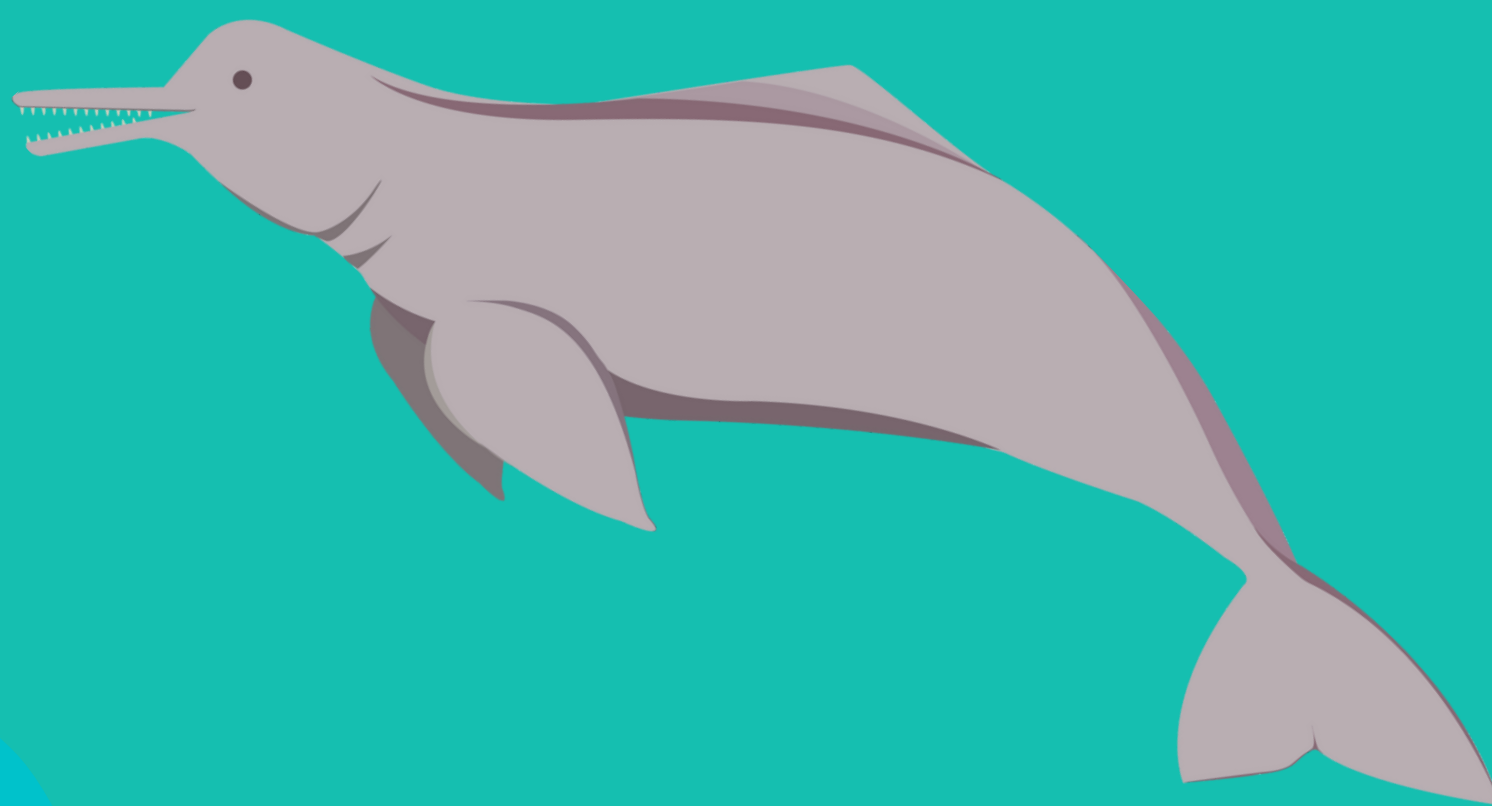


Metodologia ativa: estudo de caso em cenário amazônico

O boto como possibilidade para o ensino de ciências

Layane Joyce R. Maia Parente
Nádia Magalhães da Silva Freitas
Isabel Cristina F. dos Santos Rodrigues



Metodologia ativa: estudo de caso em cenário amazônico

O boto como possibilidade para o ensino de ciências

Layane Joyce Rosa Maia
Autora

Isabel Cristina Rodrigues
Orientadora

Nádia M. da Silva Freitas
Coorientadora

P228a PARENTE, Layane Joyce Rosa Maia, 1995-

Metodologia ativa: estudo de caso em cenário amazônico: o boto como possibilidade para o ensino de ciências [Recurso eletrônico] / Layane Joyce Rosa Maia, Isabel Cristina França dos Santos Rodrigues, Nádia Magalhães da Silva Freitas. — Belém, 2021.

8,07 Mb : il. ; ePUB.

Produto gerado a partir da dissertação intitulada: Metodologia ativa de ensino em cenário amazônico : o estudo de caso do boto, defendida por Layane Joyce Rosa Maia, sob a orientação da Profa. Dra. Isabel Cristina França dos Santos Rodrigues, defendida no Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará, em Belém-PA, em 2021. Disponível em:

<http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/13839>

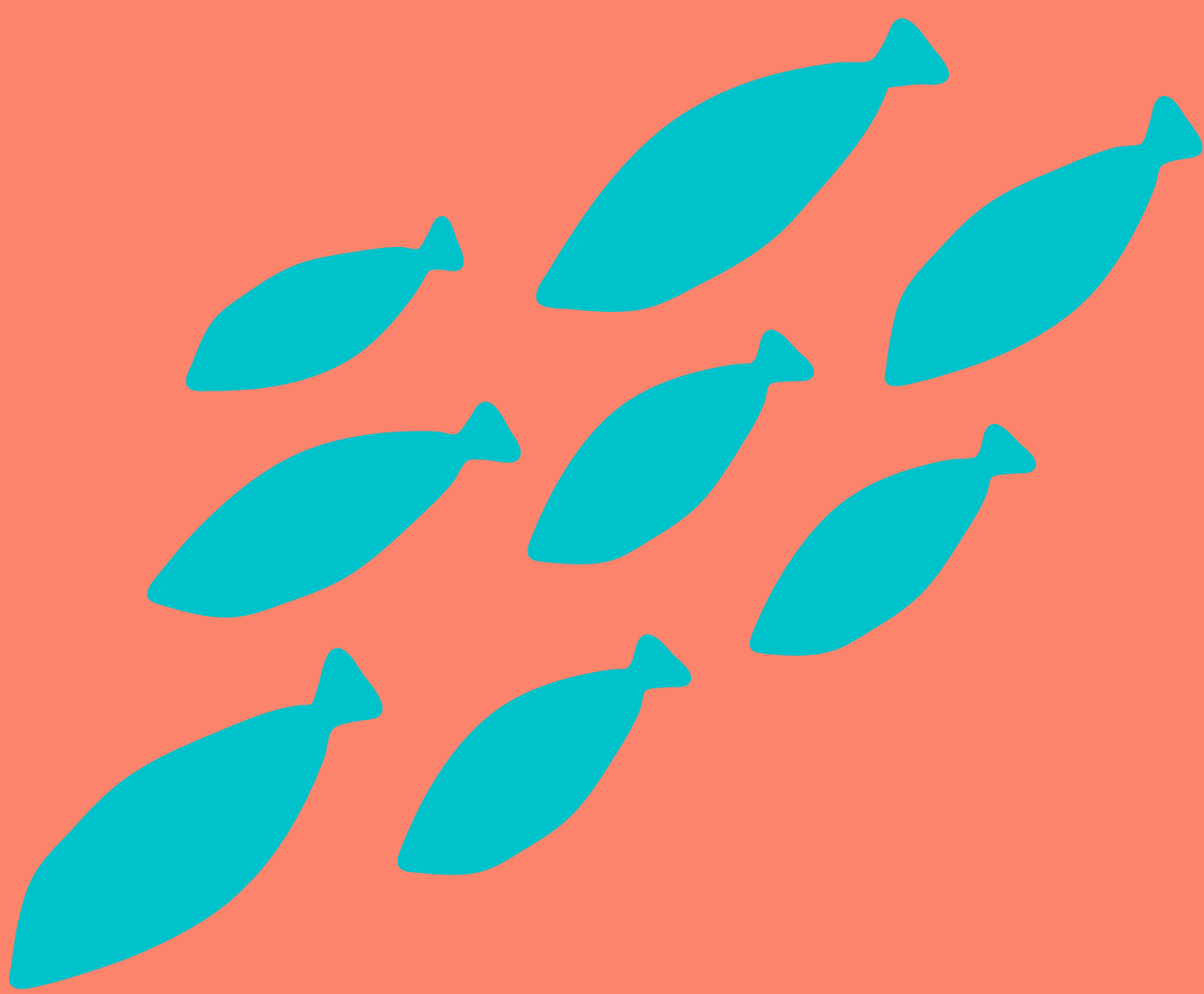
Disponível somente em formato eletrônico através da Internet.

Disponível em versão online via:

<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/646258>

1. Aprendizagem ativa. 2. Ensino – Metodologia. 3. Prática de ensino. I. Rodrigues, Isabel Cristina França dos Santos. II. Freitas, Nádia Magalhães da Silva. III. Título.

