória e Alcatrazes, assim como a Laje de Santos (SP) e ao redor da Ilha Grande (RJ)

Características: possuem pintas ao redor do corpo (exceto filhotes); nadadeira dorsal alta e falcada; nítida dobra que separa o rostro do melão; presença de “blaze” ou “selim” (mancha na base da nadadeira dorsal).

Para saber mais: filhotes nascem sem as pintas, que são adquiridas conforme o amadurecimento.



Figura 35. Vista lateral de um golfinho-pintado-do-atlântico, evidenciando as diversas pintas ao redor do corpo, a nítida dobra que separa o rostro do melão e a presença de “blaze” ou “selim” (Foto: Jon Comforth).



Figura 36. Dois peixes-bois-amazônicos de coloração escura, sendo que no indivíduo a esquerda é possível observar a mancha mais clara no ventre (Foto: EcoDesenvolvimento.org).

Peixe-boi-amazônico

(*Trichechus inunguis*)

Tamanho e peso: adulto com 3 m e 480 kg; filhote com 80-110 cm e 10 kg.

Distribuição: vive na bacia amazônica, frequentando também o litoral do Amapá.

Características: nadadeira caudal sem furca (e sim arredondada); sem unhas nas nadadeiras peitorais; exclusivos de água doce; tem coloração escura e geralmente com manchas claras no ventre.

Para saber mais: é a única espécie de sirênios que habita exclusivamente água doce.

Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*)

Tamanho e peso: adulto com 4 m e 800 kg; filhote com 80-160 cm e 30 kg.

Distribuição: América do Norte até América do Sul; vive no litoral entre os estados de Alagoas ao Amapá.

Características: nadadeira caudal sem furca e arredondada; 3 a 4 unhas nas nadadeiras peitorais; coloração cinza amarronzada, geralmente sem mancha clara no ventre; corpo fusiforme; águas marinhas e salobra.

Para saber mais: pode ter algas no dorso; conhecido também como manatim.



Figura 37. Peixe-boi-da-marinho, no qual é possível notar sua coloração cinza amarronzada, sem a mancha clara no ventre e com algas associadas em seu dorso (Foto: Keith Ramos).

E quanto a diversidade morfológica?

Os cetáceos, além de apresentarem a maior diversidade de espécies, também apresentam a maior diversidade morfológica! Como pode ser vista na Figura 38, as espécies inseridas neste clado variam em diversos aspectos morfológicos, como o porte corpóreo, estrutura bucal para a apreensão do alimento, coloração, estrutura do melão, presença de sulcos ventrais expansíveis, presença da nadadeira dorsal, entre outros. Essa diversidade morfológica está, também, relacionada com a sua distribuição cosmopolita – ou seja, os cetáceos são encontrados em praticamente todas as bacias oceânicas do mundo e cada espécie está adaptada para as condições do local em que se encontra. Em contrapartida, comparativamente as espécies de sirênios e pinípedes manifestam baixa diversidade morfológica.

Inclusive, os aspectos da morfologia geral dos mamíferos aquáticos serão elucidados no próximo capítulo!

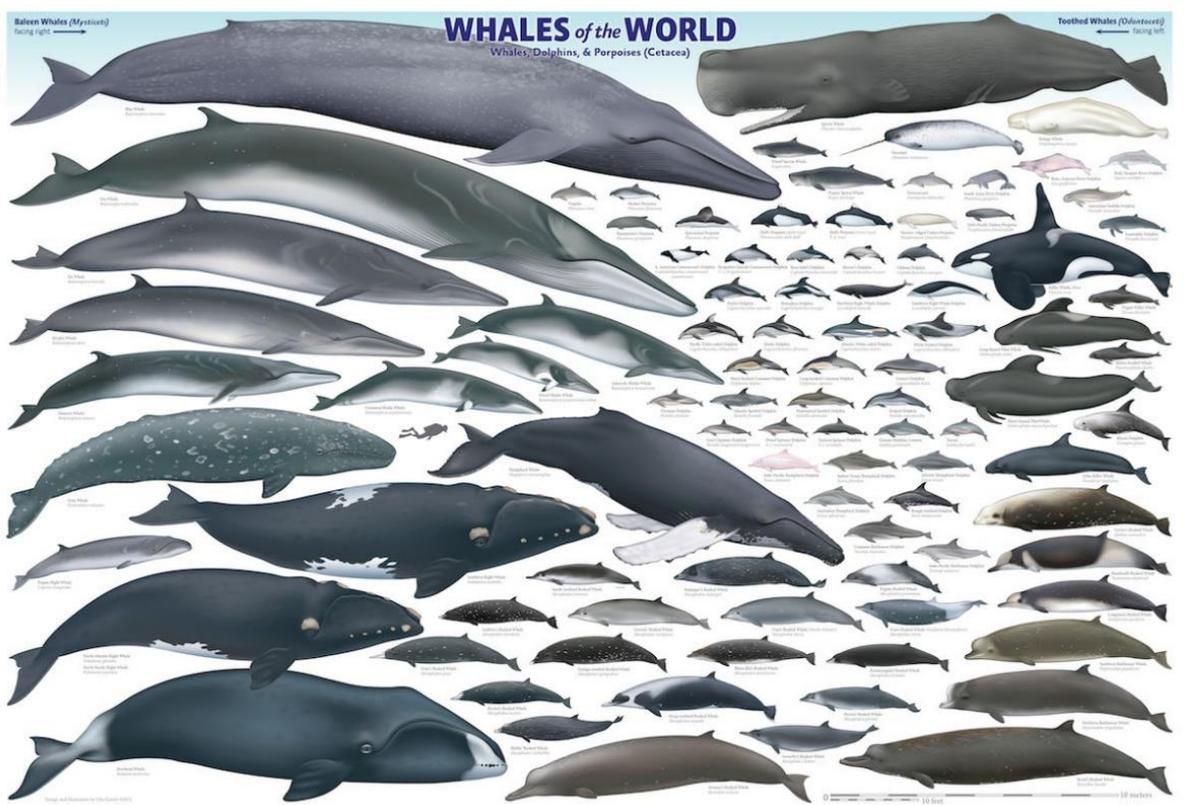


Figura 38. Ilustração com todas as espécies de mysticetos (representados com as cabeças direcionadas à direita) e odontocetos (representados com as cabeças direcionadas à esquerda). É possível notar a variedade de morfológica dos cetáceos, principalmente em relação ao porte corpóreo (Ilustração: Uko Gorter).

Para saber mais!

3160 baleias-pigmeias equivalem a uma baleia-azul

O maior cetáceo conhecido é a baleia-azul, que pesa cerca de 190 toneladas, enquanto o menor cetáceo, a baleia-pigmeia, pesa cerca de 60 quilos. Comparando as massas corporais, o peso de uma baleia-azul equivale ao peso de 3160 baleias-pigmeias! A título de curiosidade, os tamanhos desses animais não variam tanto, sendo que o comprimento de uma baleia-azul (cerca de 33 metros) equivale a 19 baleias-pigmeias (cerca de 6,5 metros) enfileiradas.



Parte III

Morfologia, fisiologia e sistemas sensoriais



5. Morfologia geral

5.1. Apresentação das estruturas externas

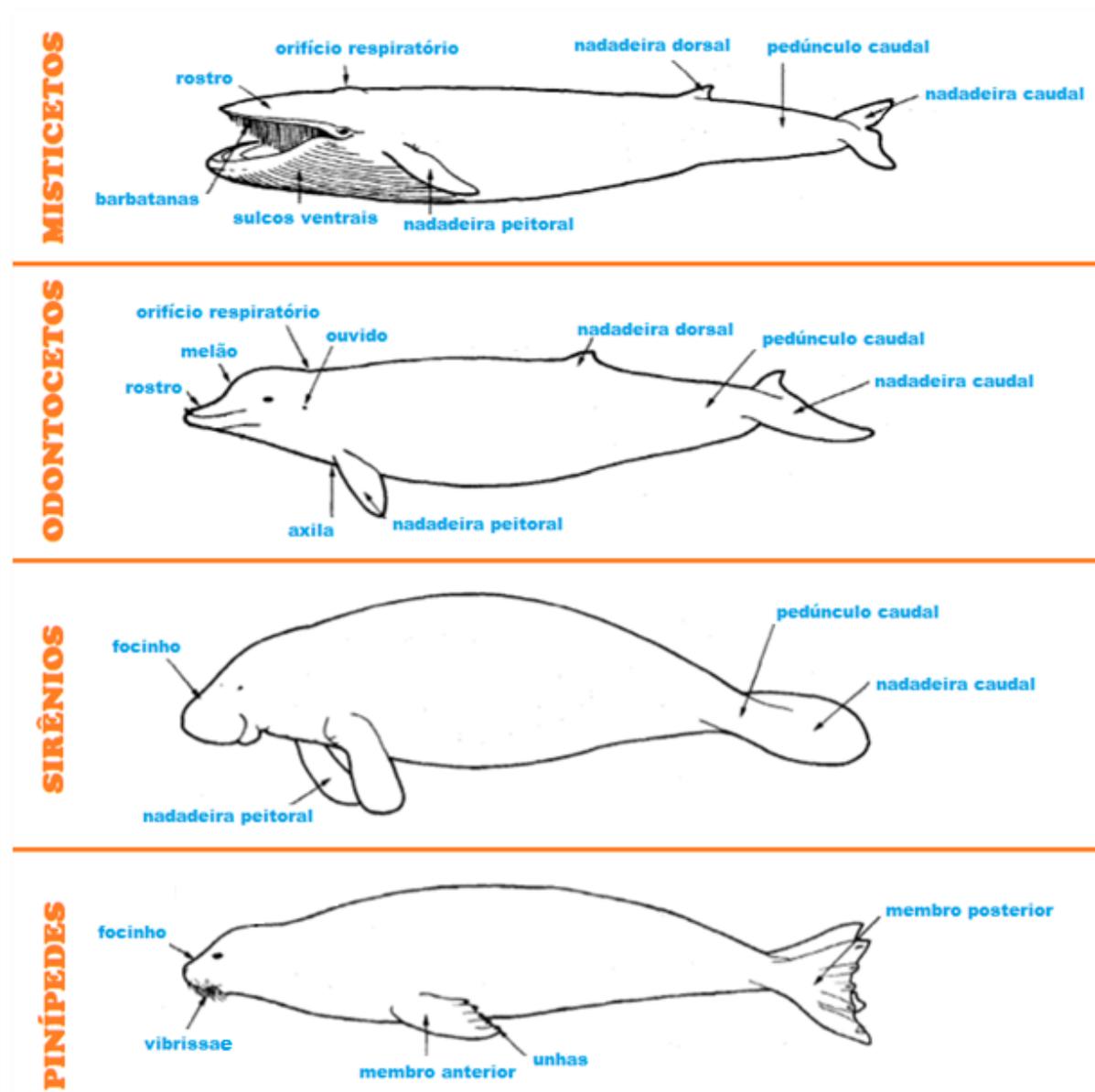


Figura 39. Misticeto, odontoceto, sirênio e pinípede sob vista lateral (porção anterior voltado para a esquerda e posterior para a direita), evidenciando as principais estruturas morfológicas externas (Adaptado de: Jefferson, Leatherwood & Webber, 1993).

Na imagem acima (Figura 39) estão representadas as principais estruturas morfológicas externas de mysticetos, odontocetos, sirênios e pinípedes. Tais estruturas serão apresentadas a seguir, de clado em clado. Em seguida, serão abordadas algumas características que indicam o sexo dos mamíferos aquáticos.

5.2. Morfologia dos cetáceos

Nadadeiras peitorais, dorsal e caudal: diferenças

A nadadeira caudal está presente em todos os cetáceos e é responsável pelo deslocamento na água por meio da propulsão, saltos aéreos, comunicação, defesa contra predadores e apoio no substrato quando se encontra em porções mais rasas (Figura 40). A morfologia difere muito entre as espécies, até mesmo entre indivíduos da mesma espécie devido às manchas²⁸, lesões e afins (são comumente utilizados para a identificação). A nadadeira caudal não possui osso! É composta, basicamente, por tecido conjuntivo denso, vascularização e blubber (gordura que auxilia no isolamento térmico, flutuabilidade e reserva de energia).

A nadadeira dorsal apresenta a mesma composição da nadadeira caudal (tecido conjuntivo



Figura 40. Odontoceto durante o comportamento de salto aéreo, impulsionado pela propulsão da nadadeira caudal (Foto: Doug Perrine).

²⁸ Verifique a Figura 66 na Seção 11.2. que mostra as manchas de diatomáceas na nadadeira caudal de uma baleia-jubarte.

denso, vascularização e blubber, com o osso também ausente). Mas, a nadadeira dorsal não está presente em todas as espécies, como por exemplo nas baleias-francas, belugas e narvais. As funções também são distintas, sendo responsáveis pelo equilíbrio e auxílio para lidar com correntes de água (equivalente à quilha de embarcações). Quanto às variações do aspecto da nadadeira dorsal, há quatro tipos bem definidos: falcada, ereta, triangular e arredondada (Figura 41).

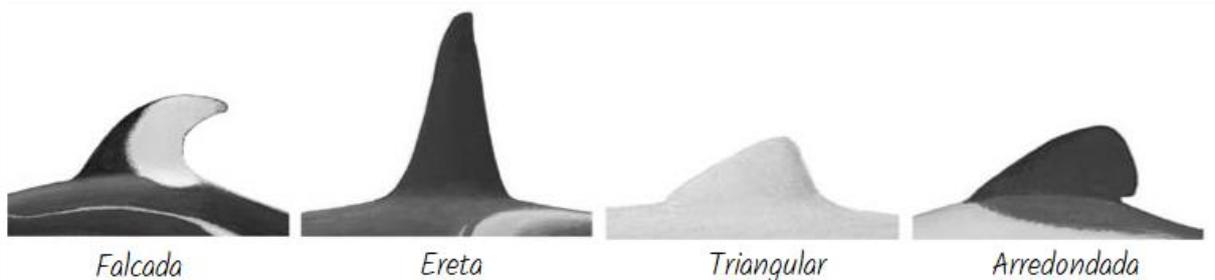


Figura 41. Os quatro tipos de nadadeira dorsal em cetáceos: falcada, ereta, triangular e arredondada (Adaptado de: Berta *et al.*, 2006).

Para saber mais!

O blubber

O blubber é um tipo de gordura que auxilia no isolamento térmico (principalmente daqueles de águas polares e subpolares), flutuabilidade e reserva de energia. Está presente na hipoderme de cetáceos, sirênios e pinípedes. A sua espessura varia conforme a idade e sexo do indivíduo, e, também, conforme as estações do ano. Há uma variação interespecífica (entre espécies diferentes) quanto ao grau de concentração lipídica, sendo mais relevante para as funções exercidas pelo blubber do que a espessura da camada em si!

Quanto às nadadeiras peitorais, são as únicas que apresentam estruturas ósseas no interior! Evolutivamente, os membros anteriores dos arqueocetos foram transformados em nadadeiras peitorais²⁹. Estão presentes em todos os cetáceos e são responsáveis pela direção durante o nado, comunicação e interação social (alguns indivíduos podem utilizar suas nadadeiras peitorais para agrupar suas presas, auxiliando na predação³⁰). Também apresentam diversos formatos, como por exemplo em forma de trapézio em baleias-francas-

²⁹ Para mais informações sobre os arqueocetos, confira a Seção 2.2.

³⁰ A alimentação será tratada no Capítulo 9.

austrais, pontiaguda em botos-cinzas, comprida em baleias-jubartes, dentre outros (confira a Figura 38).

Para saber mais!

E os ossos dos membros posteriores?

Diferente dos membros anteriores, que foram transformados em nadadeiras peitorais, os membros posteriores não estão presentes em cetáceos – e nem foram transformados em outras estruturas.

No entanto, é possível verificar vestígios dessa estrutura em misticetos (Figura 42), evidenciando sua relação filogenética com ancestrais quadrúpedes, como visto no Capítulo 2.

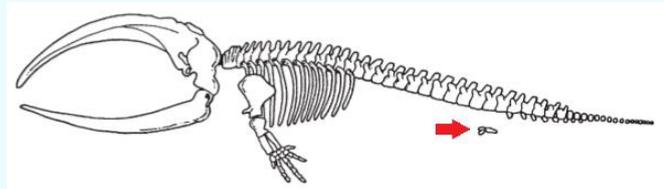


Figura 42. Esqueleto de misticeto sob vista lateral (porção anterior voltada para a esquerda). A seta vermelha aponta o membro posterior vestigial (Adaptado de: Berta *et al.*, 2006).