CDD: 23. ed. 371.39



Este produto educacional, intitulado "Metodologia ativa: estudo de caso em cenário amazônico", é fruto do Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGD OC), do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI), da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Sumário



Como chegamos até aqui?	5
O que é a metodologia ativa estudo de caso?	6
Contextualização do caso	11
Estudo de caso "O julgamento do boto"	15
Competências e habilidades	31
Proposta de aplicação	34
Material de apoio do aluno	39
Material de apoio do professor	57
Referências bibliográficas	74
Anexos	80



Como chegamos até aqui?

Olá, professor(a)!

O presente material apresenta um plano de ensino da metodologia ativa estudo de caso, intitulado “O julgamento do boto”. O plano de fundo utilizado foi uma problemática local sobre o boto, espécie endêmica dos rios da Amazônia, originado a partir dos resultados da dissertação defendida em 2021. Te convidamos para conhecer um pouco mais sobre o boto amazônico. Você poderá adaptar e experimentar esse material no contexto da sala de aula e conforme a sua necessidade educacional.



**O que é a metodologia ativa
estudo de caso?**

O método Estudo de Casos tem origem na metodologia “Aprendizagem Baseada em Problemas”. Ele consiste em narrativas de situações complexas que necessitam do conhecimento científico para a tomada de decisão. Esse método surgiu no Canadá, na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, no final da década de 1960 (SÁ et al., 2007; SÁ; QUEIROZ, 2010). É importante pontuar que essa é uma metodologia de ensino, não uma metodologia de pesquisa, portanto, trata-se de uma ferramenta pedagógica.

O estudo de caso tem como característica a criação de narrativas chamadas caso. Nelas, são apresentados dilemas e histórias verdadeiras ou fictícias, em que o aluno é convidado à tomada de decisão. Ele é um método que “[...] oferece aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem, enquanto exploram a Ciência envolvida em situações relativamente complexas” (SÁ et al., 2007, p. 731).

Nessa metodologia, é possível que o professor aborde questões científicas e sociocientíficas, com variações de complexidade a fim de que o aluno perceba a situação-problema dentro de um contexto provável. É a partir desse problema que ele investiga a melhor ação/decisão a ser tomada. Trata-se de uma importante ferramenta pedagógica cujo desenrolar depende do envolvimento e da participação dos alunos como indivíduos atuantes no processo (LEAL et al., 2017).

Outras áreas, como direito, administração, *marketing* e saúde, utilizam essa metodologia para confrontar os estudantes entre teoria e prática, pois, a partir desse método, é possível que os alunos reflitam sobre a situação abordada e tomem uma decisão ou posicionamento com relação ao caso (LEAL et al., 2017).

Por ser uma estratégia de ensino, o estudo de caso objetiva levar os estudantes a terem contato com uma situação real ou simulada, sendo necessária uma ação ativa desse aluno para analisar o caso, bem como a tomada de decisão ou solução do problema (LEAL et al., 2017). Para isso, o professor pode elaborar questionamentos para auxiliar os alunos na direção do estudo, assim como utilizar as ferramentas que achar adequadas para a realidade da sua sala de aula.

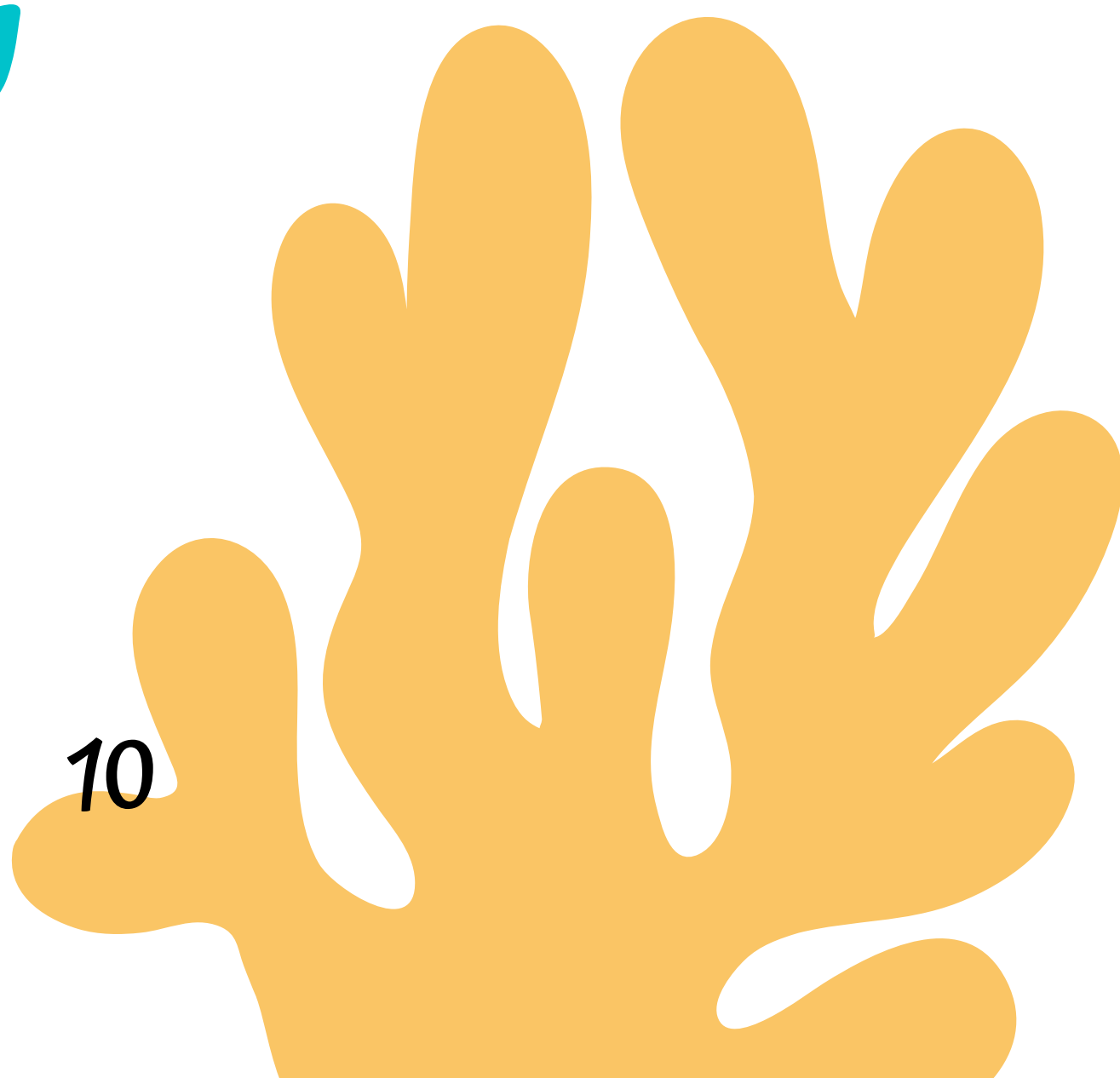
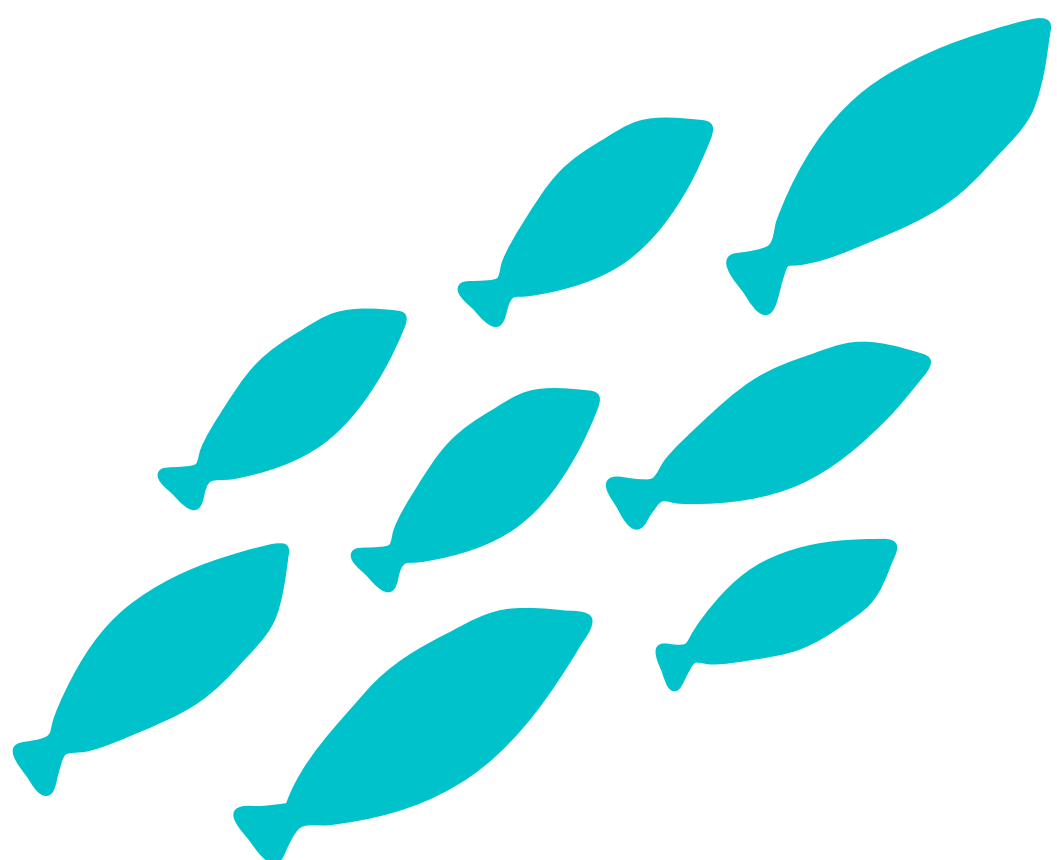
Para elaborar o caso apresentado aqui, utilizamos como referência alguns pontos que Herreid (1998) considera importantes para o professor elaborar um bom estudo de caso, que são: ter relevância para o leitor; ser útil pedagogicamente; despertar o interesse pelo assunto abordado; provocar um conflito; forçar decisões; ser atual; ser curto; narrar uma história; criar empatia com as personagens; ter citações (falas) das personagens; ter generalizações.

Ao construir um caso, é possível buscar inspiração em fontes oriundas de revistas de divulgação científica, artigos originais de pesquisa, reportagens, filmes ou alguma situação que ocorre na localidade/comunidade. Antes de elaborar um caso, é preciso ter em mente algumas etapas que Sá e Queiroz (2010) pontuam como importantes no processo que antecede a sua produção, que são: escolher a temática principal abordada no caso, que seja relevante no conteúdo; elaborar uma lista das possíveis personagens; elaborar uma lista com os conceitos/habilidades/atitudes que serão trabalhados no estudo do caso; traçar questionamentos para nortear a discussão em sala de aula, de forma que, a partir dessas questões, os alunos busquem subsídios para resolver o caso (SÁ; QUEIROZ, 2010).

Com relação à metodologia para aplicar o caso, é possível utilizar algumas estratégias, como: o formato de aula expositiva – em que o professor narra o caso para os alunos; o formato de discussão – nesse modelo, o caso apresentado possui um dilema, que os alunos são levados a solucionar; formato de atividades em pequenos grupos – essa estratégia pode ter diversas variáveis, mas a característica principal é que o caso seja analisado em pequenos grupos para o trabalho colaborativo.

É importante destacar que o professor tem total liberdade para desenvolver e conduzir o estudo de caso da forma que melhor atender os seus objetivos da aula, portanto, variações podem ocorrer, a exemplo do caso interrompido, que é uma variante do formato de atividades em pequenos grupos. Nesse modelo, o professor apresenta o caso aos alunos, que se reúnem em pequenos grupos a fim de apresentarem possíveis soluções. Feito isso, o professor acrescenta informações à narrativa, levando os alunos a uma nova rodada de discussão e respostas ao caso. Nessa proposta, o professor poderá fazer as interrupções e acrescentar dados ao caso quantas vezes forem necessárias (SÁ; QUEIROZ, 2010).

Outra variante apresentada por Sá e Queiroz (2010) do formato de atividades em pequenos grupos é o método de múltiplos casos. Nesse formato, vários casos curtos são apresentados e discutidos em sala de aula, em que a solução é apresentada por cada grupo formado. Os autores também pontuam o caso dirigido, sendo uma variação do formato de aula expositiva. Em tal formato, o professor elabora casos curtos, inserindo-os ao longo da disciplina. A resposta ao caso pode ser feita individualmente ou em grupo a partir da consulta dos alunos.





Contextualização do caso

O estudo de caso apresentado aqui foi produzido a partir da problemática amazônica do boto. O boto é um animal que habita os rios da bacia amazônica, cuja população, atualmente, vem sofrendo diversos impactos antrópicos, em especial os relacionados à caça e retaliação por parte de pescadores. Tal caso foi pensado para abordar questões que impactam diretamente o bem-estar e a conservação desses animais.

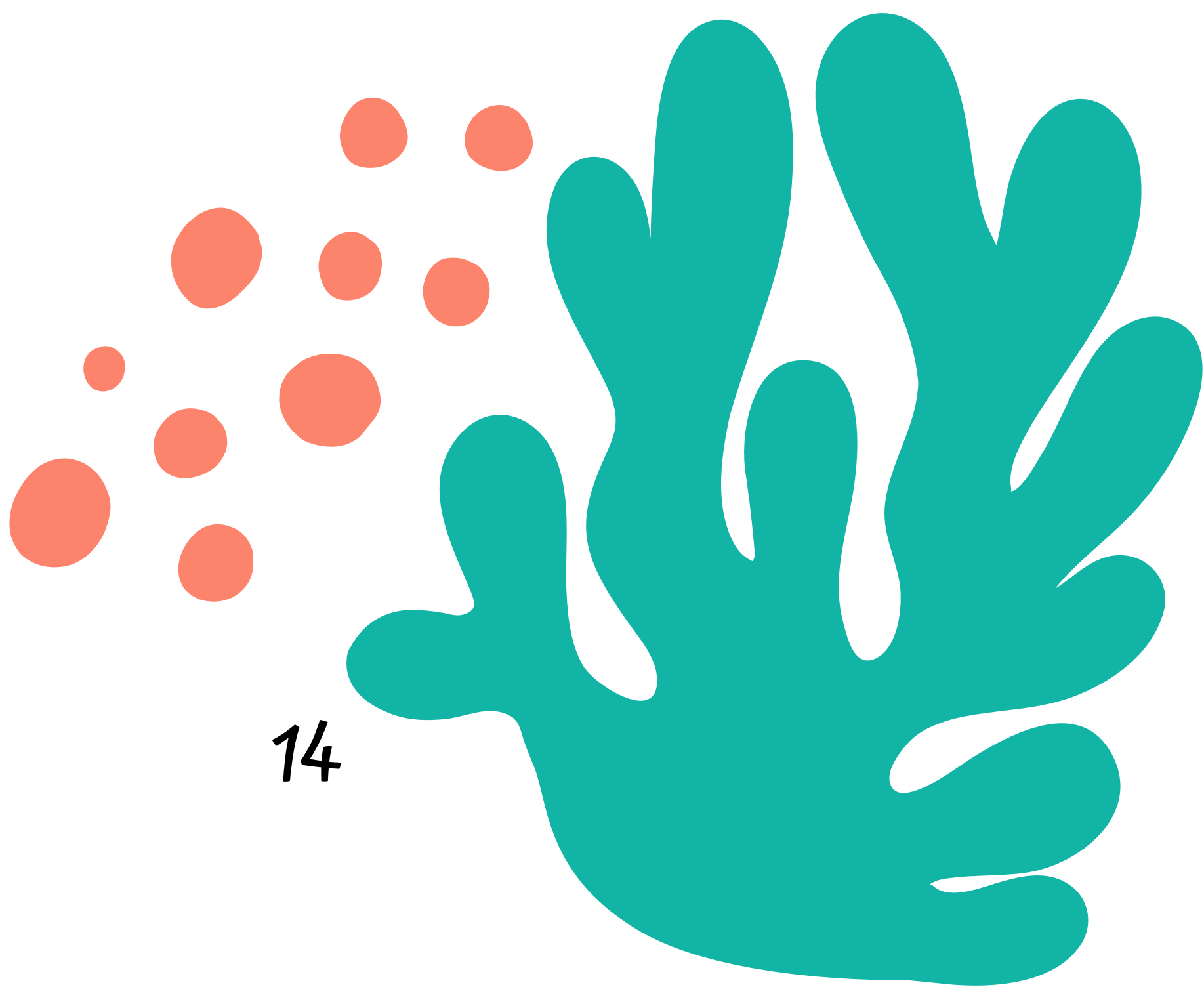
A produção do estudo de caso se deu a partir de narrativas oriundas dos moradores do município de Mocajuba-PA, localidade onde é encontrado um cenário de interação entre animais e humanos, na região do mercado municipal da cidade. Devido a essa interação, muitas pessoas percebem os animais de maneira positiva, porém, ainda existem relações de conflito entre humanos e animais.

O caso “O julgamento do boto” tem início com uma manchete simulada, entretanto, inspirada em um acontecimento ocorrido em 2016 no município de Mocajuba. A manchete chama atenção para o aparecimento de um animal na região do mercado municipal da cidade com o “bico” cortado. Após noticiar o fato, o jornal traz o posicionamento de um grupo de pesquisa chamado (ficticiamente) GPMAZon, que, diante do ocorrido, se manifesta contrariamente às ações desordenadas de turismo no município, destacando a vulnerabilidade a que os animais estão expostos.

Diante desse cenário, o grupo de pesquisa mobiliza-se no desenvolvimento de um projeto educacional ambiental. Para isso, uma das ações previstas pela equipe do GPMAZon é a apresentação da peça teatral, intitulada “O julgamento do boto”. Como o nome sugere, o enredo acontece em um tribunal, cujo réu é o boto. As personagens presentes são: o narrador, que mediará e apresentará o julgamento, e as testemunhas de defesa e acusação. O desfecho do caso é dado pelos alunos que se posicionam diante da pergunta final.