Estruturas bucais: barbatanas e dentes

Neste presente momento, é importante ressaltar que barbatana e nadadeira não são sinônimas! É comum usar o termo barbatana para se referir às nadadeiras, até mesmo em peixes (como, por exemplo, para tubarões). Isso se deve ao fato de que essas palavras estão enraizadas na linguagem popular, devido a força de uso³¹. Como já mencionado anteriormente, barbatanas são estruturas dérmicas de queratina utilizados para filtrar e reter o alimento, presente apenas nos misticetos.

Orifício respiratório

O orifício respiratório se encontra no dorso e consiste em um duto que conecta os pulmões com o meio externo, relacionado com a adaptação do sistema respiratório em meio aquático. Os misticetos possuem dois orifícios respiratórios, enquanto os odontocetos apresentam apenas um devido à fusão dos canais nasais (Figuras 43 e 44)³².

³¹ Para mais informações sobre a força de uso e as terminologias populares, confira a Seção 1.5.

³² Em cachalotes, esse orifício respiratório é deslocado para esquerda por conta do melão pronunciado.



Figura 43. Mysticeto com dois orifícios respiratórios (Foto: Gone Whale Watching).



Figura 44. Odontoceto com um orifício respiratório (Foto: Chris Johnson).

Os pelos do rosto: vibrissae e pelo vestigial

O rosto consiste na porção anterior da cabeça (equivalente ao bico das aves) e, em misticetos, se encontra um tipo de pelo denominado vibrissae. É um pelo sensorial tátil com

função mecanorreceptora desenvolvido desde filhote e que se mantém até a vida adulta, auxiliando na amamentação e na orientação. Em odontocetos, estão presentes os pelos vestigiais, que auxiliam os filhotes na amamentação, mas são perdidos no desmame. Algumas poucas espécies de odontocetos podem apresentar vibrissae quando adultos.

Melão em odontocetos

O melão é uma estrutura interna localizada na região da cabeça utilizada para a ecolocalização e, portanto, presente apenas em odontocetos³³.

Resumo: diferenças morfológicas entre misticetos e odontocetos

A tabela abaixo (Tabela 1) resume as principais características morfológicas que distinguem os misticetos de odontocetos, as quais foram mencionadas ao longo do texto. Sobre o dimorfismo sexual, será tratada no próximo tópico.

Características	Misticetos	Odontocetos
Estrutura bucal para a apreensão do alimento	Barbatanas	Dentes
Disposição da estrutura bucal	Maxila	Maxila e mandíbula
Quantidade de orifícios respiratórios	Dois	Um
Melão	Ausente	Presente
Porte corpóreo	Geralmente maior	Geralmente menor
Dimorfismo sexual	Geralmente fêmeas maiores	Geralmente machos maiores

Tabela 1. Tabela com o resumo das principais características morfológicas que possibilitam distinguir os dois clados de cetáceos: misticetos e odontocetos.

³³ A ecolocalização será explicada detalhadamente na Seção 7.2.

5.3. Morfologia dos sirênios

Nadadeiras peitorais e caudal

Os sirênios utilizam as nadadeiras peitorais para auxiliar no direcionamento durante o a locomoção aquática, na manipulação do alimento e para interações sociais. A nadadeira caudal, utilizada para a propulsão em meio aquático, pode ter um formato arredondado (em triquequídeos) ou dividida em duas partes (dugongídeos), como foi mencionado na Seção 1.3. A nadadeira dorsal é ausente em sirênios.

Lábios prensíveis

Os sirênios são animais pastadores e os seus lábios prensíveis auxiliam na obtenção do alimento (Figura 45).



Figura 45. Região bucal de um sirênio, em que é possível observar os seus lábios prensíveis (Foto: Manatee Observation and Educational Center).

Dentição

Possuem de 3 a 7 pares de dentes pós-caninos, utilizados para triturar os vegetais aquáticos. Devido ao desgaste, os dentes são trocados constantemente. Os triquequídeos possuem um par de dentes incisivos dispostos na pré-maxila, que são reabsorvidos nos primeiros de vida. Já os dugongídeos mantêm ao menos um par de dentes incisivos durante a vida, auxiliando na apreensão do alimento.

Narinas e vibrissae no focinho

As narinas se encontram no focinho dos sirênios. Sendo assim, devem exteriorizar essa região à superfície aérea para realizar a respiração. Comparativamente, cetáceos possuem os orifícios respiratórios deslocados para o dorso, sendo, então, mais ágeis para respirar. Os sirênios também apresentam vibrissae, auxiliando na percepção do meio e no processo de amamentação quando filhotes.

Deflexão do rostro em dugongos

Os dugongídeos apresentam uma forte deflexão do rostro, isto é, a estrutura do rostro é voltada para baixo (Figura 46). É um reflexo de seu hábito alimentar, pois os dugongídeos consomem principalmente as ervas marinhas associadas ao substrato e, com a deflexão do rostro, a boca se abre quase diretamente para baixo. Em comparação, os triquequídeos têm uma deflexão relativamente leve, uma vez que são generalistas e se alimentam em qualquer nível da coluna de água (do fundo à superfície), inclusive a vegetação flutuante³⁴.

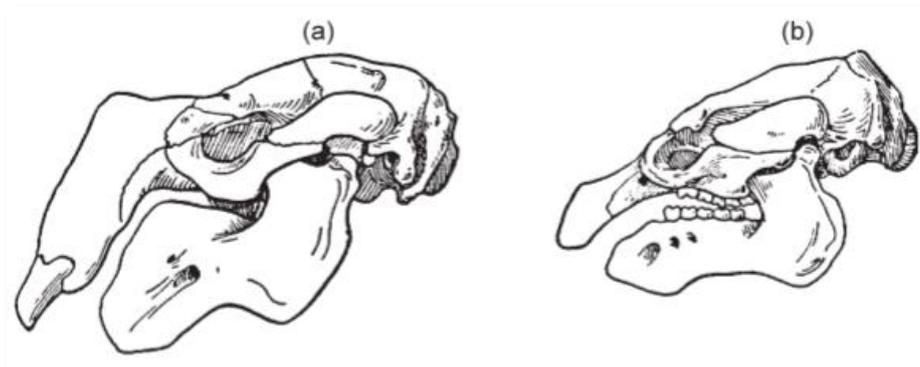


Figura 46. Crânios de sirênios sob vista lateral, em que é possível comparar o rostro dos dugongídeos (a), que sofreu uma forte deflexão ao longo do processo evolutivo, com o rostro dos triquequídeos (b) (Ilustração: Berta *et al.*, 2006).

³⁴ Para mais informações sobre a alimentação dos sirênios, confira a Seção 9.3.

Resumo: diferenças morfológicas entre triquequídeos e dugongídeos

Da mesma maneira como foi feita para os cetáceos, a Tabela 2 resume as principais características morfológicas que distinguem os triquequídeos dos dugongídeos, as quais também já foram mencionadas ao longo do texto.

Características	Triquequídeos	Dugongídeos
Formato da nadadeira caudal	Arredondada	Bilobada
Dentes incisivos em adultos	Ausente	Presente
Forte deflexão do rostro	Não	Sim

Tabela 2. Tabela com o resumo das principais características morfológicas que possibilitam distinguir os dois clados de sirênios: triquequídeos e dugongídeos.

5.4. Morfologia dos pinípedes

Membros anteriores

Como foi visto no começo deste texto (Seção 1.4), os otariídeos e odobenídeos se apoiam sobre os membros anteriores para auxiliar na locomoção em meio terrestre. Seus membros anteriores são mais longos do que os dos focídeos, que se locomovem em ambiente terrestre por meio do rastejo.

Pavilhão auditivo

Os otariídeos possuem pavilhão auditivo³⁵, enquanto os focídeos e odobenídeos não apresentam essa estrutura.

³⁵ O pavilhão auditivo corresponde às orelhas.

Narinas e vibrissae no focinho

Assim como os sirênios, as narinas se encontram no focinho e, portanto, devem exteriorizar essa região à superfície para respirar quando estão em meio aquático³⁶. Também apresentam vibrissae que se dispõem ao redor da boca, com função sensorial, mecanorreceptora, de detecção de sons e para a localização (conferir as vibrissae nas Figuras 10 a 12, na Seção 1.4).

Pelagem

Os pelos recobrimo o corpo conferem isolamento térmico aos pinípedes, protegendo contra o frio, uma vez que habitam majoritariamente as regiões polares e subpolares³⁷. Em otariídeos, a quantidade de camadas de pelos indica se é um lobo-marinho (duas camadas de pelagem) ou leão-marinho (uma camada de pelagem).

Dentição

Pinípedes são heterodontes, isto é, apresentam dentes com formatos variados (diferente dos odontocetos, que são majoritariamente homodontes). Como foi visto, os pinípedes são carnívoros. Sendo assim, apresentam dentes caninos que auxiliam na apreensão do alimento. Os caninos dos odobenídeos são exteriorizados e são enormes (confira Figura 12, na Seção 1.4), sendo maior em indivíduos machos adultos.

Resumo: diferenças morfológicas entre focídeos, otariídeos e odobenídeos

A Tabela 3 sumariza as principais características morfológicas que distinguem os focídeos, otariídeos e odobenídeos.

³⁶ Lembrando que os pinípedes são parcialmente aquáticos, podendo permutar entre o meio aquático e o terrestre.

³⁷ Confira a Seção 3.2 para verificar a biogeografia dos pinípedes.

Características	Focídeos	Otariídeos	Odobenídeos
Membros anteriores	Curtos	Longos, utilizados como apoio durante a locomoção em terra	Longos, utilizados como apoio durante a locomoção em terra
Locomoção em terra*	Rastejo	Apoio nos membros anteriores	Apoio nos membros anteriores
Pavilhão auditivo	Ausente	Presente	Ausente
Dentes caninos enormes	Ausente	Ausente	Presente

* apesar de não ser uma característica morfológica em si, está relacionado com os membros anteriores dos pinípedes.

Tabela 3. Tabela com o resumo das principais características morfológicas que possibilitam distinguir os três clados de pinípedes: focídeos, otariídeos e odobenídeos.

5.5. Distinção entre macho e fêmea

O padrão das aberturas

A distinção entre macho e fêmea pode ser efetuada simplesmente verificando-se a posição das aberturas presentes no ventre (apesar das exceções que não seguem esse padrão).

Ambos os sexos apresentam umbigo na porção meridiana e ânus na porção posterior. A característica diagnóstica, portanto, é a posição relativa da fenda genital! Esta fenda genital se encontra mais próxima ao ânus em fêmeas e um pouco mais afastada em machos (Figura 47). Esse padrão está presente nos três clados.

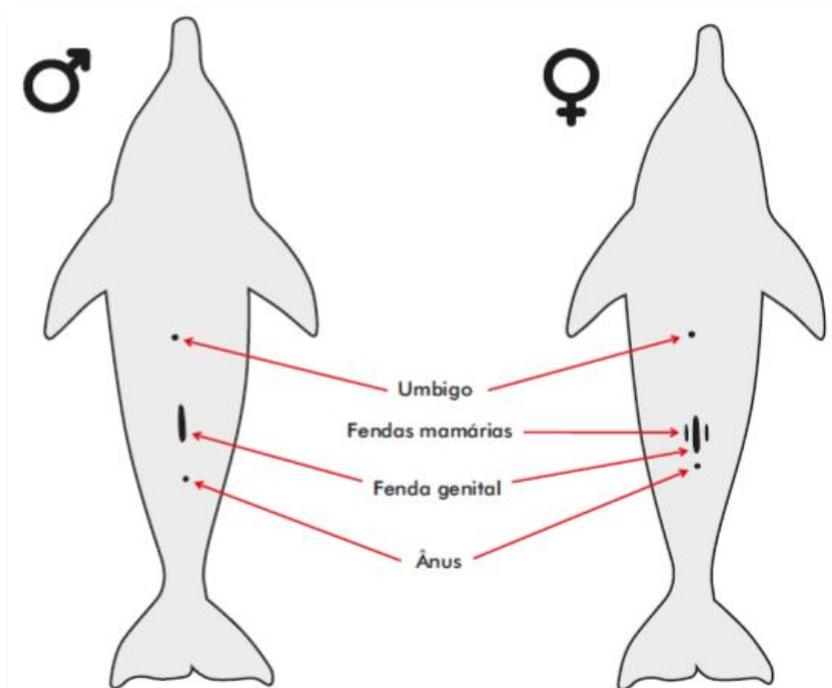


Figura 47. Representação do ventre de um odontoceto macho à esquerda e de um odontoceto fêmea à direita. A posição do umbigo, fenda genital, fenda mamária e ânus estão destacadas. Nos machos a fenda genital está mais distante do ânus e nas fêmeas mais próximas. Além disso, as fendas mamárias estão presentes apenas nas fêmeas. (Adaptado de: Miranda *et al*, 2019).

Particularidade em cetáceos

Além da posição das fendas ventrais, há uma outra característica diagnóstica: a presença de fendas mamárias, indicando o sexo feminino. Cada fêmea apresenta duas fendas mamárias, uma em cada lateral da fenda genital (como mostrado à direita da Figura 47).

Em relação ao porte corpóreo, em mysticetos, as fêmeas geralmente são maiores, ao passo que, em odontocetos, os machos é que costumam ser maiores³⁸, como foi mostrado na

³⁸ A ocorrência de indivíduos do sexo masculino e feminino de uma espécie com características físicas não sexuais marcadamente diferentes é denominado de dimorfismo sexual. Neste caso, o dimorfismo sexual diz respeito ao tamanho do corpo, mas as demais características se mantêm semelhantes (p.ex. o padrão de coloração).

Tabela 1, mas sempre há algumas exceções. Em orcas, o formato da nadadeira dorsal pode indicar o sexo do indivíduo (é uma característica sexual secundária), sendo ereta em machos e falcada em fêmeas³⁹.

Particularidade em sirênios

As glândulas mamárias de sirênios se encontram na base das nadadeiras peitorais (corresponde à região das axilas), como mostra a Figura 48.



Figura 48. Dois sirênios, uma fêmea e o seu filhote, o qual está se amamentando pela glândula mamária disposta na axila da mãe (Foto: Galen Rathbun).

Particularidade em pinípedes

É comum os pinípedes apresentarem dimorfismo sexual (machos são maiores e mais pesados do que as fêmeas), principalmente em otariídeos⁴⁰.

³⁹ Aos interessados, a Figura 43 demonstra os diferentes formatos da nadadeira dorsal.

⁴⁰ O dimorfismo sexual dos pinípedes será tratado com maior ênfase na Seção 10.1.

6. Principais adaptações morfológicas e fisiológicas ao meio aquático

A transição de animais terrestres para animais exclusivamente aquáticos (cetáceos e sirênios) e semiaquáticos (pinípedes) carrega uma série de desafios ambientais que tiveram de ser contornadas, visto que as propriedades da água são bem distintas do ar. Assim, conforme a história evolutiva, adquiriram diversas características fisiológicas e morfológicas que lhes permitiram manter a homeostase⁴¹ corpórea e, assim, habitar o meio aquático.

6.1. Dificuldades de viver na água: algumas propriedades físico-químicas

Em comparação com o ar, a água (com destaque para os oceanos) apresenta maior densidade, viscosidade, condutividade térmica e salinidade, além de permitir uma menor passagem da luminosidade. Isso implica em alguns obstáculos, como: dificuldade para se locomover (há uma maior resistência durante o nado e um aumento da pressão hidrostática conforme a profundidade); perda da temperatura corpórea (como são animais endotérmicos, isto é, “animais de sangue quente”, emitem calor próprio e na água é perdido 25 vezes mais rápido na água do que no ar, na mesma temperatura); perda de água corpórea (o corpo é hiposmótico em relação ao meio e, portanto, a tendência é que a água seja perdida, conforme o processo de osmose); e inviabilidade de utilizar a visão como o principal mecanismo para captar informações do meio (como a luminosidade é escassa, principalmente em maiores profundidades, se tornou mais adequado desenvolver outros sentidos). Além disso, impede a troca gasosa constante, o que requer diversas adaptações fisiológicas para possibilitar um maior tempo de submersão.