Para responder ao questionamento do caso, o aluno precisa se posicionar diante da pergunta final. Para isso, é necessário que ele trabalhe a argumentação a fim de defender seu ponto de vista. Por se tratar de um caso aberto, o aluno fica livre para buscar argumentos que alicercem seu posicionamento. Dessa forma, o desenrolar do caso é conduzido para levantar discussões que possibilitem um olhar atento aos desafios para conservação da espécie. As principais problemáticas relacionadas aos animais, encontradas e descritas pelos moradores do município, são: a alimentação desordenada, ocasionada pelo turismo; caça dos animais, para o comércio de seus subprodutos; retaliações por conta da pesca; e as questões referentes à lenda. Todos esses pontos, bem como aspectos biológicos, ecológicos e demais riscos associados à espécie, serão trabalhados para alicerçar a solução do caso, após sua aplicação.

Para aprofundar as problemáticas apresentadas no caso, trouxemos na proposta de aplicação questões que afetam diretamente a conservação desses animais.





Estudo de caso
"O julgamento do boto"

JORNAL DA CIDADE

BOTO AMANHECE

COM O "BICO" CORTADO NO MIRANTE DO BOTO

No último sábado, 7 de setembro, foi identificado um corte no “bico” de um dos botos que frequentam o mirante. Provavelmente o animal sofreu maus tratos após alguma interação com pescador (como rasgar rede de pesca).

Em nota, a prefeitura da cidade publicou em suas redes sociais um post de esclarecimento à população,

reafirmando o crime cometido, previsto na lei 7.643/87, que proíbe a pesca ou qualquer forma de molestamento intencional de toda espécie de cetáceo nas águas jurisdicionais brasileiras. A lei prevê até cinco anos de prisão para quem "molestar" baleias e golfinhos.

O município de Mocajuba recebe, às margens do rio Tocantins, em frente ao mercado municipal da cidade, a visita de cerca de 12 botos adultos e 3 filhotes.

Diante do ocorrido, o grupo de pesquisa que trabalha com mamíferos aquáticos, GPMAzon, publicou em suas redes sociais um texto referindo os impactos causados durante a interação entre os botos e os seres humanos, com a seguinte mensagem:



Foto: Luiza Pereira

“Na manhã de hoje um boto no município de Mocajuba apareceu com o rosto mutilado, que aparentemente foi ocasionado por um objeto cortante. Aproveitamos a ocasião para manifestar nosso posicionamento. Não apoiamos a forma como é conduzida a interação entre pessoas e animais no mercado, que ocorre de maneira desordenada.”

Esse tipo de interação pode ocasionar mudança no comportamento da espécie, que passa a não identificar situações de risco advindas dos seres humanos, tornando-os vulneráveis a ataques e retaliações por parte de pessoas más intencionadas. Outra questão a ser destacada é quanto ao risco de zoonoses, doenças que podem ser transmitidas dos humanos para os botos e dos botos para os humanos.”

Nossa equipe conversou com o grupo GPMAZon, que contou que enviará sua equipe de educação ambiental para realizar ações no município. Entre as ações, está prevista a apresentação de uma peça teatral, intitulada “O julgamento do boto”, que será apresentada no mercado municipal e nas regiões ribeirinhas.



Foto: Acervo BIOMA



Foto: Layane Maia

Enredo teatral GPMAZon

Narrador: – Senhoras e senhores, sejam bem-vindos à apresentação da peça “O julgamento do boto”. O dilema aqui apresentado começou com a seguinte história, que, acredito eu, seja uma velha conhecida de vocês... Era uma vez uma moça que estava tomando banho na beira do rio, quando, de repente, escuta um barulho: tchi-bum! Logo, ela se apressou em terminar seu banho e sair da água. Quando já estava se enxugando, depara-se com um homem vestido de branco e chapéu na cabeça. Nesse momento, ela é invadida por uma paixão súbita e entrega-se ao rapaz. Ao despertar, o homem já não estava mais lá. Dois meses se passaram. A moça começou a sentir enjoos e resolveu contar aos pais o que acontecera.

– Filho de boto? Eu não acredito nisso! Vou ser avô de boto? Eu hei de matar esse boto que lhe encantou, minha filha!

– Papai, era um homem tão formoso! Olhei aquele homem forte, todo de branco saindo da água, aí quando dei por mim, já tinha sido seduzida. Adormeci e, quando acordei, ele já tinha voltado pro fundo do rio.

Narrador: – Passados os 9 meses, a moça deu à luz a um bebê, que ficou conhecido na comunidade como o filho do boto. Por conta disso, esse caso foi levado a esse tribunal, com a acusação de ocasionar prejuízos aos pescadores ao rasgar as redes de pesca.

Narrador: – O réu é conhecido por diversos nomes nas regiões que habita. Algumas pessoas o chamam de boto-rosa, boto-vermelho, boto-malhado, boto-do-canal, ou simplesmente de boto. Ele é uma espécie de mamífero aquático que vive nos rios da Amazônia, possui corpo pesado e robusto, podendo chegar a 2,5m e a 180Kg.

Ele é acusado nesse julgamento de rasgar as redes dos pescadores, mundiar¹ mulheres e homens, levando alguns para o fundo do rio, perseguir e derrubar canoas, e tirar a paz de muitos moradores ribeirinhos.

Narrador: – Que a primeira testemunha de acusação se aproxime, pode entrar pescador de malhadeira!

1 Termo usado como sinônimo de seduzir.

Pescador de malhadeira: – Ele é culpado! Todas as vezes que eu saio pra pescar e coloco a minha rede, ele vem me atazanar! Ele bagunça a malhadeira da gente, aí a gente tem prejuízo. Quando ele toca na malhadeira, faz um buraco. Aí o cara tem um trabalho pra consertar, ou quando não, ele tem que comprar outra. Ele não deixa a gente trabalhar em paz! Uma vez, ele rasgou minha rede, aí eu dei uma arpoada² nele. Eu sei que, nesse dia, não consegui mais pescar. Ele ficou perseguindo a minha canoa, acabou com a minha pesca naquele dia. Ele é culpado! Por mim, pode condenar ele. Só serve pra causar prejuízo!

2 Ferir com arpão (instrumento pontiagudo de pesca, semelhante à lança).



Ilustração: Layane Maia e Anna Paula

Narrador: – Que se aproxime a segunda testemunha!

Mulher ribeirinha: – Esse boto é terrível! Todo mês que a mulherada está naqueles dias é um tormento! A gente não tem paz de tanta preocupação! Não pode nem sonhar em ficar perto do rio, porque o boto sabe que a mulher está menstruada. Ele malina com a mulher que está “naqueles dias”, faz dar dor de cabeça. Eles sentem quando a gente está de sangue, aí fica rodeando. Ele persegue o casquinho³ quando tem mulher nessas condições. Quando a gente vinha estudar de casquinho do interior pra cá, ele se atracava no fundo tentando alagar a gente, e ficava até a gente chegar na beira. Ele é horrível! Medo de boto? Eu tenho é pavor!

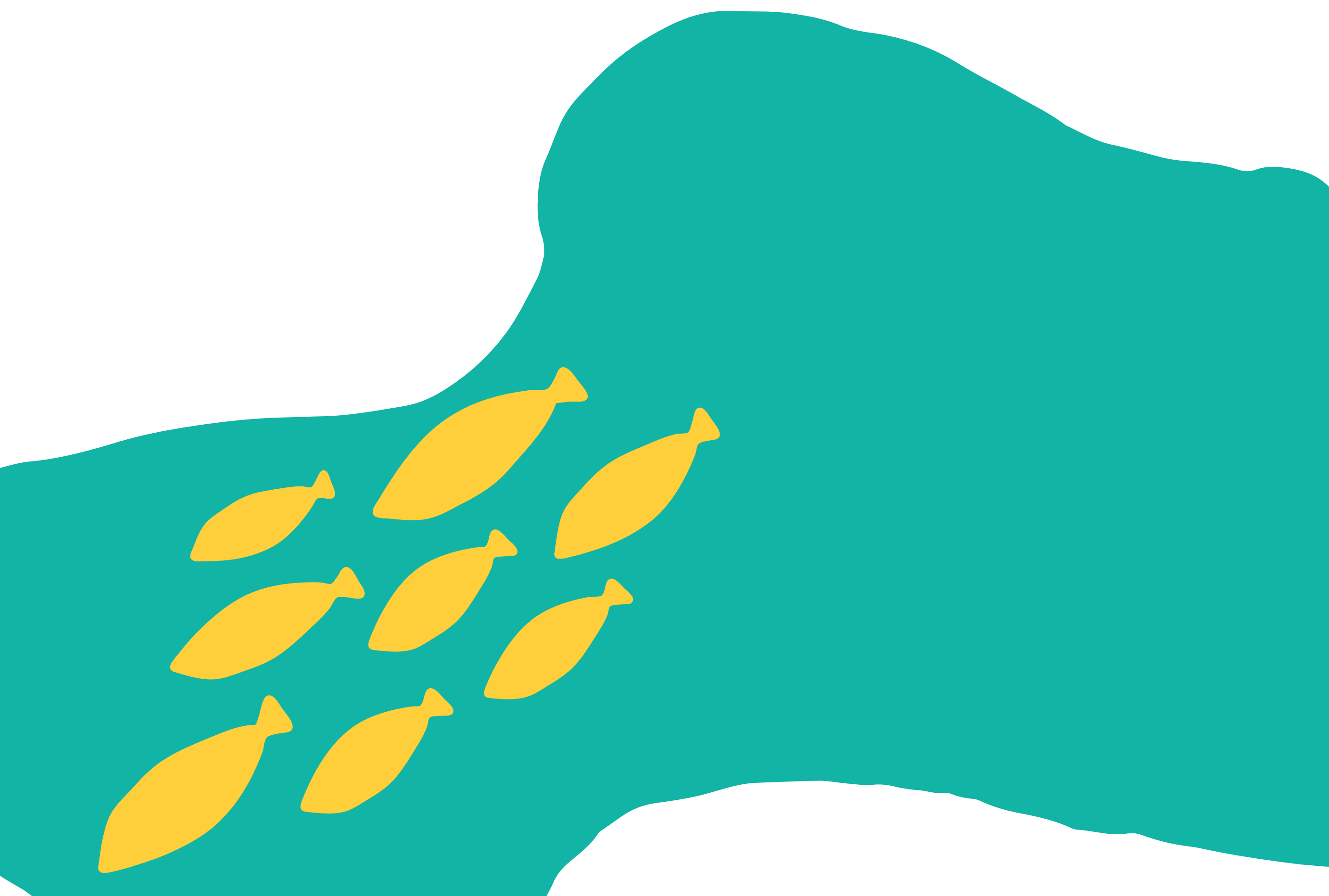
3 Termo sinônimo de canoa.



Ilustração: Layane Maia e Anna Paula

Narrador: – Que se apresente a última testemunha de acusação, o morador ribeirinho!

Ribeirinho: – Vou logo dizer pra vocês, esse animal é assombrado! A bôta quando está parindo, ela pari na terra. O choro do filhote é igual ao de uma criança. Uma vez, meu avô escutou esse choro na beira do rio e foi lá olhar. Quando ele chegou lá, viu um monte de roupa velha, tipo um ninho. Eu não sei onde a bôta pegou essas roupas, não sei se pegou no rio ou subiu para pegar na varanda ou quintal de alguém. Agora, com esse negócio de tecnologia e crescimento da cidade, diminuíram as histórias dessas assombrações. Mas posso dizer, que eles destroem uma família, eles destroem. Eu conheci um senhor, que ele não se aproxima (do boto). Ele teve um caso na família. O boto levou e assombrou a irmã dele. Ela sumiu, e quando ela voltou, voltou meio perturbada.





Narrador: – Agora, vamos às testemunhas de defesa!
Pode entrar, pescador de paredão!

Pescador de paredão: – Bom, pra mim, o boto é amigo! Ele me ajuda empurrando o pescado para o curral, aí eu dou peixe pra ele. Eu mesmo “crio” uma bôta no meu paredão. Acostumei ela e o filhote. Outra coisa, se não fossem os botos, não ia ter mais peixe no rio. Eles são importantes, pois eles controlam a quantidade de pescado, porque o pescador de malhadeira não pode deixar a rede um tempão no rio, malhando todos os peixes. Tendo o boto, eles controlam. Se hoje a gente ainda tem peixe no nosso rio Tocantins é graças ao boto, que não deixa levarem todos os peixes do rio, aí dá tempo de eles procriarem.





Ilustração: Layane Maia e Anna Paula

Narrador: – Agora, vamos chamar a segunda testemunha de defesa. Pode entrar, feirante do mercado!

Feirante do mercado: – Gente, precisamos salvar os nossos botos! Eles são o orgulho dessa cidade! As pessoas se divertem com isso aqui. Já mandaram até equipe de televisão internacional pra cá. A aproximação deles com os seres humanos é muito bacana! Não tem malinência. Nunca ouvi falar que eles morderam ou bateram em alguém. Salvem os botos! Vamos proteger nossos botos!





Ilustração: Lagane Maia e Anna Paula

Narrador: – Já estamos chegando na parte final do julgamento, deixe entrar a última testemunha de defesa, a cientista.

Cientista: – Eu e meu grupo estudamos esses animais há anos. Eles realmente são animais muito inteligentes, assim como os demais mamíferos aquáticos. O comportamento e a inteligência deles geram curiosidade, o que, por vezes, pode ser mal entendido pelas pessoas. Eles são animais muito curiosos, e devido a esta curiosidade, eles tendem a se aproximar das pessoas e canoas, mas esse é o comportamento natural deles, não é maldade. Outra questão é que esses animais são o topo da cadeia alimentar, então eles mantêm o equilíbrio do ambiente aquático. Também quero destacar que muitos casos de estupro são encobertos ao ser atribuído ao boto a paternidade da criança e o abuso sexual.

Narrador: Conhecidos os fatos, convocamos o júri a se posicionar em defesa ou em acusação do boto. Convocamos você como jurado! Então, qual seria o seu posicionamento diante do caso?

Imagine que você, assistindo à peça, na plateia, foi convocado para integrar o júri, qual seria seu posicionamento diante do julgamento?



Competências e habilidades

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o termo competência é definido “[...] como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2017, p. 8).

O documento da BNCC define dez competências gerais que devem ser trabalhadas ao longo da educação básica. Nesse planejamento, a competência geral trabalhada é a de número 7, que prevê a argumentação. Segundo ela, é preciso:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. (BRASIL, 2017, p. 9).

É importante destacar que o estudo de caso “O julgamento do boto” é apenas um modelo, portanto, pode ser adaptado a partir do 9º ano, em diferentes níveis de ensino. Não aconselhamos esse material para os anos anteriores, devido à complexidade exigida, e conteúdos contemplados pela BNCC para cada ano.

Se aplicado para turmas de 9º ano, os objetos de conhecimento contemplados são as ideias evolucionistas e preservação da biodiversidade. Com relação às habilidades desenvolvidas, destacam-se: Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica; Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

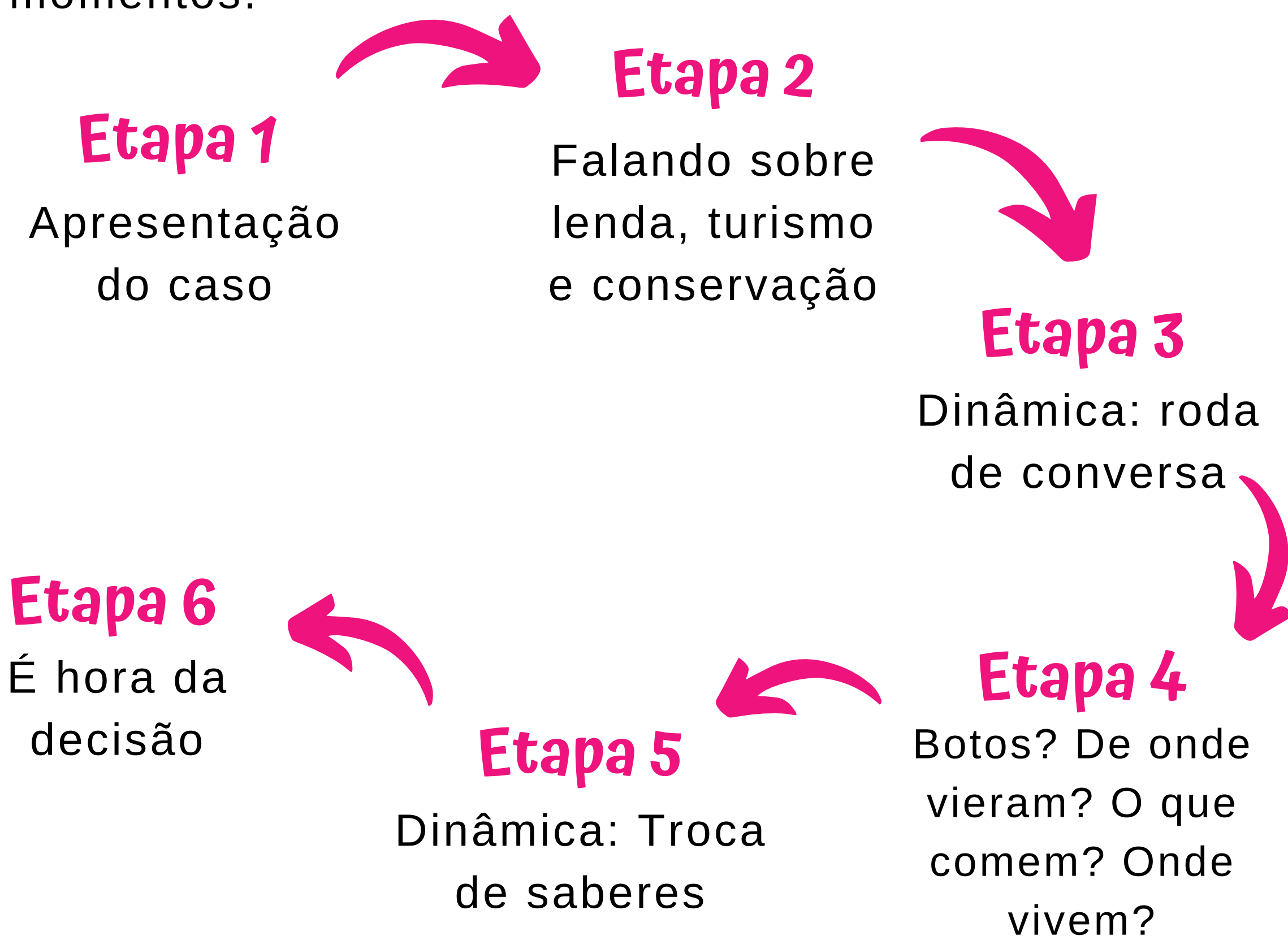
Caso esse estudo de caso seja aplicado no ensino médio, a BNCC pontua três competências específicas para essa etapa. A competência específica contemplada aqui é a de número dois, que prevê “analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis”. A habilidade necessária é “justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade considerando parâmetros qualitativos e quantitativos e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta” (BRASIL, 2017, p. 553).