⁴¹ **Homeostase** (do grego homeo = similar ou igual + stasis = estático) é o estado de equilíbrio fisiológico do meio interno, que se mantém relativamente constante, independente das alterações que ocorrem no meio externo (definição também disponível em Glossário).

6.2. Densidade: resistência na locomoção

A locomoção em meio aquático é facilitada pelo formato hidrodinâmico do corpo dos mamíferos aquáticos (permite maior deslizamento durante o nado). Cetáceos, por exemplo, não possuem protuberâncias que possam retardar o movimento, pois não têm pelos (a pele é lisa) e a genitália é interna (os machos exteriorizam a genitália no momento da cópula).

Apesar das vantagens de um corpo hidrodinâmico, a característica chave que proporcionou uma locomoção aquática eficaz foi a especialização de estruturas propulsoras com largas superfícies, as quais se referem às nadadeiras caudais em cetáceos e sirênios, membros anteriores em otariídeos e odobenídeos e membros posteriores em focídeos⁴².

6.3. Condutividade térmica: perda rápida do calor corpóreo

Uma das formas de reduzir a perda do calor corpóreo para o meio externo, auxiliando na termorregulação⁴³, está relacionado ao próprio tamanho do corpo (geralmente os mamíferos aquáticos são grandes, principalmente os mysticetos). Comparando-se dois indivíduos com corpos de mesmo formato, o indivíduo com o maior corpo terá menor relação superfície-volume do que o indivíduo de menor corpo. Isso ocorre porque a superfície aumenta ao quadrado e o volume ao cubo. Em outras palavras, significa que, proporcionalmente, o indivíduo com maior corpo apresenta maior volume interno e menor área de superfície. Consequentemente, o indivíduo com o maior corpo perderá menos calor, visto que essa perda ocorre justamente através da superfície corpórea (onde encontra-se em contato com o meio externo). Além disso, a ausência de apêndices ou protuberâncias, como

⁴² Tais estruturas foram apresentadas no Capítulo 5.

⁴³ **Termorregulação** é o mecanismo de regulação e manutenção (homeostasia) da temperatura interna do organismo (definição também disponível em Glossário).

mencionado para os cetáceos, reduz a área de superfície, auxiliando também na manutenção do calor.

O blubber⁴⁴ está presente em todos os mamíferos aquáticos, especificamente na hipoderme. Por ser um tipo de gordura, auxilia no isolamento térmico destes animais! Os pinípedes (principalmente os otariídeos) ainda contam com os pelos em todo o corpo para auxiliar no isolamento térmico, o que é vantajoso para este clado pois se encontram em regiões muito mais frias.

Há adaptações também no sistema circulatório, que são os sistemas contracorrente. Esse tipo de sistema consiste em reduzir a perda de calor corpóreo por meio da transferência do calor arterial para as veias. Como nesse sistema os vasos se encontram muito próximos fisicamente, o sangue das artérias (que “acabou de sair” do coração) transfere o calor para o sangue das veias (que “está indo em direção” ao coração) no decorrer do caminho (confira a Figura 49). Assim, o sangue venoso é aquecido e a perda de calor é minimizada. Esse tipo de sistema é visto na região denominada rede maravilhosa (também conhecida como “rete mirabile”), que é um complexo com veias e artérias muito próximas, presente nos três cladros dos mamíferos aquáticos. A manutenção do corpo também pode ser efetuada por meio da vasoconstrição pois, ao contrair os vasos, o sangue circula à uma maior distância da superfície cutânea.

Para as ocasiões menos frequentes em que se deseja dissipar o calor (por exemplo, quando há um aumento excessivo do calor corpóreo após atividades físicas extremas e/ou prolongadas) esses animais realizam a vasodilatação, que é o oposto da vasoconstrição. Ademais, os pinípedes apresentam glândulas sudoríparas e podem apresentar o comportamento voluntário de se refrescar na água.

⁴⁴ Mais informações do blubber no quadro “Para saber mais” da Seção 5.2.

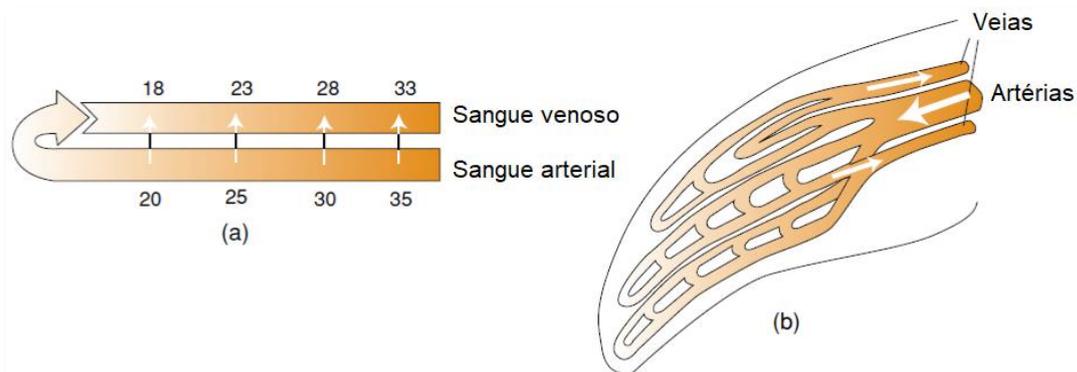


Figura 49. Padrão geral de troca de calor em (a) um sistema de contracorrente ideal, com os números indicando a temperatura sanguínea, e (b) uma rede de troca vascular simplificada de uma nadadeira de odontoceto. (Ilustração: Berta *et al.*, 2006).

6.4. Salinidade: perda de água

A rede maravilhosa também atua na osmorregulação⁴⁵, auxiliando na filtração da água e, assim, em uma menor perda de água do corpo para o meio externo. Nos mamíferos aquáticos, há adaptações quanto ao tamanho e a estrutura dos rins, que também exerce um papel fundamental. Podem apresentar inúmeros rinículos, que são estruturas menores que compõem o rim, sendo que cada unidade é equivalente à um rim humano. A quantidade de rinículos varia entre os clados, uma vez que reflete na quantidade de sal na dieta de cada um, podendo chegar a cerca de 3000 unidades em mysticetos e cerca de 500 unidades em odontocetos, enquanto os dugongídeos, por exemplo, não possuem.

O controle da salinidade também está associado ao comportamento alimentar. O consumo de água não é feito pela água do meio (que tem alta concentração de sal), ou seja,

⁴⁵ **Osmorregulação** é o processo de manutenção da pressão osmótica dos fluidos corporais de um organismo (manutenção da pressão osmótica constante), dentro de uma determinada faixa homeostática (definição também disponível em Glossário).

eles não “bebem” a água do oceano. A água é obtida majoritariamente por meio da alimentação e uma parte por meio do metabolismo do blubber! Contudo, a ingestão da água do meio pode ocorrer de forma acidental (por exemplo no momento de ingerir a presa), ou mesmo voluntária para algumas espécies de água doce e aquelas que ingerem blocos de gelos.

6.5. Luminosidade: implicação na visão

A visão depende fortemente da luminosidade, pois são justamente as ondas eletromagnéticas (luz) que são captadas pelas células fotorreceptoras presentes na retina. Portanto, como em meio aquático há um bloqueio da passagem de luz conforme aumenta-se a profundidade, os mamíferos aquáticos também utilizam outros sentidos para perceber o mundo a sua volta.

A vibrissae, apresentada no Capítulo 5, tem função mecanorreceptora e está presente em todos os mamíferos aquáticos, exceto em odontocetos (contudo, essa função pode estar superestimada). Sirênios e pinípedes utilizam o tato e a visão para adquirir as informações do ambiente. Por outro lado, os cetáceos (que são exclusivamente aquáticos e costumam mergulhar a grandes profundidades) captam as informações do ambiente principalmente por meio da acústica, o que é muito vantajoso em meio aquático, visto que o som se propaga cinco vezes mais rápido na água do que no ar. Inclusive, os odontocetos desenvolveram o processo de ecolocalização⁴⁶ ao longo de sua evolução!

⁴⁶ A ecolocalização será apresentada em detalhes na Seção 7.2.

6.6. Oxigênio: inviabilidade de troca gasosa constante

Uma das implicações mais perceptíveis é a inviabilidade de realizar as trocas gasosas de forma constante, sendo necessário subir à superfície em determinados intervalos de tempo para respirar. Os sistemas circulatório e respiratório desenvolveram uma série de adaptações que permitem uma estocagem de oxigênio mais eficiente e, assim, intervalos de respirações mais prolongados (cetáceos conseguem bloquear a sua respiração por até duas horas).

A taxa de renovação é de aproximadamente 80% a 90% do ar viciado, em uma respiração normal⁴⁷. Os reservatórios de oxigênio também são um ponto chave, os quais incluem o sangue, músculos e, em menor proporção, nos pulmões. Há uma maior concentração de mioglobina, que é uma proteína presente nas células musculares e que possuem uma maior afinidade pelo oxigênio do que a hemoglobina!

Ainda sobre as características do sangue, há uma maior concentração de hemácias (que são as células vermelhas) por unidade de volume sanguíneo. A rede maravilhosa pode atuar também como um reservatório de sangue, assim como os grandes baços dos pinípedes.

A posição dorsal dos orifícios respiratórios dos cetáceos permite que esses animais realizem as trocas gasosas de forma rápida e eficiente. Já em sirênios e pinípedes as narinas encontram-se no focinho e as trocas gasosas não são necessariamente rápidas como nos cetáceos.

⁴⁷ Comparativamente, os seres humanos renovam cerca de 10% a 20% do ar viciado em uma respiração normal.

Para saber mais!

Cetáceos esguicham água?

Muitas vezes os cetáceos já foram registrados subindo à superfície para respirar e pareceram esguichar água pelos seus orifícios respiratórios (Figura 50) – mas não é o que acontece!

Quando submersos os cetáceos fecham os seus orifícios respiratórios, para evitar a entrada de água em seus pulmões⁴⁸. Ao subir na superfície aérea para respirar, eles abrem os orifícios respiratórios e expulsam o ar aprisionado nos pulmões. A força com a qual esse ar é expulso (exalado) faz com que a água presente em sua superfície corpórea (na região do orifício respiratório) suba de tal forma que aparente ter sido um esguicho de água que “estava no interior do cetáceo”. E isso é ainda mais evidente quando em águas polares, subpolares e temperadas, pois há uma diferença de temperatura maior entre o ar proveniente dos pulmões (cerca de 37°C) e o ar atmosférico, eliciando a condensação das gotículas de água. Após expulsar o ar, os cetáceos inspiram, renovando o ar dos pulmões.



Figura 50. Mysticeto durante a respiração, mostrando o aparente “esguicho” de água (Foto: AWeith).

Atenção: não se deve respirar esse ar exalado pois pode conter bactérias potencialmente patogênicas para os seres humanos, além de apresentar um odor fétido.

⁴⁸ Eventualmente alguns indivíduos podem abrir os seus orifícios respiratórios, dependendo do contexto. As baleias-jubartes, por exemplo, soltam bolhas de ar como uma estratégia para predar (confira o quadro “Para saber mais” da Seção 9.1)

Implicações no mergulho

Muitas espécies de cetáceos e pinípedes mergulham a grandes profundidades em busca de presas. Com isso, adquiriram algumas adaptações que permitem tais atividades.

Apesar do tamanho pulmonar ser proporcional ao tamanho corpóreo, essa propriedade não está relacionada com a habilidade de mergulho. As diferenças encontram-se em como o ar é acessado! Mamíferos mergulhadores apresentam um sistema circulatório fechado com o principal reservatório de oxigênio atribuído às células musculares, que, como foi mencionado anteriormente, têm uma alta concentração de mioglobina (sendo 3 a 8 vezes maior em cetáceos e focídeos), além das outras características fisiológicas já abordadas.

Quanto maior a profundidade, maior a pressão hidrostática sobre os corpos dos mergulhadores, mas os órgãos são capazes de suportá-la devido a uma maior resistência e elasticidade. Alguns cetáceos e pinípedes apresentam uma traqueia com menor calcificação. A pressão hidrostática também provoca o colapso de seus pulmões (isto é, os pulmões se comprimem), o qual deixa de exercer a função como reservatório de oxigênio (por isso a estocagem nos músculos é vantajosa). Além disso, ocorre a bradicardia (redução dos batimentos cardíacos) e a vasoconstrição periférica para ter mais oxigênio aos órgãos vitais (ou seja, há uma alteração na forma como o sangue é distribuído, em que os vasos que direcionam o sangue ao cérebro são priorizados). A pressão hidrostática também implica na redução da fluibilidade, no qual o blubber pode atuar para contornar esse obstáculo.

Apesar dessas incríveis adaptações, os mergulhos muito prolongados podem gerar alguns problemas. Quando o suprimento de oxigênio nos músculos se esgota, o organismo passa a realizar o metabolismo anaeróbico, e isso provoca um acúmulo de ácido láctico e maior acidez do soro sanguíneo e do fluido celular.

Para saber mais!

Quem consegue mergulhar por mais tempo?

Os maiores recordes de tempo de mergulho são oriundos das baleias-bicudas-de-Cuvier (apesar desse nome popular, não é um mysticeto) e dos cachalotes. Esses odontocetos conseguem permanecer, em média, mais de duas horas submersos na água.

Dente de narval pode atuar como sensor

Há estudos recentes que apontam a presença de células sensoriais de salinidade, temperatura e outras propriedades nos dentes protuberantes de narvais (Figura 51). No entanto, ainda há várias questões em aberto, como por exemplo o fato de apenas os machos apresentarem esses dentes protuberantes (a hipótese consistia em uma característica sexual secundária, em que os machos utilizavam esses dentes para disputas sexuais).



Figura 51. Narval macho, um odontoceto com um dente incisivo bem protuberante (Foto: iGui Ecologia).

Por fim, neste capítulo foram apresentados apenas um panorama geral envolvendo as adaptações morfológicas e fisiológicas dos mamíferos aquáticos para habitar o meio aquático. Aos interessados, maiores detalhamentos sobre esse tema tão complexo podem ser encontrados em literaturas específicas descritas por especialistas em anatomia, morfologia e fisiologia.

7. Sistemas sensoriais

Nos capítulos anteriores foram citados diversos aspectos envolvendo os sistemas sensoriais, como a ecolocalização em odontocetos, o uso do tato para a obtenção de informações do meio em sirênios e pinípedes, entre outros. A seguir serão apresentadas os cinco sistemas sensoriais (visão, audição, tato, olfato e paladar) e suas particularidades para cada um dos três grandes clados tratados neste presente texto.

7.1. Visão

Um pouco sobre proteção

Cetáceos, sirênios e pinípedes, assim como os mamíferos em geral, possuem olhos. Mas, em ambiente aquático, os olhos necessitam de alguns cuidados. Apresentam um tipo de glândula que excreta substância mucosa, denominada glândula de Harderian (cetáceos, por exemplo, não apresentam glândulas lacrimais). A esclera (membrana externa do globo ocular) é grossa, podendo variar de espessura entre clados e espécies, que auxilia na resistência à pressão da água⁴⁹, dentre outras funções. Além disso, os pinípedes possuem epitélio altamente queratinizado na córnea com função protetora.

Tamanho dos olhos

Os olhos dos cetáceos são achatados e se encontram nas laterais. Em sirênios são relativamente reduzidos, comparado à proporção corpórea, ao passo que em pinípedes os olhos são relativamente grandes (exceto em odobenídeos).

⁴⁹ Como foi visto na Seção 6.6, a pressão hidrostática aumenta conforme a profundidade.

Sobre “enxergar”

Cetáceos apresentam acomodação visual fora d’água, mas não são capazes de distinguir as cores. É provável que as espécies dulciaquícolas sejam sensíveis à variação da luminosidade. Os odontocetos merecem destaque, pois, “enxergam” através do processo de ecolocalização (que será detalhado a seguir). Por outro lado, os sirênios apresentam células receptoras de luz denominadas cones e bastonetes (assim como nós, humanos, apresentamos tais células fotorreceptoras na retina) e, portanto, acredita-se que tenham uma visão bicromática. Os pinípedes também apresentam células semelhantes a cones e bastonetes e são capazes de realizar a acomodação visual, tanto em água quanto em terra – entretanto, os odobenídeos apresentam menores pupilas, menor complexidade dos receptores e, portanto, menor acuidade visual.