Proposta de aplicação

Como proposta de aplicação, sugerimos a apresentação do caso no início do plano de aula, no entanto, a solução/resposta do caso dar-se-á somente na etapa final do processo. O desenvolvimento da presente proposta teve o objetivo de aprofundar as discussões com os alunos, conduzindo-os na construção argumentativa para o posicionamento final solicitado no caso.

As etapas posteriores à aplicação do caso foram desenvolvidas para fomentar nos alunos um olhar à espécie a partir do seu valor de existência, de forma a questionar a visão utilitarista dos animais. Diante desse posicionamento, todas as etapas seguintes à aplicação do caso são norteadas pelas narrativas das testemunhas, problematizando os possíveis desdobramentos de cada narrativa. Na imagem abaixo, estão esquematizadas as etapas planejadas para o desenvolvimento do estudo de caso, dividido em seis momentos.



Etapa 1

Professor, a etapa introdutória trata-se da apresentação do plano de trabalho e aplicação do caso. Você poderá iniciar explicando um pouco da metodologia que será usada e, logo em seguida, apresentar o caso aos alunos. A leitura do caso pode ser feita individualmente, em pequenos grupos ou pelo professor. Após a leitura, o professor poderá questionar os alunos sobre suas opiniões acerca do caso, dos aspectos que chamaram atenção e eventuais questionamentos.

Etapa 2

Intitulada “Falando sobre lenda, turismo e conservação”, essa etapa visa trabalhar as problemáticas relacionadas à narrativa do boto e a relação com o abuso sexual de mulheres; a busca por produtos com órgãos e tecidos; relação humano-boto e o turismo desordenado, o trabalho dos pesquisadores. Para isso, sugerimos que os alunos assistam alguns vídeos (em anexo) sobre a lenda do boto, turismo na Amazônia, conservação da espécie e impactos antrópicos. Esse momento visa trazer os relatos narrados pelas testemunhas de acusação apresentadas no caso para preparar o caminho rumo à terceira etapa.

Etapa 3

A dinâmica "Roda de conversa" objetiva um momento de diálogo a partir da exposição dos vídeos da etapa anterior. É importante que o professor levante questões sobre a narrativa do boto e suas consequências em relação ao abuso sexual; caça/procura por órgãos e tecidos da espécie; as controvérsias sociocientíficas acerca das relações homem-boto; e os esforços dos pesquisadores para o estudo dos botos. É fundamental que o professor solicite a participação dos alunos sempre mediando a conversa para que os pontos citados acima sejam discutidos em sala de aula.

Etapa 4

É intitulada "Botos? De onde vieram? O que comem? Onde vivem", propõe uma abordagem mais biológica relacionada à evolução, à ecologia e às ameaças para conservação. A proposta de trabalho é a leitura do material de apoio do aluno (página 39). O material contém espaços para anotações, que serão preenchidos, mediante a solicitação do professor, por mapas mentais, esquemas e eventuais dúvidas dos estudantes. A construção desses esquemas vai ser fundamental para a etapa subsequente.

Etapa 5

Para esse momento, sugerimos a dinâmica “Troca de saberes”. O objetivo é que os alunos compartilhem os conhecimentos adquiridos através da leitura do material didático. Os mapas mentais construídos na etapa anterior subsidiarão a discussão entre os estudantes e o professor. Todos terão a oportunidade de dividir os pontos que mais chamaram atenção, suas anotações, dúvidas. Esse é um momento de construção e aprendizagem coletiva. É importante que o professor faça questionamentos e comentários sobre os aspectos da evolução, ecologia e conservação.

Etapa 6

A última etapa é a resposta dos alunos acerca da pergunta feita ao final do caso. Os alunos apresentarão seu posicionamento e argumentos aos colegas. Para isso, será necessário que eles mobilizem os conhecimentos trabalhados na etapa anterior. Aqui finaliza a proposta de aplicação, mas o plano de ensino pode continuar. Após a etapa, os alunos podem ser convidados para reproduzir o enredo teatral e apresentarem seu posicionamento à comunidade escolar.



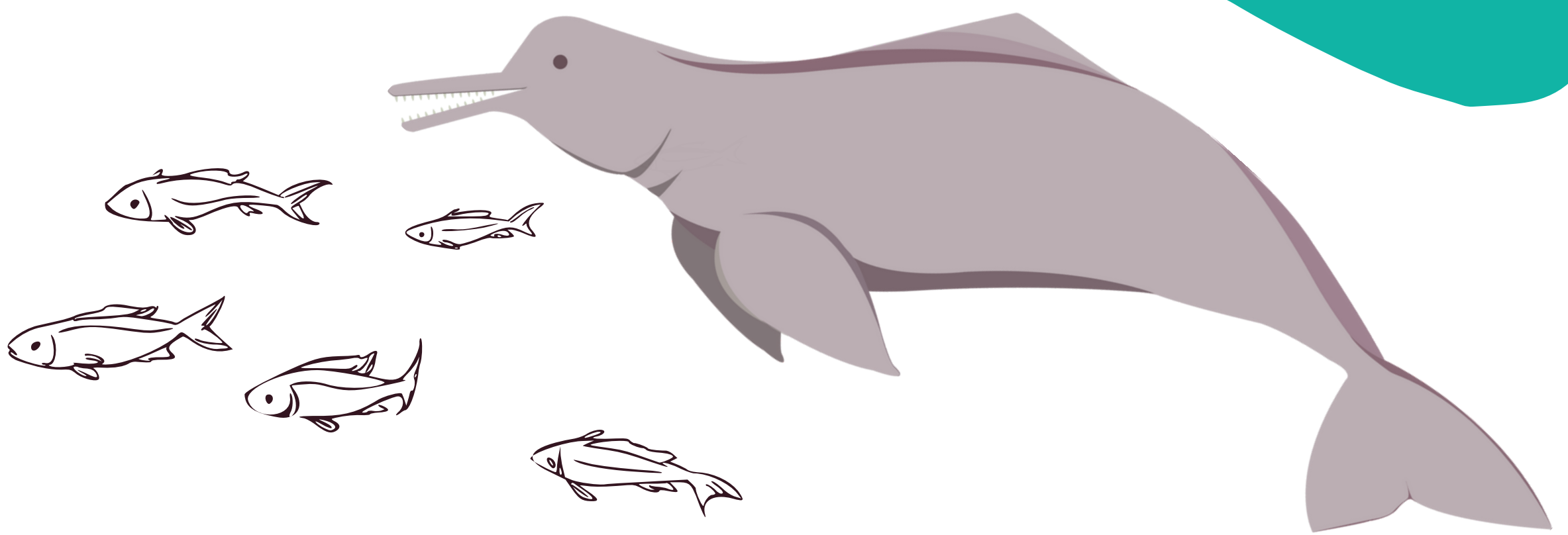
Material de apoio do aluno



Olá, aluno(a), este material foi produzido especialmente para você. Nele, abordaremos o boto e o grupo ao qual essa espécie pertence, sua evolução e principais características. Aqui vão algumas orientações para guiar a sua leitura e aprendizado.

Ilustração: Banco de Imagem Canva

- 1) Marque todas as palavras ou expressões que você não conhece
- 2) Ao longo do material, vão ter alguns espaços para você fazer esquemas/desenhos da sua compreensão do texto. Preencha esses espaços como se fosse um lembrete de estudo.
- 3) Anote suas dúvidas, pois elas serão discutidas em sala de aula.
- 4) Por último, mas não menos importante: aproveite esse momento para conhecer mais sobre o universo encantador dos botos.