7.2. Audição

Como foi visto anteriormente, a luminosidade é menor em água do que no ar, devido à menor propagação das ondas luminosas. Com isso, os mamíferos aquáticos desenvolveram outros sentidos que possibilitaram a obtenção de informações do meio sem depender tanto da visão. A vantagem de utilizar o som em meio aquático é que, diferente da luz, a propagação das ondas sonoras é cinco vezes maior em água! O blubber (o tipo de gordura encontrada na hipoderme dos mamíferos aquáticos) atua como um ótimo condutor do som. Para os odontocetos, a audição também exerce um papel importantíssimo na localização, e será descrito com mais detalhes.

Uso do som para comunicação social intraespecífica

O som pode ter diversas atribuições, inclusive para se comunicar com os outros indivíduos da mesma espécie (ou seja, para a comunicação intraespecífica). Para os sirênios,

o uso do som se torna vantajoso devido à turbidez variada da água, exercendo um papel fundamental em ambientes muito turvos. Pinípedes também costumam utilizar bastante o som em terra (sendo menos acentuado em focídeos), principalmente em época reprodutiva. No clado dos cetáceos, os mysticetos e odontocetos têm suas particularidades. Os mysticetos emitem sons de baixa frequência que podem atingir quilômetros de distância (embora isso tenha sido dificultado por conta da poluição sonora provocada, principalmente, pela espécie humana). Em algumas espécies, esses sons podem ser mais complexos, chegando a se assemelhar a canções, como é o caso do canto das baleias-jubartes⁵⁰. Os odontocetos também emitem sons, como os assobios. Algumas espécies, como a toninha, utiliza até mesmo o sistema de ecolocalização para se comunicar. Contudo, a ecolocalização é utilizada principalmente para a localização.

Uso do som para localização: ecolocalização em odontocetos

Os odontocetos apresentam uma capacidade espetacular, a ecolocalização, que consiste na emissão e recepção das ondas sonoras para localizar presas, congêneres e afins.

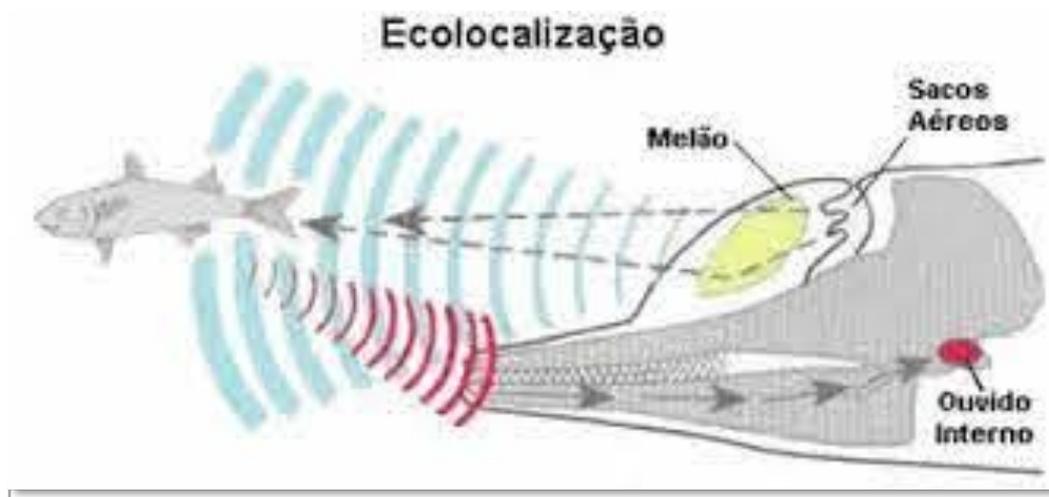


Figura 52. Esquema do processo de ecolocalização, em que o odontoceto emite ondas sonoras que são amplificadas pelo melão, atingindo o alvo e retornando à fonte, sendo direcionadas ao ouvido interno (Ilustração: Projeto Maqua).

⁵⁰ Confira o vídeo que mostra o canto das baleias-jubartes neste link: https://www.youtube.com/watch?v=eBSvl_gxO60.

Os odontocetos não possuem cordas vocais. Sendo assim, a emissão do som está relacionada ao complexo nasal. Os canais nasais estão associados aos lábios fônicos que, ao vibrar, fricciona o ar e emite o som. Esses lábios fônicos estão associados ao melão, que tem propriedades gordurosas e atua como um ótimo condutor de som. As ondas sonoras emitidas atingem o alvo e retornam à fonte (ou seja, ao próprio odontoceto). A recepção do som ocorre primeiramente na mandíbula, onde há um canal gorduroso (portanto, apresenta uma ótima condução), e segue para o ouvido interno. Por fim, esse som passa por um processo de codificação no cérebro. A Figura 52 mostra os pontos principais do processo de ecolocalização. Alguns pesquisadores acreditam que, talvez, haja algum tipo de formação de imagens, mas ainda não se sabe ao certo.

Os odontocetos de água doce apresentam os melões mais desenvolvidos, uma vez que se encontram em um meio com maior turbidez. Além disso, seus olhos são mais reduzidos. Os mysticetos não apresentam melão, uma vez que a ecolocalização é uma característica exclusiva dos odontocetos.

Para saber mais!

Evidência da adaptação: o cérebro dos odontocetos

O tamanho do cérebro de mamíferos aquáticos é relativamente pequeno em relação ao corpo. No entanto, em odontocetos, há hipertrofia da região auditiva! Isso é muito interessante, pois evidencia as adaptações adquiridas ao longo do processo evolutivo relacionadas à ecolocalização dos odontocetos.

7.3. Tato

O tato exerce um papel fundamental para os três grandes clados. Para aqueles que são exclusivamente aquáticos - cetáceos e sirênios - o tato pode ser atribuído ao reconhecimento

dos congêneres e interações sociais gerais na água. Pinípedes utilizam o tato tanto em água quanto em terra, uma vez que são parcialmente aquáticos, e pode ser usado também para as interações sociais. Tais interações podem ser passivas ou agressivas. Além disso, costumam utilizar bastante o corpo, nadadeiras peitorais e dentes, sendo comum a ocorrência de lesões.

7.4. Olfato

Os sirênios apresentam órgãos olfativos bem desenvolvidos, ao passo que cetáceos provavelmente não utilizam ou não dependam do olfato em meio aquático. Isso é indicado pela ausência de bulbos olfativos ou nervos em odontocetos, sendo reduzidos em mysticetos. Os pinípedes têm lobos olfativos pequenos e outras estruturas atribuídas ao sistema olfativo. É possível que os pinípedes usem o olfato em interações sociais, principalmente em meio terrestre.

7.5. Paladar

Os cetáceos apresentam papilas gustativas na língua, no entanto, o paladar ainda é um assunto controverso, visto que mysticetos e odontocetos não mastigam o alimento, e sim engolem⁵¹. Por outro lado, há estudos em cativeiro que mostram a detecção de substâncias químicas por odontocetos. Os sirênios apresentam papilas gustativas em maior quantidade do que cetáceos, além de terem glândulas serosas e mucosas. Isso pode estar relacionado ao hábito herbívoro dos sirênios, uma vez que envolve a seleção das algas e gramíneas aquáticas. Os pinípedes, assim como os outros dois clados, também têm papilas gustativas e há indícios de que podem detectar a presença de químicos.

⁵¹ O comportamento alimentar será tratado no Capítulo 9.



Parte IV

História de vida e comportamentos relacionados



8. Migração dos mysticetos

8.1. O que é migração?

A migração dos mysticetos consiste no deslocamento a longas distâncias pelas bacias oceânicas em busca de locais favoráveis para se alimentar, reproduzir e procriar. Isso ocorre sazonalmente, isto é, está relacionado com as estações do ano. Mas esse processo pode levar de semanas a meses, e requer um enorme gasto energético. Será que vale a pena? A resposta é sim! Para entender melhor, vamos refletir sobre como ocorre as estações do ano.

8.2. Um pouco sobre as estações do ano e a sua influência

O planeta Terra gira em torno de si mesma diariamente (movimento conhecido como rotação) e o seu eixo de rotação determina a divisão dos hemisférios Norte e Sul, conforme a linha do equador. Simultaneamente, a Terra gira em torno do Sol, completando uma volta inteira em um ano (movimento conhecido como translação). No entanto, o seu eixo de rotação não é perpendicular ao plano de translação, ou seja, é como se a Terra “caminhasse” em torno do Sol com uma “postura” inclinada. Com isso, dependendo da inclinação da Terra em relação ao Sol, um hemisfério pode receber uma incidência solar menor, igual ou maior do que o outro hemisfério, determinando assim as estações do ano (ver Figura 53). Quando o hemisfério Norte se encontra no verão, o hemisfério Sul se encontra no inverno, e vice-versa. Portanto, essa variação é atribuída conforme a latitude, mas não a longitude!

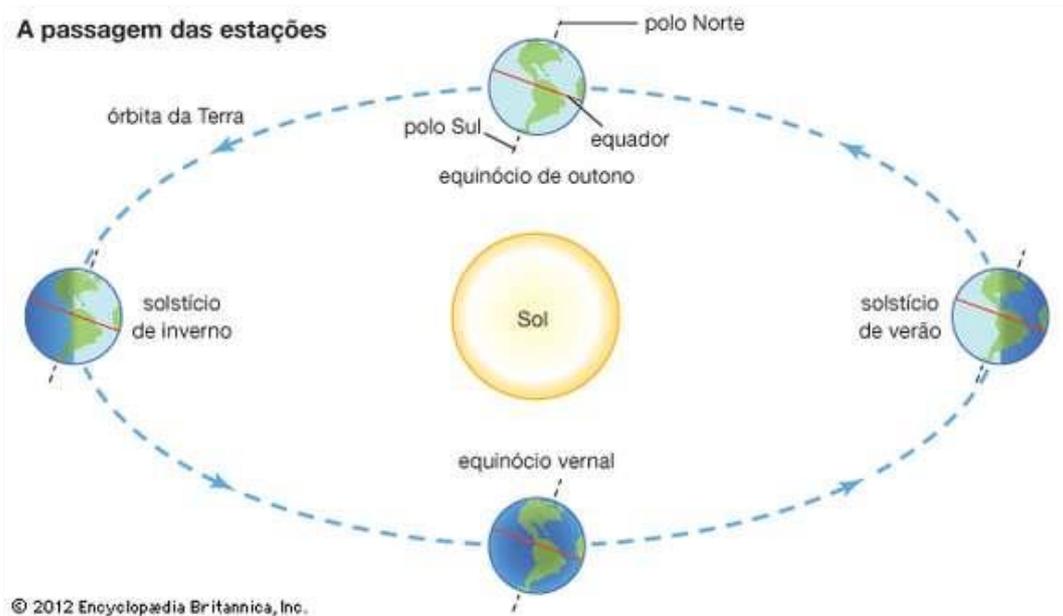


Figura 53. Representação do movimento da Terra ao redor do Sol evidenciando a inclinação do seu eixo de rotação em relação ao plano da órbita, resultando em uma maior incidência solar no hemisfério Sul durante o solstício de verão e menor durante o solstício de inverno (Ilustração: Encyclopædia Britannica, Inc).

As estações do ano desempenham um papel importante no crescimento populacional de alguns seres vivos, principalmente para os organismos fotossintetizantes, que usufruem da luz solar. Sendo assim, dependendo da época do ano, alguns locais apresentam uma abundância desses organismos. E é justamente essa variação temporal e espacial que explica a migração dos misticetos!

No verão dos polos Norte e Sul (lembrando que não ocorrem ao mesmo tempo), ocorre a proliferação de fitoplâncton⁵², como as algas microscópicas, que pode servir de alimento para o zooplâncton⁵³ e outros invertebrados, como o krill⁵⁴ (Figura 54). Com isso, há um aumento gigantesco de krill, podendo atingir uma biomassa tão alta a ponto de ser

⁵² **Fitoplâncton** é um conjunto de organismos fotossintetizantes microscópicos que flutuam na coluna d'água (definição também disponível em Glossário).

⁵³ **Zooplâncton** é um conjunto de organismos não fotossintetizantes dispersos na coluna d'água, com baixa locomoção (definição também disponível em Glossário).

⁵⁴ **Krill** é um termo generalizado atribuído à diversas espécies de pequenos crustáceos com morfologia semelhante a um camarão (definição também disponível em Glossário).

considerada a terceira maior biomassa do planeta, exercendo um papel fundamental na teia alimentar da vida marinha. Portanto, o krill é um item alimentar importantíssimo na dieta dos animais aquáticos, inclusive dos mysticetos!



Figura 54. Um pequeno crustáceo que faz parte de um grupo em que são denominados como krill (Ilustração: Oystein Paulsen).

8.3. Padrão de migração latitudinal dos mysticetos

A migração ocorre porque as áreas favoráveis para a alimentação e as áreas favoráveis para a reprodução e procriação encontram-se a milhares de quilômetros de distância. O padrão de migração geral dos mysticetos é latitudinal (Norte-Sul) e consiste no deslocamento aos polos durante o verão para se alimentar e no deslocamento às regiões tropicais e subtropicais para se reproduzir e procriar (à título de exemplificação, a Figura 55 mostra as rotas migratórias das populações de baleias-jubartes). Como as estações do ano são inversas entre os hemisférios, enquanto os indivíduos do hemisfério Sul migram para os trópicos e subtropicais, os indivíduos do hemisfério Norte migram para os polos, e vice-versa.

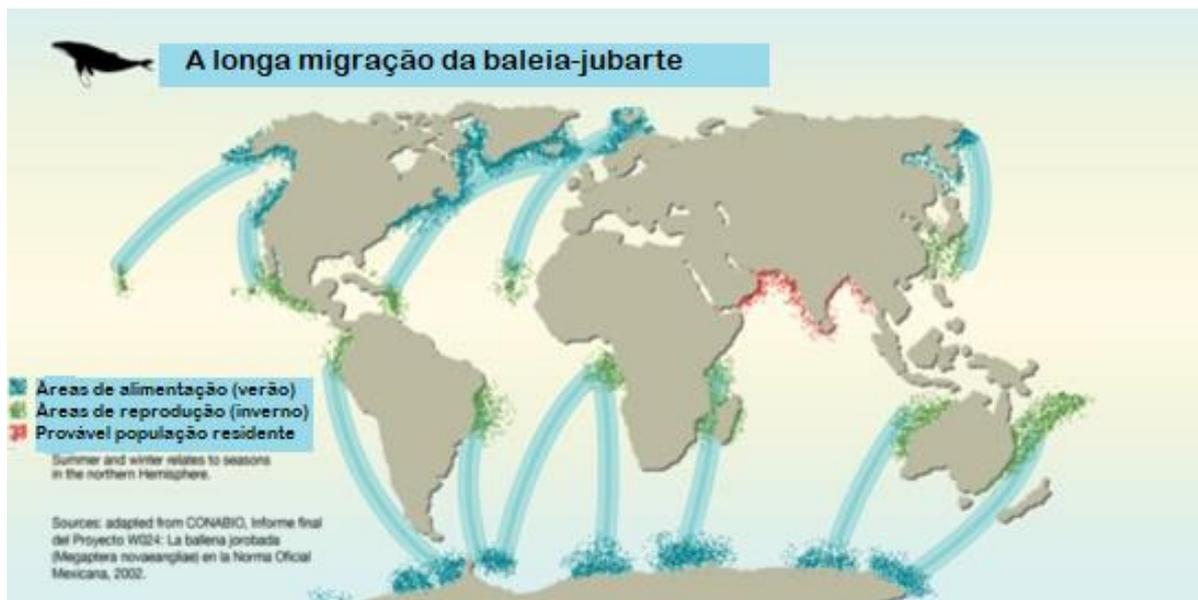


Figura 55. Mapa da rota migratória das populações de baleias-jubartes (Adaptado de: ilustração do Riccardo Pravettoni).

É provável que se localizem através da topografia do substrato (que são montes submarinos, com mais de 60 mil espalhados pelo oceano), das referências em terra (costeiros), dos gradientes de temperatura e salinidade, das correntes e massas de água, dos odores, paladares e audição ou até mesmo por meio do geomagnetismo (apresentam magnetita no cérebro). É válido ressaltar que as rotas migratórias são bem variáveis, podendo ter uma grande influência das propriedades oceanográficas.

Alimentação: polos

Como foi dito anteriormente, os polos oferecem uma grande quantidade de alimento durante o verão, onde os misticetos passam cerca de 3 a 4 meses. Neste momento, o alimento consumido serve tanto para suprir as suas necessidades fisiológicas quanto para estocar energia através do blubber. Esse processo de alta ingestão alimentar para a estocagem de energia nos misticetos é denominada hiperfagia, servindo como uma garantia energética durante os próximos meses de jejum (acredita-se que se alimentam significativamente apenas neste período).

Reprodução e procriação: trópicos e subtropicais

Durante o outono começa a esfriar e os mysticetos deixam os polos. A partir de então se dirigem aos trópicos e subtropicais, onde se estabelecem durante o inverno e primavera. Os subadultos podem não ir até essas áreas de reprodução, visto que não teriam finalidade. Os adultos disponíveis podem se reproduzir e as fêmeas grávidas, que copularam no ano anterior (a gestação é de 11 a 12 meses⁵⁵), geram os seus filhotes, denominados como baleotes.

Mas por que gerar os baleotes especificamente nessas áreas? A vantagem de gerar os baleotes nas áreas tropicais e subtropicais está relacionado a uma menor perda de calor para o meio! Os filhotes possuem um corpo relativamente pequeno comparado aos adultos, perdendo calor mais rapidamente⁵⁶. Com isso, procriar em águas mais quentes é uma ótima estratégia comportamental para evitar a ocorrência de complicações sobre os seus baleotes.

Para saber mais!

Mas e as espécies que não se deslocam para áreas mais quentes para gerar os seus filhotes?

A maioria dos odontocetos não apresentam o complexo processo migratório dos mysticetos. Com isso, o problema da perda de calor para o meio é contornado por meio da variação das concentrações lipídicas do blubber.

Cuidado maternal: o que uma mãe não faz pelo seu filhote?

O processo migratório pode apresentar padrões de segregação sexual, etária e espacial – ou seja, fêmeas podem ir antes dos machos, adultos antes dos juvenis etc. -, variando entre espécies e indivíduos. Em baleia-cinza, por exemplo, as fêmeas geralmente migram primeiro, seguido dos machos e dos juvenis. No entanto, quando as fêmeas grávidas geram seus baleotes, permanecem cerca de dois meses a mais nessas áreas tropicais e subtropicais para o cuidado maternal (sendo, portanto, as últimas a deixarem o local). A fêmea amamenta e

⁵⁵ Os aspectos sobre a reprodução serão tratados no Capítulo 10.

⁵⁶ A relação superfície-volume foi abordada na Seção 6.3.

cuida do filhote para garantir que esteja preparado para lidar com a sua primeira viagem em direção ao polo, onde permanecem cerca de dois meses a menos devido ao “atraso”.

Algumas exceções à regra

A maioria dos mysticetos apresentam o padrão de migração latitudinal, mas nem todos, como é o caso das baleias-de-Bryde, das baleias-da-Groenlândia, das baleias-jubartes e baleias-azuis do Mar da Arábia e Índico, das baleias-fin do Mediterrâneo, entre outros. Ademais, alguns podem apresentar migrações longitudinais, que estão relacionados com as áreas de ressurgência⁵⁷ (tal padrão migratório não será tratado no presente texto, visto que não é o padrão mais comum).

Além desses mysticetos que não migram, há odontocetos que migram! Os cachalotes machos da região equatorial do Pacífico, por exemplo, interagem durante alguns meses com as fêmeas adultas, juvenis e filhotes e, em uma determinada época do ano, migram para regiões mais frias (ao Norte), onde exploram recursos alimentares. Algumas belugas e orcas também podem migrar, mas com o intuito de realizar a muda de pele.

Para saber mais!

E os sirênios e pinípedes?

Alguns pinípedes também apresentam comportamento migratório, como é o caso dos elefantes-marinhos. O mais conhecido é do elefante-marinho-do-norte (*Mirounga angustirostris*). Assim como os mysticetos, os indivíduos dessa espécie realizam a hiperfagia!

Comumente visitam os ambientes terrestres, onde passam cerca de 2 a 4 meses para as atividades reprodutivas, podendo também ocorrer a muda de pele. Retornam ao oceano onde permanecem por cerca de 8 a 10 meses. Nesse período, podem ir até a costa algumas vezes para exercer algumas atividades mais breves, como a regulação térmica, interação social, evitação de predação, descanso (reduz a taxa metabólica) e redução de carga parasitária. Esse

⁵⁷ **Ressurgência** ou **afloramento** é um fenômeno oceanográfico que consiste na subida de águas subsuperficiais, muitas vezes ricas em nutrientes, para camadas de água superficiais no oceano (definição também disponível em Glossário).

comportamento de ida ao ambiente terrestre é denominado *haul-out*, e difere-se daquele com finalidade reprodutiva e muda de pele.

A migração de sirênios é menos conhecida, mas há alguns registros de peixes-bois que se deslocaram de águas frias (no inverno) para águas mais favoráveis.

Nos próximos capítulos serão abordados esses dois aspectos associados à migração e que são primordiais para a vida dos organismos vivos: a alimentação e a reprodução.

9. Alimentação

Neste capítulo serão apresentados alguns aspectos gerais da alimentação dos três grupos de mamíferos aquáticos, com mysticetos e odontocetos separadamente. É válido ressaltar que estudar sobre a alimentação de mamíferos aquáticos é um tanto difícil, pois normalmente ocorre abaixo da superfície da água.

9.1. O que os mysticetos comem?

Os mysticetos se alimentam principalmente de krill⁵⁸ e de pequenos peixes. Eventualmente, algumas espécies se especializaram para consumir outros itens alimentares, como é o caso das baleias-cinzentas que extraem anfípodes⁵⁹ do substrato por meio da sucção.

A captura dessas presas pode ser feita por meio da sucção, deslizamento na coluna d'água, coleta de grandes porções de água de uma vez (em mysticetos que apresentam sulcos ventrais expansíveis), entre outros, variando entre as famílias. Independentemente de como ocorreu a obtenção da água contendo o alimento, o processo de filtragem pelas barbatanas⁶⁰ é o mesmo! Utilizam a língua para pressionar o palato⁶¹, fazendo com que a água (e o lodo, caso houver) atravesse as barbatanas (Figura 56). Por fim, os mysticetos passam a língua em

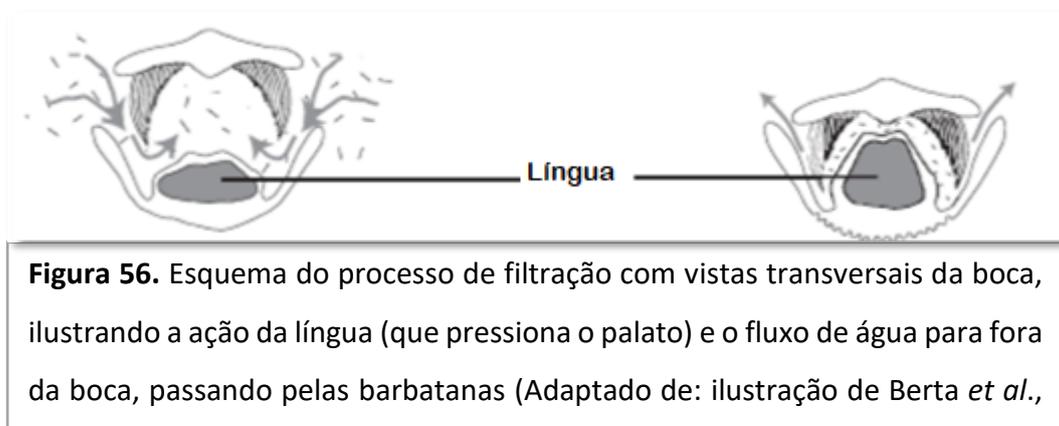
⁵⁸ O krill é um item muito importante na cadeia alimentar dos animais marinhos, principalmente no Ártico. Inclusive, os mysticetos migram quilômetros de distância para ingeri-los. Para saber mais informações a respeito do krill e da migração de mysticetos, confira o Capítulo 8.

⁵⁹ **Anfípode** é a ordem de crustáceos malacóstracos, principalmente marinhos, de corpo lateralmente comprimido, carapaça ausente e apêndices torácicos de pelo menos dois tipos (definição disponível também em Glossário).

⁶⁰ Para mais informações sobre barbatana, ver Seção 1.2.

⁶¹ **Palato** consiste na porção superior do interior da boca de animais vertebrados, popularmente denominado como “céu da boca” (definição disponível também em Glossário).

suas barbatanas para obter o alimento que ficou retido, podendo consumi-lo sem ingerir grandes quantidades de água salgada⁶².



Para saber mais!

A eficiência dos rorquais

Os misticetos da família Balaenopteridae, também chamados de rorquais, apresentam os sulcos ventrais expansíveis. O comprimento desses sulcos é enorme, podendo atingir quase a metade de seus corpos, o que permite a obtenção de uma grande quantidade de alimento a cada processo de filtragem.

Baleias-jubartes podem usar bolhas de ar para capturar as presas

As baleias-jubartes tem um método muito refinado para capturar as presas: elas conseguem juntar uma grande quantidade de presas em uma pequena região, para que assim o seu processo de filtragem de alimento seja maximizado. Mas como?

Utilizam as nadadeiras peitorais – e até mesmo as caudais – para cercar e agrupar as suas presas (peixes ou krill). Nadam em círculos abaixo das presas e soltam bolhas de ar pelos orifícios respiratórios, criando um tipo de “barreira cilíndrica formada por grades de bolha”. Com isso as presas só conseguem se deslocar para uma única direção, que é a superfície. Ao aglomerar as presas nessa região, as baleias-jubartes adentram essa região, se direcionam à superfície com as bocas abertas e, com os sulcos ventrais expansíveis, coletam um grande volume d’água contendo muito alimento.

⁶² As implicações sobre o consumo de água do meio foram apresentadas na Seção 6.4.

9.2. O que os odontocetos comem?

Os odontocetos se alimentam de diversas presas, sendo que os principais itens alimentares incluem peixes e lulas (Figura 57). Outras presas como polvos, grandes crustáceos, quelônios marinhos, aves marinhas (principalmente pinguins) e até mesmo outros mamíferos aquáticos podem ser consumidos, dependendo da espécie de odontoceto. Alguns ecótipos⁶³ de orcas são especializadas em consumir animais de sangue quente (inclusive alguns mysticetos). O processo de ecolocalização tem papel fundamental na localização das presas, como foi dito na Seção 7.2. Ao encontrar a presa, podem atordoá-lo utilizando sons ou batidas da nadadeira caudal (ou até mesmo do próprio corpo) e assim apreendê-lo com os dentes. No entanto, os odontocetos não mastigam o alimento, e sim engolem por inteiro! Portanto, os dentes são utilizados apenas para a apreensão do alimento⁶⁴. São predadores oportunistas e podem preda de maneira solitária ou em grupo. Por exemplo, quando uma presa é muito grande, um odontoceto pode ter o auxílio de outro indivíduo para rasgar a presa - apesar de não engolir por inteiro, engole em partes e sem mastigar.



Figura 57. Odontoceto no momento de captura da presa (peixe)
(Foto: Charlie Phillips).

⁶³ **Ecótipos**, dentro de uma espécie, são caracterizados como populações que apresentam diferenças genotípicas que proporcionam melhor adaptação aos diferentes habitats onde a espécie possa vir a ser encontrada (definição disponível também em Glossário).

⁶⁴ Mais detalhes sobre os dentes na Seção 1.2.

Para saber mais!

Odontocetos usando instrumentos?

Há registros de fêmeas de golfinhos-nariz-de-garrafa na Austrália utilizando esponjas durante a predação. Provavelmente aprenderam a usar a esponja para capturar as presas associadas ao substrato, protegendo o rosto (contra as sujeiras, rochas etc.) enquanto cutucam o fundo.

9.3. O que os sirênios comem?

Os sirênios são herbívoros pastadores (Figura 58), apresentando uma microflora intestinal que auxilia na digestão da celulose. Geralmente, os triquequídeos são mais generalizados e consomem uma grande variedade de vegetação aquática, como o “capim” e as plantas flutuantes (utilizam as nadadeiras peitorais para manipular o alimento). Os dugongos, por sua vez, são mais especializados em



Figura 58. Dugongídeo quando estava capturando o seu alimento (vegetação aquática) (Foto: Julien Willem).

consumir erva marinha⁶⁵. No entanto, dugongos na Austrália também passaram a consumir seletivamente invertebrados bentônicos sésseis (incluindo ascídias e poliquetas), utilizando os seus dentes incisivos para retirá-los do substrato. Os sirênios utilizam os lábios prensíveis para arrancar a vegetação e os dentes⁶⁶ para pastar e moer o alimento.

⁶⁵ Para saber a influência dos diferentes hábitos alimentares na morfologia atual do rosto dos sirênios, confira a Seção 5.4.

⁶⁶ Para mais informações sobre os dentes de sirênios, confira a Seção 5.4.

9.4. O que os pinípedes comem?

Dentre os pinípedes, os focídeos e os otariídeos são mais generalistas, consumindo principalmente uma variedade de peixes e lulas (Figura 59), ao passo que os odobenídeos tipicamente consomem mexilhões. Contudo, a foca-caranguejeira e foca-leopardo podem consumir krill. Ainda, a foca-leopardo, o lobo-marinho-de-Steller, o leão-marinho-do-sul e as morsas podem incluir aves marinhas (principalmente pinguins) e até mesmo outros pinípedes (principalmente filhotes) na lista de itens alimentares. Por serem animais carnívoros, os pinípedes tem dentes para capturar, rasgar e cavar. No entanto, não mastigam as presas! Assim como os odontocetos, os pinípedes engolem a presa por inteira ou em partes e, portanto, não costumam consumir presas grandes que são difíceis de engolir. A secreção de muco pelas pequenas glândulas salivares auxilia na deglutição. Os focídeos e odobenídeos geralmente predam individualmente, enquanto os otariídeos geralmente capturam em grupo (principalmente quando se trata de cardumes e presas maiores e/ou mais rápidos).



Figura 59. Otariídeo no momento da captura de presa (peixe)
(Foto: Bill Ray).

10. Reprodução

O estudo da reprodução dos mamíferos aquáticos também apresenta dificuldades, assim como a alimentação, uma vez que ocorrem abaixo da superfície da água (exceto para os pinípedes que costumam se reproduzir em terra, possibilitando um acompanhamento maior⁶⁷). Apesar disso, há algumas informações sobre o comportamento reprodutivo desses animais e que serão tratadas de forma geral neste capítulo.

10.1. Os papéis de machos e fêmeas

Os distintos papéis ecológicos

Em mamíferos geralmente ocorre a poliginia, que é um sistema de acasalamento onde os machos têm acesso à várias fêmeas, enquanto as fêmeas acasalam com apenas um macho. O sucesso reprodutivo dos machos se baseia no acesso às fêmeas, podendo ocorrer competição com outros machos. Por outro lado, as fêmeas designam seus esforços para procriar e cuidar da sua prole (custos da gestação, lactação e cuidado maternal), maximizando o seu sucesso reprodutivo. De maneira simplificada, geralmente as fêmeas focam na qualidade de seus filhotes e os machos na quantidade.

Sistemas de acasalamento

Embora a poliginia seja comum, há outros sistemas de acasalamento recorrentes na natureza, inclusive nos mamíferos aquáticos. Na monogamia os machos e as fêmeas apresentam apenas um parceiro. Já na poligamia, podem apresentar dois ou mais parceiros,

⁶⁷ Embora haja um conhecimento maior sobre os pinípedes, não serão discutidos neste presente texto, uma vez que se concentram nos polos (lembrando que o objetivo deste documento é proporcionar maiores informações sobre os mamíferos aquáticos voltado para a população brasileira).

e é dividida em poliginia (já mencionada anteriormente), poliandria (fêmeas com vários machos) ou promiscuidade (ambos os sexos com parceiros múltiplos; também chamado de poliginandria). A poliandria ocorre com menor frequência.

Os cetáceos apresentam o sistema de promiscuidade⁶⁸, sendo que geralmente apresentam dimorfismo sexual (isto é, fêmeas de mysticetos e machos de odontocetos com portes corpóreos um pouco maiores que o sexo oposto⁶⁹). Os sirênios também apresentam o sistema de promiscuidade, mas são monomórficos (ou seja, sem dimorfismo sexual). Por serem exclusivamente aquáticos, os comportamentos reprodutivos também ocorrem na água, o que dificulta o controle de acesso as fêmeas pelos machos. Já os pinípedes apresentam a poliginia (embora haja promiscuidade em alguns focídeos), a qual está associada à competição entre machos que, por sua vez, está relacionado ao dimorfismo sexual e as características sexuais secundárias.