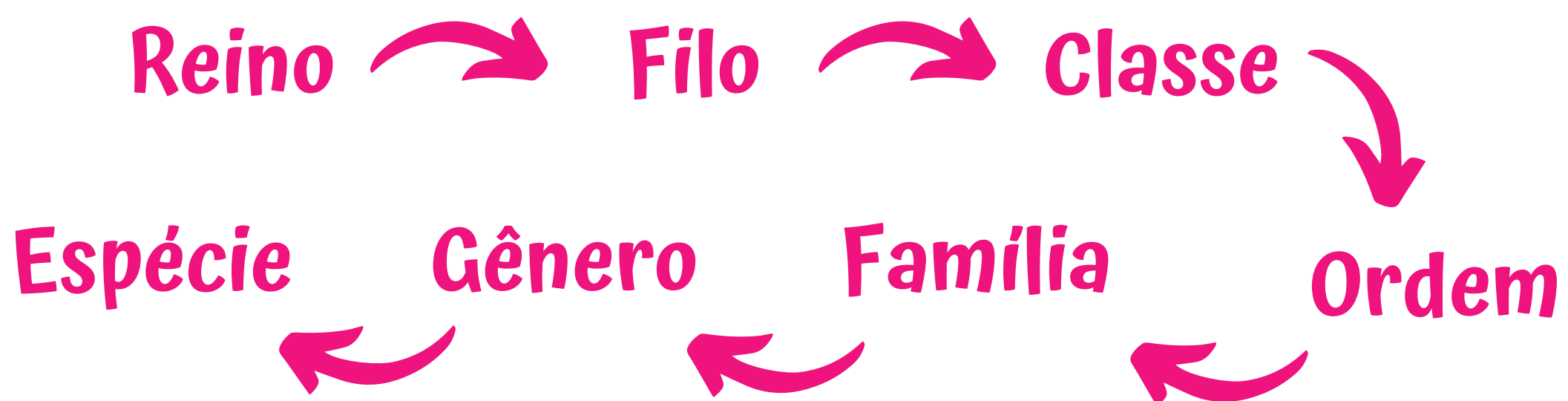


O boto é um mamífero aquático, pertencente ao grupo dos cetáceos. Os cetáceos ou Cetacea compreende um grupo taxonômico ao qual pertencem os botos, golfinhos e baleias. Esses animais, com os sirênios (Peixe-boi), são os únicos mamíferos totalmente adaptados para o meio aquático.

O grupo dos cetáceos é o grupo mais diversificado e mais bem-adaptado entre os mamíferos aquáticos, possuindo 89 espécies descritas. Eles estão amplamente distribuídos, com representantes em todos os oceanos, alguns mares e bacias hidrográficas na Ásia e América do Sul. O grupo está dividido em três Superfamílias: Mysticeti (cetáceos com barbatanas – baleias); Odontoceti (cetáceos com dentes) e Archeoceti (baleias arcaicas – extintas aproximadamente 25 milhões de anos atrás).

Você sabe como os organismos são classificados de acordo com a biologia?

O sistema de classificação biológica, também denominado taxonomia, serve para organizar os seres vivos em categorias, de acordo com as relações de parentesco evolutivo. As categorias taxonômicas desse sistema são:



Por fazerem parte de um grupo taxonômico, os cetáceos possuem algumas características compartilhadas, a saber:

- Corpo fusiforme;
- Membros anteriores modificados em nadadeiras peitorais (para auxiliar nas manobras durante o nado e equilíbrio corporal);
- Regressão dos membros pélvicos (apenas com ossos pélvicos vestigiais);
- Presença de nadadeira caudal na horizontal (para auxiliar na propulsão da água);
- Perda do pavilhão auricular; internalização de apêndices externos (órgãos genitais e glândulas mamárias);

- Ausência de pelo na fase adulta (somente com vibrissas em algumas espécies);
- Camada de gordura bem desenvolvida (é por ela que é feito o isolamento térmico, podendo ter até 50 cm, além de auxiliar na flutuabilidade e reserva energética);
- Orifício nasal deslocado ao topo da cabeça;
- Adaptações fisiológicas do sistema respiratório e circulatório, o que permite longos períodos de mergulho.

**Como funcionam os
5 sentidos dos
cetáceos?**



Ilustração: Banco de Imagem Canva

Com relação aos órgãos do sentido, o grupo evoluiu com adaptações ao ambiente aquático, que são bem distintas dos parentes terrestres. Dessa forma, a visão, o tato, a audição, o paladar e o olfato também evoluíram nesse novo ambiente.

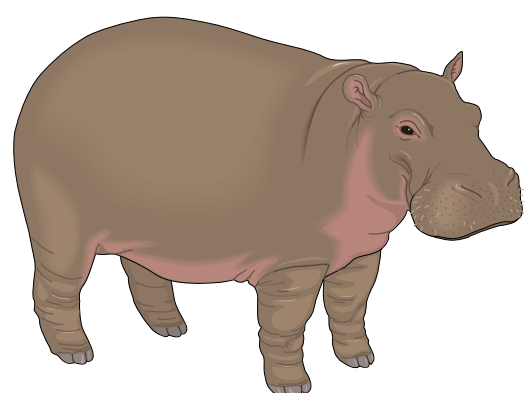
Visão: é bastante desenvolvida, com musculatura ocular potente, principalmente para fazer mergulhos em locais onde a luminosidade é baixa. Eles não possuem glândulas lacrimais.

Tato: também é muito desenvolvido. Seu sistema de terminações nervosas ao longo do corpo atua como um sensor de pressão. Algumas regiões possuem mais terminações, como o espiráculo (orifício respiratório no topo da cabeça), que serve para sinalizar a respiração quando estão no meio aéreo.

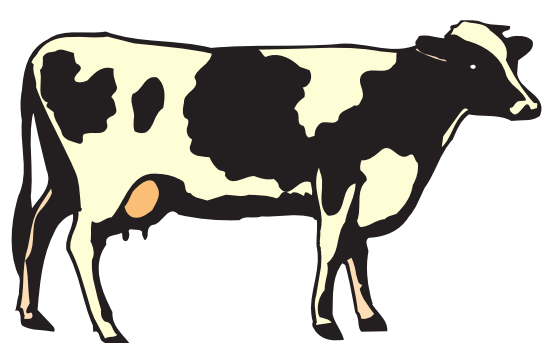
Audição: os cetáceos possuem audição muito aguçada. Seu ouvido consegue escutar uma quantidade de sons muito maior do que o ouvido humano é capaz de ouvir. Eles não possuem cordas vocais e os sons emitidos por eles são formados a partir de canais respiratórios. A recepção do som é canalizada do ambiente para o ouvido médio através da maxila inferior. Assim, eles conseguem se orientar a partir das ondas sonoras. Os sons emitidos pelos cetáceos são objeto de estudo de pesquisadores que trabalham com bioacústica e servem para diferenciar indivíduos e grupos.

Paladar e olfato: os cetáceos possuem poucos receptores olfativos. De acordo com os estudos científicos, não existem evidências de que consigam detectar odores debaixo da água. Com relação ao paladar, eles têm preferências por determinados tipos de peixes, no entanto, alguns autores defendem a ausência de papilas gustativas.

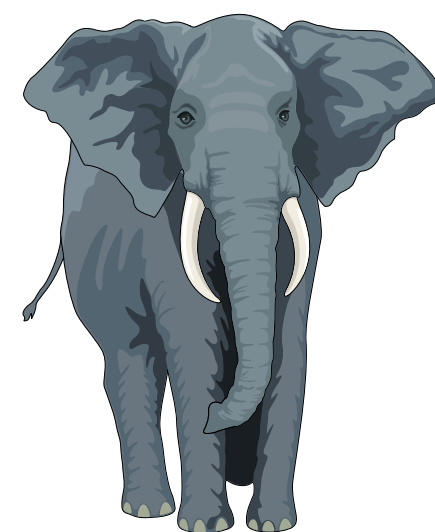
Você sabe quem é o parente mais próximo dos cetáceos?



a) Hipopótamo



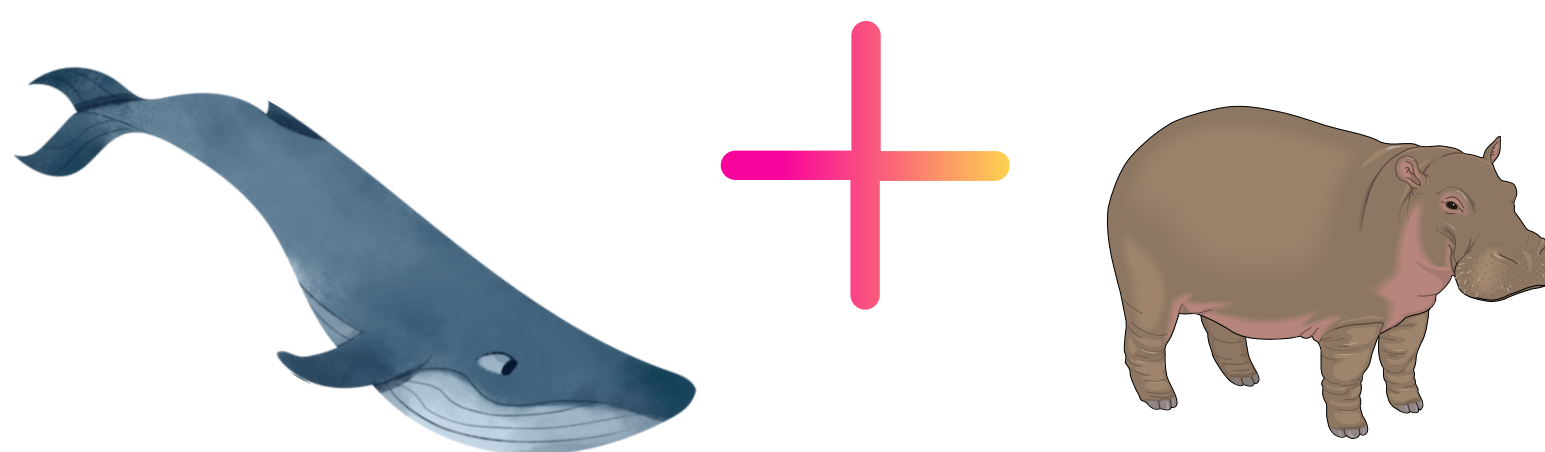
b) Vaca/Boi



c) Elefante

Ilustração: Banco de imagem Canva

A evolução dos cetáceos se deu a partir de animais terrestres há cerca de 60 milhões de anos. Estudos moleculares apontam que seu parente terrestre mais próximo é o hipopótamo. Por isso, houve a união das ordens Cetacea e Artiodactyla (ordem onde estão inseridos os hipopótamos) em uma única ordem – Cetartiodactyla. A partir de então, Cetacea virou uma Infraordem.