Dimorfismo sexual e a competição entre machos

O dimorfismo sexual consiste nas diferenças morfológicas entre os sexos, as quais podem estar no tamanho, ornamentos, formato de alguma estrutura etc. A “intensidade” do dimorfismo sexual (isto é, o grau das diferenças morfológicas entre os sexos) pode estar associada ao tipo de sistema de acasalamento, sendo mais “forte” na poliginia. Por exemplo, os machos de otariídeos são muito maiores que as fêmeas (Figura 60), ao passo que em odontocetos essa diferença é menor, levando em consideração que o primeiro apresenta a poliginia e o segundo a promiscuidade. O dimorfismo sexual está relacionado com a competição entre os machos para o acesso às fêmeas. Os machos podem apresentar características sexuais secundárias para exibir e/ou utilizar durante as disputas.

⁶⁸ Uma observação importante é que esses sistemas de acasalamento se referem aos indivíduos no geral, mas sempre há exceções.

⁶⁹ Confira a Seção 5.5 que cita sobre o dimorfismo sexual em cetáceos.



Figura 60. Dois leões-marinhos, uma fêmea e um macho, evidenciando o dimorfismo sexual (Foto: Vince Smith).

O dimorfismo sexual e essas características sexuais secundárias são comuns em pinípedes, como os machos de elefantes-marinhos que apresentam a tromba, dentes caninos bem desenvolvidos e espessamento da região do pescoço. Os machos de foca-de-capuz inflam o seu septo nasal formando um capuz avermelhado) para chamar a atenção das fêmeas em meio a neve esbranquiçada. Contudo, outros clados eventualmente podem apresentar tais características, como os machos de narvais, que apresentam dentes exteriorizados, e machos de orcas, que apresentam nadadeira dorsal ereta e de até 180 centímetros (sendo que em fêmeas é falcada e de até 90 centímetros⁷⁰).

⁷⁰ A forma das nadadeiras dorsais foi tratada na Seção 5.2.

Para saber mais!

Calosidades nas disputas!

A competição entre os machos pelas fêmeas não está restrita à poliginia. Por exemplo, em baleias-francas-austrais, os machos se competem batendo as suas cabeças. Um fato curioso é que as suas calosidades (que são concreções dérmicas, correspondentes às “verrugas”) presentes na superfície corpórea auxiliam nessas disputas!

10.2. Gravidez e amamentação

Gestação e filhote

A gestação das fêmeas de mysticetos dura de 11 a 12 meses. Em odontocetos, esse período gestacional varia de 7 a 17 meses, sendo proporcional ao tamanho do corpo da espécie. Sirênios tem duração de 12 a 14 meses, e os pinípedes de 11 a 12 meses. No entanto, para os pinípedes ocorre um processo chamado diapausa embrionária que, de um modo geral, pode tardar a gestação (isso possibilita que a procriação ocorra em algum momento com condições ótimas).

Nos três clados de mamíferos aquáticos, cada fêmea pode gerar apenas um filhote por gestação, com exceção para os peixes-bois-marinhos que podem ter gêmeos. O filhote nasce com uma massa inversamente proporcional a porcentagem da massa maternal, principalmente em mysticetos⁷¹ (ou seja, quanto maior a massa da mãe, menor a massa de seu filhote).

⁷¹ Confira e compare os dados numéricos da massa corporal de adultos e filhotes de mysticetos, mencionadas na Seção 4.2.

O tempo entre uma gestação e outra varia de 1 a 7 anos em mamíferos aquáticos, resultando em uma lenta reposição de estoques⁷². Em pinípedes, esse intervalo tende a ser de um ano, mas pode levar mais tempo devido a diapausa embrionária mencionada acima.

Amamentação

O período de amamentação (Figura 61) depende de diversos fatores como a pressão de predação, o tamanho corpóreo, entre outros, podendo variar de dias a anos: mysticetos de 4 a 10 meses, odontocetos de 8 meses a 2 anos, sirênios de 12 a 18 meses e pinípedes de dias a 2 meses. Nota-se que os pinípedes apresentam os menores períodos de amamentação e isso pode estar relacionado à forte pressão de predação pelos ursos-polares, o que também explica as altas porcentagens de gordura no leite materno deste clado.



Figura 61. Um filhote de cachalote amamentando através das fendas mamárias dispostas ao lado da fenda genital (Foto: Mike Korostelev).

O leite materno

O leite apresenta gordura em sua composição. A concentração de gordura é inversamente proporcional aos períodos de amamentação. Em espécies que exigem um desenvolvimento rápido dos filhotes, como em pinípedes, o ideal é amamentar com o leite mais enriquecido e por menor tempo. Isso irá garantir uma formação mais rápida da camada

⁷² Sobre a dinâmica populacional, diversos outros fatores devem ser levados em consideração! Aspectos como a longevidade, idade de maturação, taxa de natalidade e mortalidade, fatores ambientais, entre outros, podem exercer uma forte influência.

de gordura corporal que auxiliará na termorregulação e, para os mysticetos migradores, atuará como reserva de energia, permitindo o filhote a realizar a sua primeira migração. Essa porcentagem pode chegar a 60% em alguns focídeos do Ártico (ambiente mais frio e com forte possibilidade de predação) e 50% em baleias-azuis e baleias-cinzentas⁷³.

⁷³ A título de comparação, o leite bovino consumido pelos seres humanos tem cerca de 4% de gordura em sua composição.



Parte V

Ecologia



11. Interações ecológicas

Interações ecológicas dizem respeito às relações entre diferentes organismos, as quais podem ser harmônicas ou não. A seguir, trataremos de algumas interações interespecíficas (ou seja, entre indivíduos de espécies diferentes) entre algumas espécies da fauna e da flora com os mamíferos aquáticos, focando nos cetáceos.

11.1. Interações harmônicas: os animais que aproveitam a “carona”

Há alguns vertebrados e invertebrados que se aderem à superfície corpórea dos cetáceos (e, em menor proporção, dos sirênios) para se deslocarem na água sem gastar energia, como se fosse uma “carona”, beneficiando esses animais aderidos. Os mamíferos aquáticos não são afetados com essa interação (isto é, não é benéfica e nem maléfica), caracterizando uma interação ecológica de comensalismo. E quem são esses seres que usufruem desta “carona”?

Cracas

As cracas são pequenos crustáceos (portanto, são invertebrados) e geralmente são encontradas aderidas nas nadadeiras (dorsal, caudal e peitorais) de cetáceos e sirênios, como mostra a Figura 62. Ademais, em misticetos também é comum se localizarem na cabeça e nos sulcos ventrais⁷⁴ (Figura 63).

⁷⁴ Os sulcos ventrais expansíveis estão presentes nos balaenopterídeos, que são os misticetos da família Balaenopteridae.

Mas como que ocorrem essas interações? As larvas das cracas são livre-natantes, isto é, encontram-se livres na água, sem estarem aderidos a um substrato. Essas larvas são levadas pela corrente oceânica e, no momento que encontram um substrato favorável, estimulam o processo de fixação. Com isso, as cracas conseguem se aderir ao substrato (que no caso são as superfícies corpóreas de cetáceos e sirênios) e se desenvolver.



Figura 62. Nadadeira de um cetáceo para fora d'água, com várias cracas aderidas (Foto: Ken-ichi Ueda).



Figura 63. Cracas aderidas aos sulcos ventrais de uma baleia-jubarte (Foto: Aleria Jensen/NOAA).

Quanto à morfologia das cracas, podem ser pedunculadas (com pedúnculo, uma estrutura corpórea semelhante à uma haste que auxilia na fixação do substrato), pseudo-pedunculadas ou com carapaça (são mais conhecidas, encontradas nos costões rochosos das praias). As pedunculadas e pseudo-pedunculadas interagem principalmente em espécies que apresentam nado rápido, como a baleia-fin e o golfinho-nariz-de-garrafa. Em contrapartida, as cracas com carapaça são mais comuns em espécies com nado mais lento, como a baleia-jubarte, baleia-franca-austral e baleia-cinzenta.

Para saber mais!

Calosidade é diferente de cracas!

É importante destacar que as baleias-francas-austrais apresentam calosidades em sua superfície corpórea que, como foi mencionado na Seção 4.2., são concreções dérmicas (equivalente a verrugas) e fazem parte do próprio indivíduo. Já as cracas são outros animais que se aderem a sua superfície corpórea.

Essa relação pode trazer algum benefício para os cetáceos?

Geralmente não, mas há pesquisadores que afirmam uma interação ecológica de mutualismo (benéfica para todos os envolvidos) quando as baleias usufruem das cracas em interações agressivas com outros indivíduos, em época reprodutiva, principalmente em baleias-francas-austrais⁷⁵.

Copépodes

Os copépodes também são pequenos crustáceos com larvas livre-natantes. O gênero mais comum é o *Penella* e se fixam na hipoderme dos cetáceos, onde se encontra o blubber. Uma vez aderidas, podem se deslocar para locais com concentrações variadas de nutrientes, sem gastar energia com a locomoção.

⁷⁵ Os machos das baleias-francas-austrais costumam disputar pelas fêmeas batendo suas cabeças, e a presença de calosidades pode ser vantajosa, como mencionado no quadro “Para saber mais” da Seção 10.1. Provavelmente as cracas possam ser benéficas para esta mesma finalidade.

Peixes-rêmora

Os peixes-rêmora se aderem à superfície corpórea de cetáceos e sirênios através de suas nadadeiras dorsais, que foram modificadas ao longo do processo evolutivo em ventosas. Além do deslocamento sem gasto energético, se beneficiam ao consumir os restos alimentares. Há duas espécies conhecidas que interagem com as espécies de mamíferos aquáticos distintas, de acordo com a sua distribuição no globo. A *Remora australis* (popularmente denominada como “whalesucker”) interage com as espécies que apresentam distribuição oceânica, como os cachalotes e os golfinhos-rotadores (Figura 64). Em espécies com distribuição costeira, como os golfinhos-nariz-de-garrafa, boto-cinza e os triquequídeos, podem ser estar associadas com a *Echeneis naucrates* (popularmente denominada como “sharksucker”).



Figura 64. Vista lateral de um golfinho-rotador durante o salto aéreo, com um peixe-rêmora aderido à sua superfície corpórea (Foto: Maxence Atzori).

Para saber mais!

Essa interação não afeta os mamíferos aquáticos?

De maneira geral, não há injúrias aos mamíferos aquáticos. No entanto, há algumas controvérsias a respeito de grandes concentrações desses peixes aderidos em um mesmo indivíduo, principalmente em filhotes, prejudicando a sua locomoção aquática (isto é, os peixes podem atuar como “protuberâncias” e inviabilizar um corpo hidrodinâmico⁷⁶).

11.2. Interações neutras: sem benefícios ou malefícios

Podem ter interações que não oferecem nenhum benefício ou malefício? Sim, e são denominadas como interações neutras.

Algas

As algas aquáticas podem estar associadas ao corpo de cetáceos e sirênios. É comum encontrar algas no dorso de peixes-bois-marinhos (Figura 65).



Figura 65. Dois peixes-bois-marinhos (adulto e filhote) evidenciando as algas associadas ao seu dorso (Foto: Carol Grant).

⁷⁶ A questão da hidrodinâmica foi apresentada na Seção 6.2.

Diatomáceas

As diatomáceas são algas unicelulares, sendo que aquelas do gênero *Cocconeis* (com coloração amarelada) são comumente observadas em espécies que visitam os polos, como as baleias-jubartes e as orcas (Figura 66).



Figura 66. Nadadeira caudal exposta na superfície aérea de uma baleia-jubarte, em que é possível verificar a presença de diatomáceas (manchas amareladas/marrons) (Foto: Phillip Colla).

11.3. Interações desarmônicas: parasitismo

É muito comum encontrar interações não harmônicas na natureza (isto é, que pode ser maléfica ao menos para um dos envolvidos), como o parasitismo. No parasitismo o indivíduo considerado parasita se alimenta de seu hospedeiro. O parasita pode ser classificado como ectoparasita, que interage com a região externa do hospedeiro, ou endoparasita, que interage com a região interna do hospedeiro.

Piolhos-de-baleia

Os piolhos-de-baleia também são pequenos crustáceos e apresentam relações espécie-específicas (isto é, cada espécie de piolho-de-baleia se relaciona com determinadas espécies de cetáceos), sendo que a maioria é do gênero *Cyamus*. As espécies de cetáceos com maiores concentrações de piolhos-de-baleia são as baleias-jubartes, baleias-francas-austrais e baleias-cinzentas. Localizam-se em lesões de pele, se alimentando do tecido morto, ou em fendas genitais, cabeça nadadeiras peitorais, sulcos ventrais, calosidades e orifícios respiratórios, se alimentando de pele ou tecido regenerado.

Feiticeiras e lampreias

Também são comuns encontrar vertebrados como feiticeiras e lampreias associadas à superfície corpórea do hospedeiro e se alimentando de seu tecido. No entanto, ainda há poucas informações sobre essas interações.

Tubarões-charuto

Os tubarões-charuto retiram os tecidos ao abocanhar os hospedeiros, geralmente da região dorsal, deixando marcas com o formato de sua arcada bucal (arredondado ou oval), como mostra a Figura 67. Distribuem-se em grandes profundidades, interagindo com as espécies de cetáceos que também estão distribuídas em águas profundas.



Figura 67. Região dorsal de um cachalote, com uma marca oval resultante da mordida de um tubarão-charuto (Foto: Carrie Sinclair, NOAA).

Para saber mais!

Gaivotas se alimentando de baleias?

Recentemente foram observadas gaivotas bicando e se alimentando de baleias-francas-austrais (Figura 68), na região da Argentina. É possível que este fato se deve ao crescimento populacional das gaivotas, que associaram as baleias como um item alimentar favorável, visto que frequentemente subiam à superfície para respirar.



Figura 68. Gaivota bicando uma baleia-franca-austral enquanto estava subindo à superfície para respirar. A forma como o mysticeto contorce seu corpo demonstra o seu incômodo (Foto: Marcelo Bertellotti).

É válido destacar que interações com as aves são muito comuns e que podem ser neutras ou harmônicas, em que as aves se beneficiam com os restos alimentares de cetáceos e sirênios.

Vermes e parasitas: os endoparasitas

Os vermes e os parasitas estão intimamente relacionados com os órgãos do sistema digestório, sendo que o ciclo de vidas destes endoparasitas envolvem os itens alimentares de seus hospedeiros.

Os odontocetos apresentam um maior número de potenciais endoparasitas, comparado aos mysticetos. Os odontocetos provavelmente são mais acessíveis devido ao maior número de espécies e pelo fato do ciclo de vidas dos endoparasitas envolverem a maior parte de seus itens alimentares. Os pinípedes também apresentam alguns endoparasitas, mas os sirênios apresentam um número muito menor, devido ao seu hábito herbívoro (há menos endoparasitas que têm um ciclo de vida envolvendo os seus itens alimentares).

11.4. Um pouco sobre o comportamento envolvendo as interações desarmônicas

A presença dos ectoparasitas podem vir a ser um incômodo para os hospedeiros. Os mamíferos aquáticos apresentam alguns comportamentos que podem estar relacionados com a eliminação desses ectoparasitas. Os cetáceos comumente saltam para fora da água e este comportamento pode ter diversas explicações, incluindo a retirada de ectoparasitas. Nos corpos de pinípedes podem conter carrapatos, que são ectoparasitas, adquiridos em interações em meio terrestre. Os pinípedes podem eliminar estes carrapatos ao se coçarem (sendo mais eficiente para aqueles com unhas), ao entrar na água (principalmente em mergulhos de longos períodos) ou até mesmo por meio da muda de pele (para aqueles que realizam este processo).

12. Papéis ecológicos

Qual a importância dos mamíferos aquáticos sob o ponto de vista ecológico? É algo que vai muito além do que podemos imaginar - e não seria exagero afirmar que o mundo não seria o mesmo sem a presença desses animais!

Os papéis ecológicos se estendem desde as interações ecológicas em si (mostradas no Capítulo 11) até os aspectos relacionados ao transporte, reciclagem e armazenamento de elementos químicos. A atribuição ao ciclo de carbono merece destaque! Ademais, atuam na regulação climática do planeta!

12.1. Qual a relação entre os mamíferos aquáticos e o ciclo do carbono?

Destacando-se os oceanos, tanto os mamíferos aquáticos quanto os demais vertebrados marinhos contribuem significativamente para o aumento de absorção de carbono: 93% do armazenamento e reciclagem do carbono ocorrem nos oceanos!

E como o carbono é absorvido? Pode ser absorvido no próprio corpo dos animais! Na verdade, todos os organismos vivos são estruturados por compostos orgânicos, que, por sua vez, compõem de átomos de carbono. Os mysticetos se destacam neste aspecto, pois o gigantismo corpóreo fornece a capacidade de absorver quantidades exorbitantes de carbono, atuando como estoques desse elemento!

A importância deste fato é que o excesso de carbono pode provocar um aumento da temperatura, acidificação dos oceanos e, conseqüentemente, uma redução da diversidade biológica (isto é, o ambiente pode se tornar inóspito⁷⁷ para a permanência dos animais).

Além disso, os restos alimentares dos mamíferos aquáticos podem servir de alimento para demais animais. Caso não sejam consumidos, esses restos alimentares podem afundar e atingir o assoalho oceânico, onde constituirão uma parte do sedimento ou serão remineralizados. Com isso, as pequenas partículas de matéria orgânica (também conhecidos como neve marinha) são importantes para a transferência do carbono para o fundo oceânico.

12.2. Um pouco sobre os demais nutrientes

Os nutrientes são provenientes dos restos alimentares, das fezes, urina, pele descamada, entre outros. E os mamíferos aquáticos podem atuar no transporte vertical e horizontal desses nutrientes.

O transporte vertical é realizado principalmente pelos mysticetos. É comum mergulharem a grandes profundidades para encontrar as suas presas. Ao capturá-las, os mysticetos voltam à superfície para, então, consumir o alimento. Durante o tempo de mergulho o metabolismo tende a reduzir sua atividade. Com o retorno à superfície, o metabolismo volta a aumentar sua atividade e com isso os animais frequentemente eliminam as fezes (Figura 69). Essas fezes são essenciais para o fitoplâncton pois fornecem nutrientes como o ferro e o nitrogênio para esses organismos fotossintetizantes. Portanto, se nota que há um “efeito cascata”, em que: quanto mais baleias, maior a concentração de nutrientes na superfície da água e, conseqüentemente, maior a produção primária (fitoplâncton). O fitoplâncton, por sua vez, absorve o carbono presente no ar atmosférico (reduzindo a

⁷⁷ Refere-se a um local em que não há condições de habitabilidade ou onde não se consegue viver.

concentração desse elemento na atmosfera e evitando os seus malefícios) e, além disso, são os principais produtores de oxigênio do planeta!⁷⁸

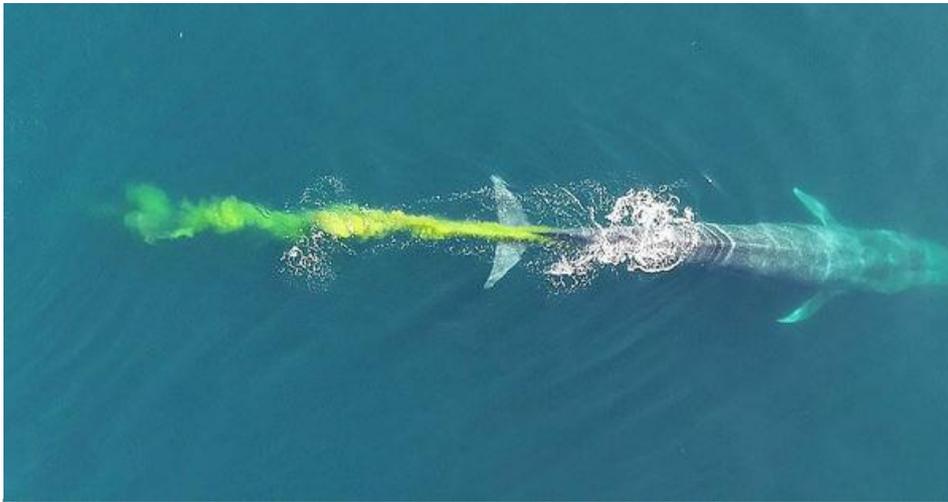


Figura 69. Registro de um misticeto defecando na superfície da água (Foto: Reprodução/Ian Wiese).

Quanto ao transporte horizontal, é atribuído às espécies migradoras⁷⁹. O fornecimento de nutrientes segue a mesma ideia do transporte vertical, a diferença é que com a migração desses animais (com destaque para os misticetos migradores longitudinais) os nutrientes podem ser transportados das regiões polares e subpolares às regiões tropicais e subtropicais do globo!

Concluindo, os mamíferos aquáticos exercem um papel fundamental na manutenção da biosfera e devem ser respeitadas e conservadas! E é justamente sobre a conservação destes animais que será tratada no próximo capítulo.

⁷⁸ Recomenda-se acessar o vídeo disponível neste link: <https://www.youtube.com/watch?v=He9pg0GRZr4>.

⁷⁹ A migração foi apresentada no Capítulo 8.



Parte VI

Conservação



13. Ameaças à conservação

Os seres humanos vêm gerando impactos ambientais há séculos, e se tornando cada vez mais agravantes. A poluição ambiental, a caça, a perda de habitat e as injúrias acidentais são apenas alguns dos malefícios impostos de forma injusta aos mamíferos aquáticos.

13.1. A caça

Desde os primórdios da história humana a caça aos outros animais está presente. Uma atividade que começou com fins de subsistência, atualmente tem fins lucrativos. Os mamíferos aquáticos (assim como outras espécies) têm sido visados para a confecção de produtos artesanais e industriais (como a gordura para a produção de óleo), até mesmo para o consumo em algumas regiões. Inclusive, algumas espécies que foram ativamente caçadas foram levadas à extinção, como é o caso da vaca-marinha-de-Steller (um dugongídeo com grandes tamanhos corpóreos e de “fácil” captura; Figura 70).

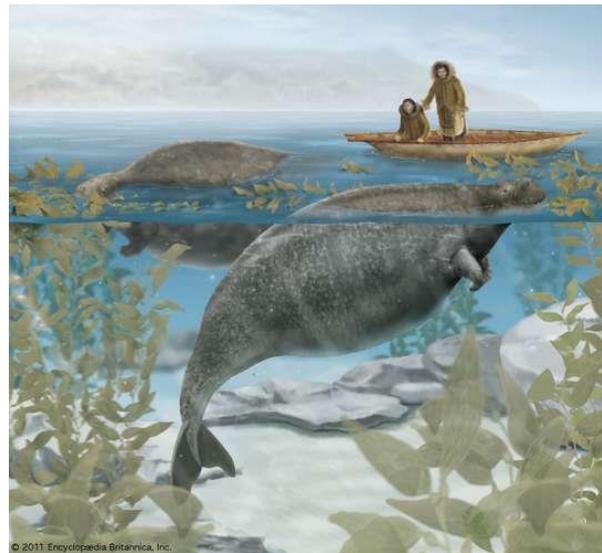


Figura 70. Vaca-marinha-de-Steller, um dugongídeo magnífico e grandioso, que foi injustamente caçado desde a sua descoberta e, depois de 30 anos, se tornou mais uma das inúmeras espécies extintas pelas mãos humanas (Ilustração: Encyclopædia Britannica, Inc).

Além disso, há quem defenda a matança dos mamíferos aquáticos com a justificativa de que eles são uma “ameaça” aos seres humanos, seja por estarem “roubando” o seu alimento (como os peixes e invertebrados, que também fazem parte da dieta humana), pela possibilidade de causar a morte dos humanos ou “invadir” os “seus” terrenos. Mas, como será visto a seguir, todas essas ocorrências apontam para o mesmo responsável: o próprio ser humano.

13.2. Perda de recursos: alimento

A atividade pesqueira se tornou cada vez mais frequente ao redor do mundo e a sua área de atuação foi se expandindo ao longo do tempo. Isso provoca uma sobreposição das áreas de uso da pesca com as áreas de alimentação dos mamíferos aquáticos, gerando uma competição pelo recurso alimentar. Com isso, a quantidade de alimento disponível para esses animais se torna mais escassa.

Consequentemente, alguns indivíduos podem se aproximar das embarcações para adquirir o alimento capturado pelas redes de pesca, gerando revolta para muitas pessoas que argumentam que eles estão “roubando” o “seu” alimento. Os mamíferos aquáticos, além de injustamente acusados, podem ser gravemente feridos pelas hélices ao se aproximar dessas embarcações, ou até mesmo perder a vida por afogamento ao se enroscar nas redes.

13.3. Lesões acidentais

É comum os mamíferos aquáticos se aproximarem das embarcações para tentar obter algum alimento e isso pode provocar colisões. Esses atropelamentos das embarcações podem provocar lesões no corpo do animal (Figura 71), além de outras injúrias posteriores que podem afetar nos processos de alimentação e reprodução, ou mesmo a morte imediata.

As capturas não intencionais dos organismos não alvo (incluindo mamíferos aquáticos e outros vertebrados marinhos) ocorrem com frequência, principalmente devido ao uso de instrumentos de pesca inadequados.



Figura 71. Região dorsal de um misticeto com marcas das feridas deixadas pelas hélices de alguma embarcação (Ilustração: Corrine Le Gall).

13.4. Perda de recursos: habitat

Como se a redução de alimento já não fosse o bastante, muitas populações têm o seu habitat degradado, ou até mesmo perdido. Tais acontecimentos são resultados das atividades vinculadas às hidrelétricas, imobiliárias, agriculturas, portos, entre outros. Uma das consequências do fragmento populacional é o isolamento reprodutivo, afetando negativamente na reposição de estoques populacionais.

A poluição provocada pelas ações humanas também influencia no habitat dos mamíferos aquáticos, que se tornam inóspitos e prejudiciais.

13.5. Poluição

As atividades industriais, como a mineração e a agroindústria, eliminam produtos químicos desfavoráveis à saúde dos organismos que infelizmente são lixiviados ou despejados nos oceanos. Os compostos denominados como organopersistentes, por exemplo, são de difícil degradação e podem ser absorvidos pelo fitoplâncton (que é responsável pela produção primária oceânica) e passar de organismo para organismo, conforme a cadeia alimentar, até atingir os predadores de topo, como alguns mamíferos aquáticos. Esses produtos químicos podem persistir no blubber (pois tem alta afinidade pela gordura) e gerar alta toxicidade, câncer, mutação, má formação das estruturas corpóreas, reduzir a resistência imunológica (tornando-se suscetível aos patógenos), entre outros efeitos danosos.

Acidentes como o derramamento de óleo provocam inúmeras manchas que se dispersam ao longo do oceano, provocando intoxicação, redução do isolamento térmico (em algumas espécies) e a ingestão de alimentos contaminados. Além disso, as manchas escuras de óleo dificultam a passagem de luz solar, o que reduz o desenvolvimento da produção primária.

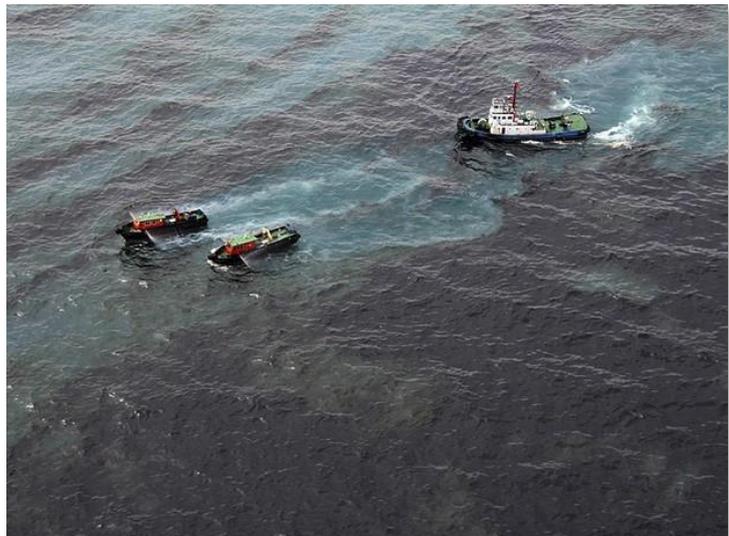


Figura 72. Porção do oceano prejudicada pelo derramamento de óleo (Foto: The Nation-Atchara/AP).

A utilização desenfreada de plástico no mundo todo gera toneladas de lixo que são jogadas no oceano – e quem sofre com isso são os organismos que vivem nele. Observe a Figura 73, o olhar do pinípede já diz muito.



Figura 73. Dois pinípedes, no qual o da direita encontra-se com um pedaço de plástico em torno do pescoço (Foto: Friend of Horsey).

A poluição sonora também está presente, desde que começou a busca pelo “ouro-negro”: a procura de petróleo por meio da prospecção (emissão de ondas sonoras para explorar o substrato) atrapalha os mamíferos aquáticos que utilizam o som para se comunicar ou para explorar o ambiente (como os odontocetos e a ecolocalização).

A poluição do ar atmosférico também afeta os oceanos pois provoca mudanças climáticas em todo o globo, alterando de maneira significativamente os processos oceânicos. Assim, a produtividade primária pode ser prejudicada, gerando um desequilíbrio em toda a cadeia alimentar.

13.6. Aproximação indevida

O último tópico refere-se à aproximação indevida dos humanos aos mamíferos aquáticos. O desejo de ter um contato próximo desses animais é compreensível, mas deve se

ter muita cautela pois as atitudes inadequadas podem prejudicar o bem-estar deles. Muitas pessoas utilizam as embarcações de lazer para observar os animais de perto e tem a tendência de alimentá-los, nadar próximo a eles (Figura 74) etc.

Essa alimentação pode se tornar um mau hábito para esses animais, que são predadores e evolutivamente capacitados para capturar suas presas, e muitas vezes são itens alimentares que não fazem parte de sua dieta. Ademais, alguns indivíduos podem se machucar ao colidir com as embarcações. O fato de haver embarcações e banhistas nadando próximo a eles pode gerar estresse em alguns indivíduos e instigar comportamentos de alerta ou até mesmo de agressão – e quando algum ser humano se machuca, esses animais são injustamente rotulados como os “vilões” pela mídia, sendo que são esses mesmos humanos que agiram de maneira inconveniente.



Figura 74. Grupo de odontocetos e uma turista nadando próximo a eles (Foto: Wolfgang Pölzer).

13.7. Ameaças à conservação e considerações finais

No geral, todos esses fatores ocorrem simultaneamente, provocando o declínio das populações de mamíferos aquáticos, seja de forma imediata ou mais lenta. Esse declínio é extremamente preocupante! A maioria das espécies deste grupo apresentam uma lenta recuperação dos estoques populacionais (devido ao crescimento lento, baixa fecundidade, maturação tardia etc.), beirando, assim, ao processo de extinção. E isso se agrava à medida que a população reduz, pois quanto menor uma população, maior a homozigose. Em outras palavras, levará a uma redução da diversidade genética e tornará o sistema imune da população mais suscetível aos patógenos – e, conseqüentemente, à extinção.

Os processos de extinção já ocorreram diversas vezes na natureza, mas estes são diferentes dos processos de extinção induzidas e propulsionadas pelas ações irresponsáveis dos seres humanos. Por isso, a chave para a conservação se resume a uma mudança no comportamento humano, em todo o globo, a começar pela conscientização ambiental. Inclusive, muitas espécies já foram salvas graças às ações de conservação!



Bibliografia consultada

- Berta, A., Sumich, J. L. & Kovacs, K. M. (2006). **Marine Mammals: Evolutionary Biology**. 2. ed. San Diego: Academic Press.
- Berta, A., Sumich, J. L. & Kovacs, K. M. (2015). **Marine Mammals: Evolutionary Biology**. 3. ed. San Diego: Academic Press.
- Hickman Jr., C. P., *et al.* (2016). **Princípios integrados de zoologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Jefferson, T.A., Leatherwood S. & Webber M.A. (1993). **FAO species identification guide. Marine mammals of the world**. Rome, FAO. 320. p. 587 figs
- Kardong, Kenneth V. (2016). **Vertebrados: anatomia comparada, função e evolução**. Tradução: Claudia Lucia, Caetano de Araujo, Idilia Vanzellotti, Patricia Lydie Voeux. - 7. ed. - Rio de Janeiro: Guanabara. Koogan.
- Kaschner K, Tittensor DP, Ready J, Gerrodette T, Worm B. (2011). **Current and Future Patterns of Global Marine Mammal Biodiversity**. PLoS ONE 6(5): e19653. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019653>.
- Miranda, A. V., Luna, F. O., Sousa, G. P., Fruet, P. F. & Zanoni, S.A. (2019). **Guia de Ilustrado de Identificação de Cetáceos e Sirênios do Brasil**. ICMBio/CMA ed. -- Brasília, DF: ICMBio/CMA.70 p. : il., color.
- Santos, M. C. O. (1996). **Baleias e Golfinhos**. Editora Ática. Coleção Investigando os Seres Vivos. São Paulo. 64 p.
- Vianna J.A., *et al.* (2006). Conservação das espécies de peixe-boi no Brasil. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, RJ: 230: 32-37.
- Würsig B., Thewissen J.G.M. & Kovacs K. M. (2018). **Encyclopedia of Marine Mammals**. Academic Press. 1190 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00820-6>.

Glossário

Anfípode. Ordem de crustáceos malacóstracos, principalmente marinhos, de corpo lateralmente comprimido, carapaça ausente e apêndices torácicos de pelo menos dois tipos.

Clado (do grego *klados* = ramo). Um táxon, ou outro grupo, constituído por uma espécie ancestral e todos os seus descendentes, compondo um ramo distinto em uma árvore filogenética.

Dispersão. Movimento de organismos do seu local de nascimento para uma área geográfica nova, eleita como residência permanente. Eventos fundadores são casos especiais, raros, nos quais os indivíduos em dispersão cruzam uma barreira geográfica desfavorável à sobrevivência e iniciam uma população nova além da barreira.

Ecótipos. Dentro de uma espécie, são caracterizados como populações que apresentam diferenças genotípicas que proporcionam melhor adaptação aos diferentes habitats onde a espécie possa vir a ser encontrada

Filogenia (do grego *phylon* = tribo, raça + *geneia* = origem). A origem e diversificação de um táxon, ou a história evolutiva de sua origem e diversificação, em geral apresentada sob a forma de um dendrograma.

Fitoplâncton. Conjunto de organismos fotossintetizantes microscópicos que flutuam na coluna d'água.

Grupo-irmão. Relação entre um par de espécies ou táxons superiores que são os parentes filogenéticos mais próximos uns dos outros.

Grupo monofilético. Inclui o ancestral comum mais recente do grupo e todos os descendentes desse ancestral.

Grupo taxonômico. indivíduos que fazem parte de uma mesma unidade taxonômica que remete a qualquer uma das classificações científicas dos seres vivos.

Homeostase (do grego *homeo* = similar ou igual + *stasis* = estático). Estado de equilíbrio fisiológico do meio interno, que se mantém relativamente constante, independente das alterações que ocorrem no meio externo.

Infraordem. Categoria taxonômica hierarquicamente inferior à subordem.

Krill. É um termo generalizado atribuído à diversas espécies de pequenos crustáceos com morfologia semelhante a um camarão.

Linhagem. Uma sequência de populações ancestral-descendentes que evoluem através do tempo. Linhagens relacionadas com outras por meio de ramificações de linhagens ancestrais formam uma árvore filogenética. Em genética molecular evolutiva, uma sequência de moléculas de DNA ancestral-descendentes investigadas por meio da genealogia de um organismo ou pela filogenia.

Osmorregulação. Processo de manutenção da pressão osmótica dos fluidos corporais de um organismo (manutenção da pressão osmótica constante), dentro de uma determinada faixa homeostática.

Palato. Consiste na porção superior do interior da boca de animais vertebrados, popularmente denominado como “céu da boca”.

Ressurgência (ou afloramento). Fenômeno oceanográfico que consiste na subida de águas subsuperficiais, muitas vezes ricas em nutrientes, para camadas de água superficiais no oceano.

Sinapomorfia (do grego *syn* = junto com + *apo* = de + *morphe* = forma). Estado de caráter derivado evolutivamente e compartilhado entre espécies e que é utilizado para recuperar padrões de descendência comum entre duas ou mais espécies.

Subordem. Categoria taxonômica situada abaixo da ordem e acima da família.

Tarso paraxônico. Refere-se à um aspecto morfológico em que os membros posteriores apresentam um plano de simetria que atravessa os dedos III e IV.

Termorregulação. Mecanismo de regulação e manutenção (homeostasia) da temperatura interna do organismo.

Vicariância (do latim *vicarius* = um substituto). Separação geográfica de populações, sobretudo aquela imposta por descontinuidades do ambiente físico que fragmentaram as populações antes geograficamente contínuas.

Zooplâncton. Conjunto de organismos não fotossintetizantes dispersos na coluna d'água, com baixa locomoção.

Atividade lúdica como ferramenta educativa

Você tem interesse em memorizar os aspectos mais relevantes para distinguir os sete clados de mamíferos aquáticos (misticetos, odontocetos, triquequídeos, dugongídeos, focídeos, otariídeos e odobenídeos) de uma forma descontraída?

Confira o jogo de cartas disponível neste link ([LINK?](#))! O material ainda conta com um texto sucinto abordando os principais aspectos que permitem distinguir os clados de mamíferos aquáticos. Aos professores, essa é uma ótima estratégia educativa para ser aplicada em sala de aula!

Bom divertimento a todos!

Disponibilização das ilustrações

As ilustrações utilizadas nas cartas do jogo, bem como no design das capas deste documento, foram elaboradas pela autora! É permitido usufruir das mesmas para fins educativos (pede-se para citar a autoria), sendo proibido o uso para fins lucrativos. Devido à limitação do tipo de arquivo, a qualidade das ilustrações é inferior. Caso deseje ter acesso às ilustrações originais, entre em contato (disposto ao fim do documento).

Seguem abaixo as ilustrações de cada um dos sete clados (misticetos, odontocetos, triquequídeos, dugongídeos, focídeos, otariídeos e odobenídeos):

Ilustração 1: misticeto

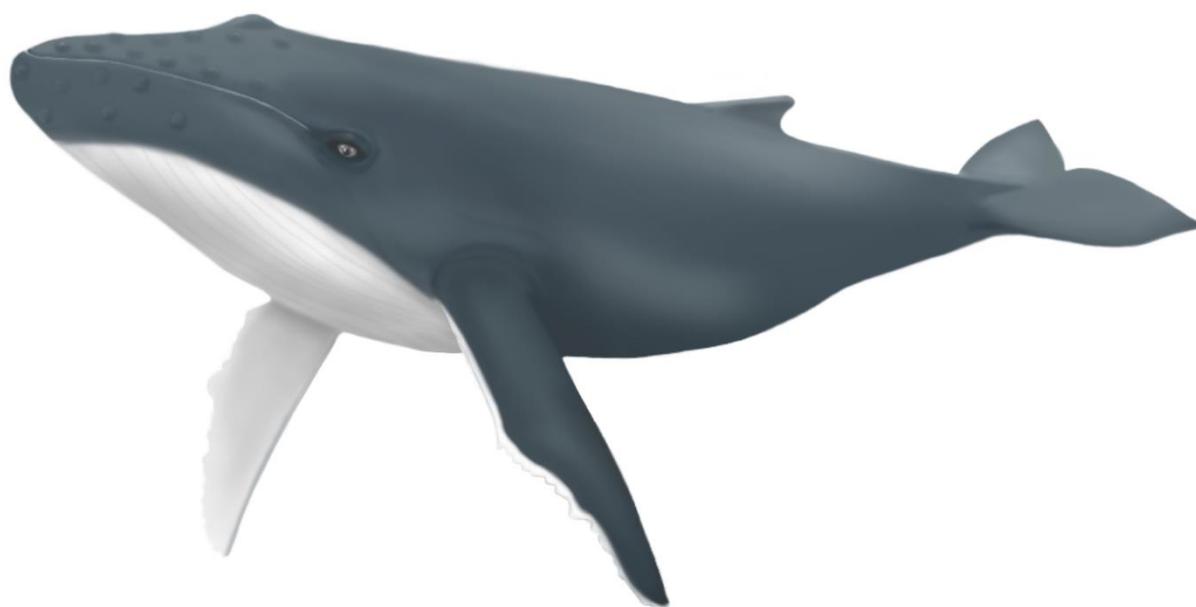


Ilustração 2: odontoceto

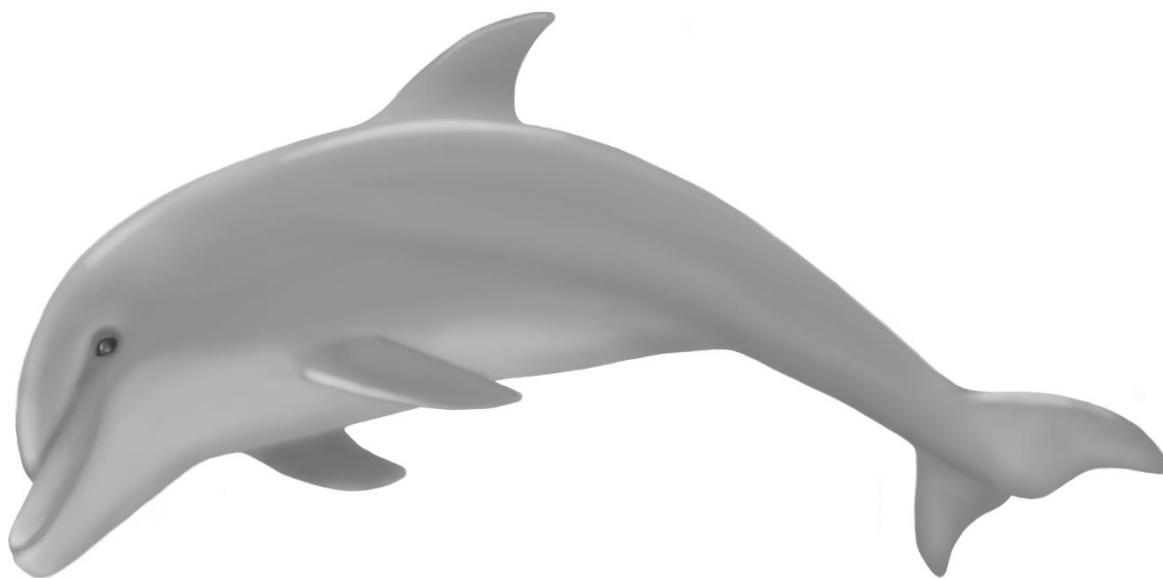


Ilustração 3: triquequídeo

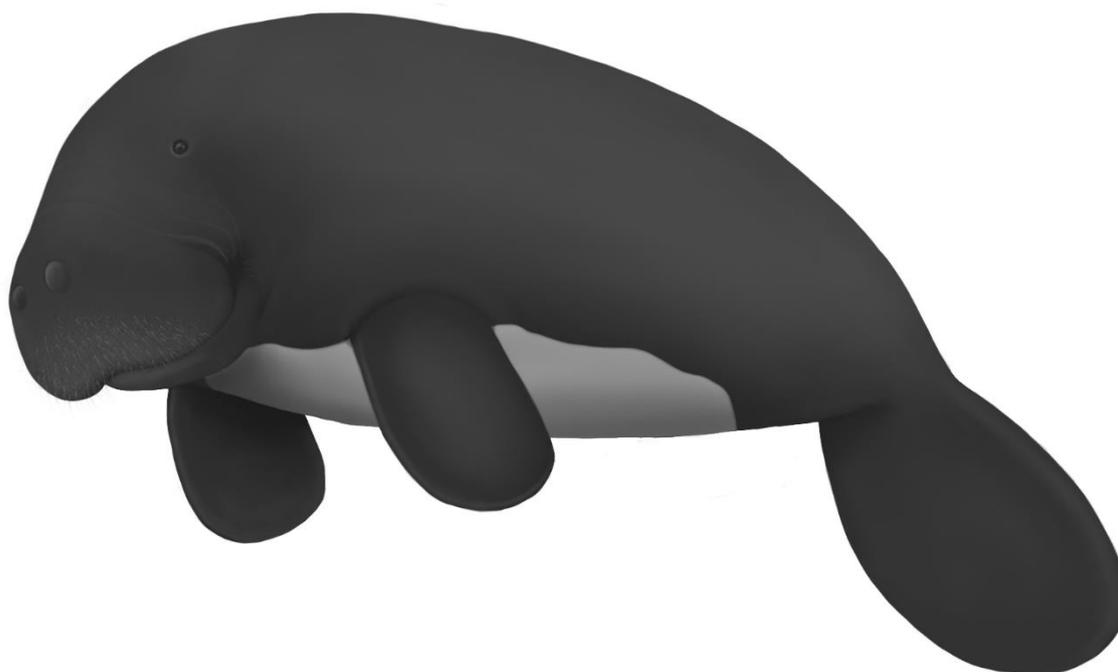


Ilustração 4: dugongídeo

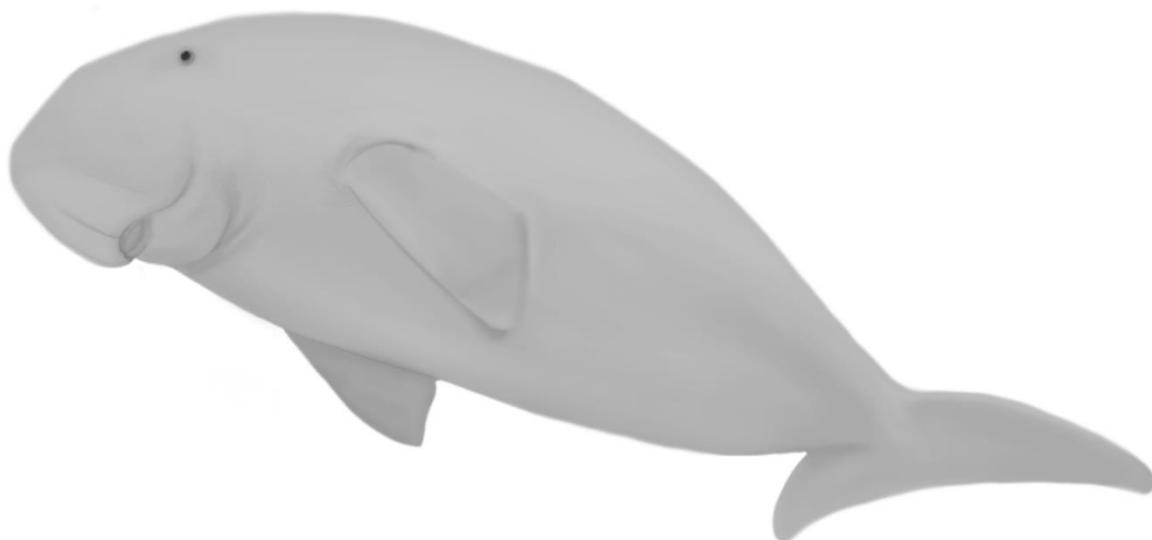


Ilustração 5: otariídeo



Ilustração 6: focídeo



Ilustração 7: odobenídeo



Sobre a autora



Eliane Hisami Obata

É graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade de São Paulo (USP) desde 2017. Foi bolsista pelo Programa Unificado de Bolsas de Estudos para Apoio e Formação de Estudantes de Graduação (PUB-USP). Tem interesse na área de etologia (comportamento animal), conservação e manejo da fauna, divulgação científica e ilustração científica. Em seus tempos livres gosta de admirar a fauna e a flora ao seu redor – um reflexo da sua paixão pela natureza e a sua doce essência de ser simples, porém complexa ao mesmo tempo.

Palavras da autora:

“É muito gratificante para nós, do meio acadêmico, termos a oportunidade de repassar aquilo que aprendemos para a população! Para mim o mais importante é que você, cara leitora ou caro leitor, tenha desfrutado a leitura! A busca pelo conhecimento é um dos feitos mais admiráveis que existe, sem dúvida! Este documento foi elaborado como uma forma de contribuir para a conscientização das pessoas sobre o nosso querido planeta e, principalmente, estimulá-las a cuidar do nosso bem mais precioso: a natureza!”

Contato: eliane_obata@usp.br