Cetartiodactyla

Ilustração: Banco de imagem Canva

Um ponto importante para a compreensão de como aconteceu a evolução dos cetáceos veio a partir de análises de fósseis do tornozelo de baleias ancestrais. A partir desses estudos, foi sugerido que uma família enigmática e pouco conhecida de mamíferos de casco, os Raoellidae, estava intimamente relacionada aos cetáceos e hipopótamos. A confirmação dessa hipótese veio com a descoberta de um fóssil mais completo.

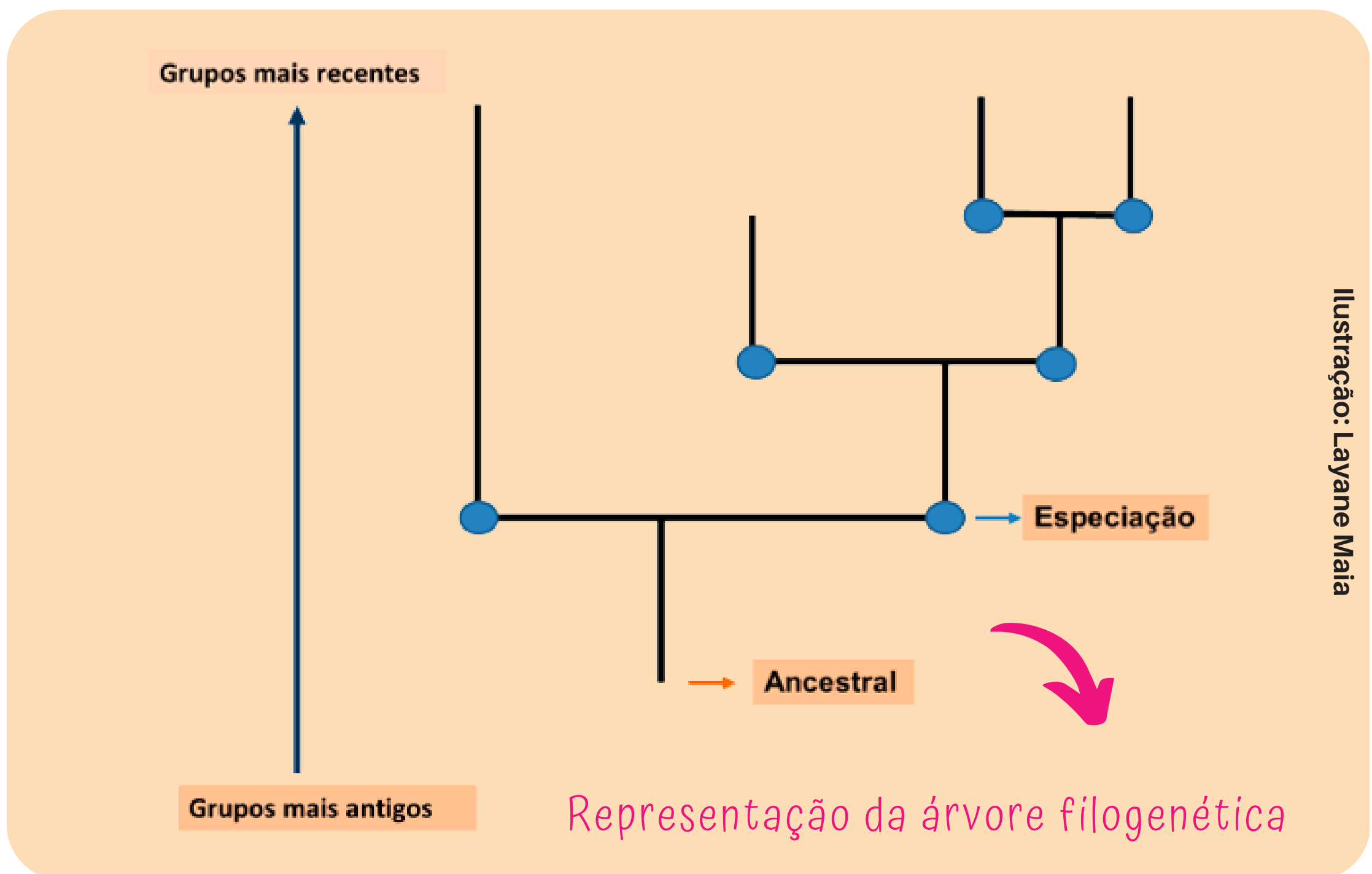
Representação
de Raoellidae



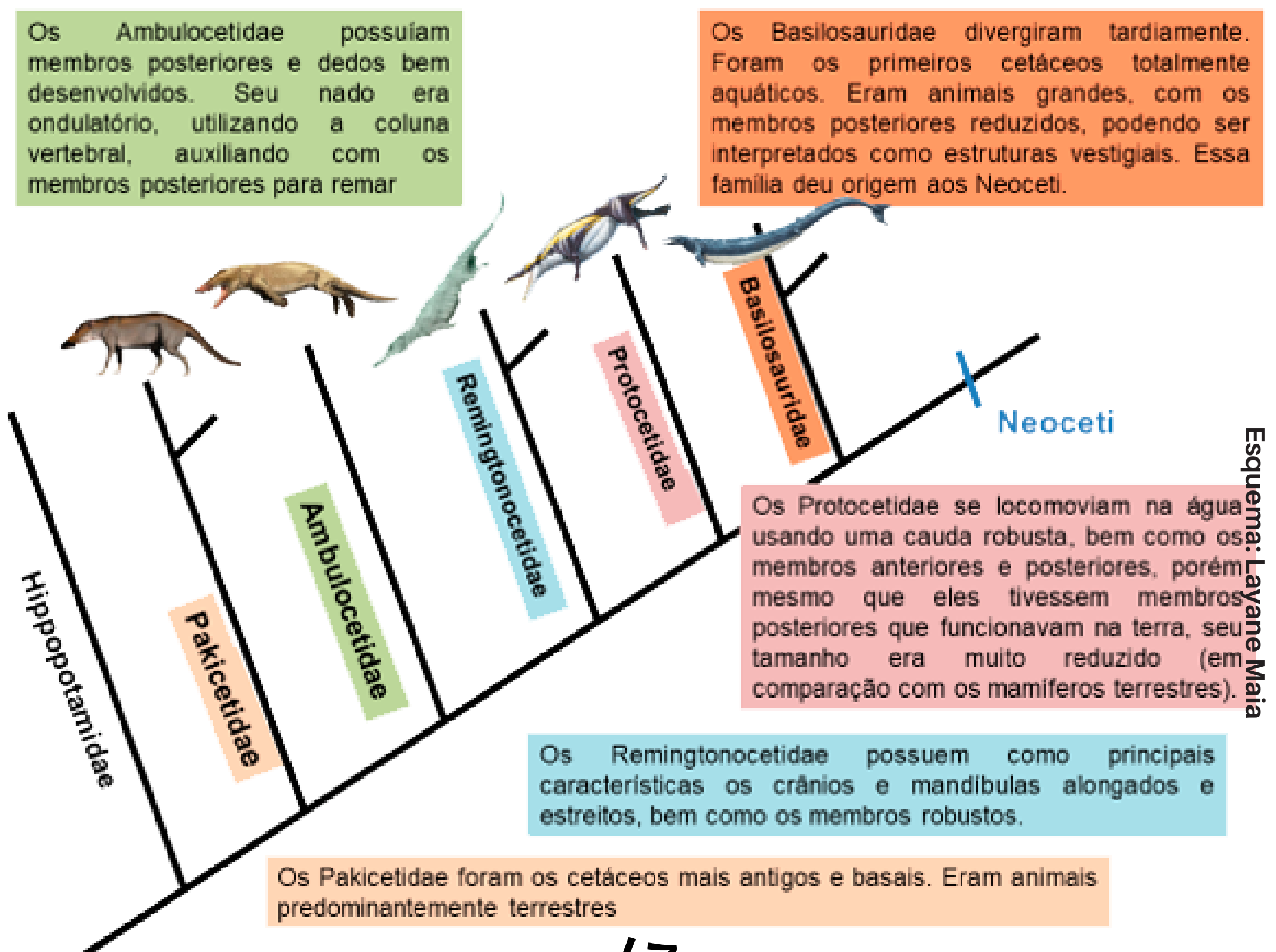
Como a evolução dos animais é estudada?

Filogenia é o ramo da biologia que estuda as relações evolutivas entre os organismos, buscando entender a história evolutiva desde os ancestrais até os indivíduos mais recentes. Para demonstrar as relações evolutivas, são utilizadas árvores filogenéticas. Essas árvores precisam ser lidas da base para as extremidades, indicando que a base trata de histórias mais antigas e a base de histórias mais recentes de um determinado grupo.

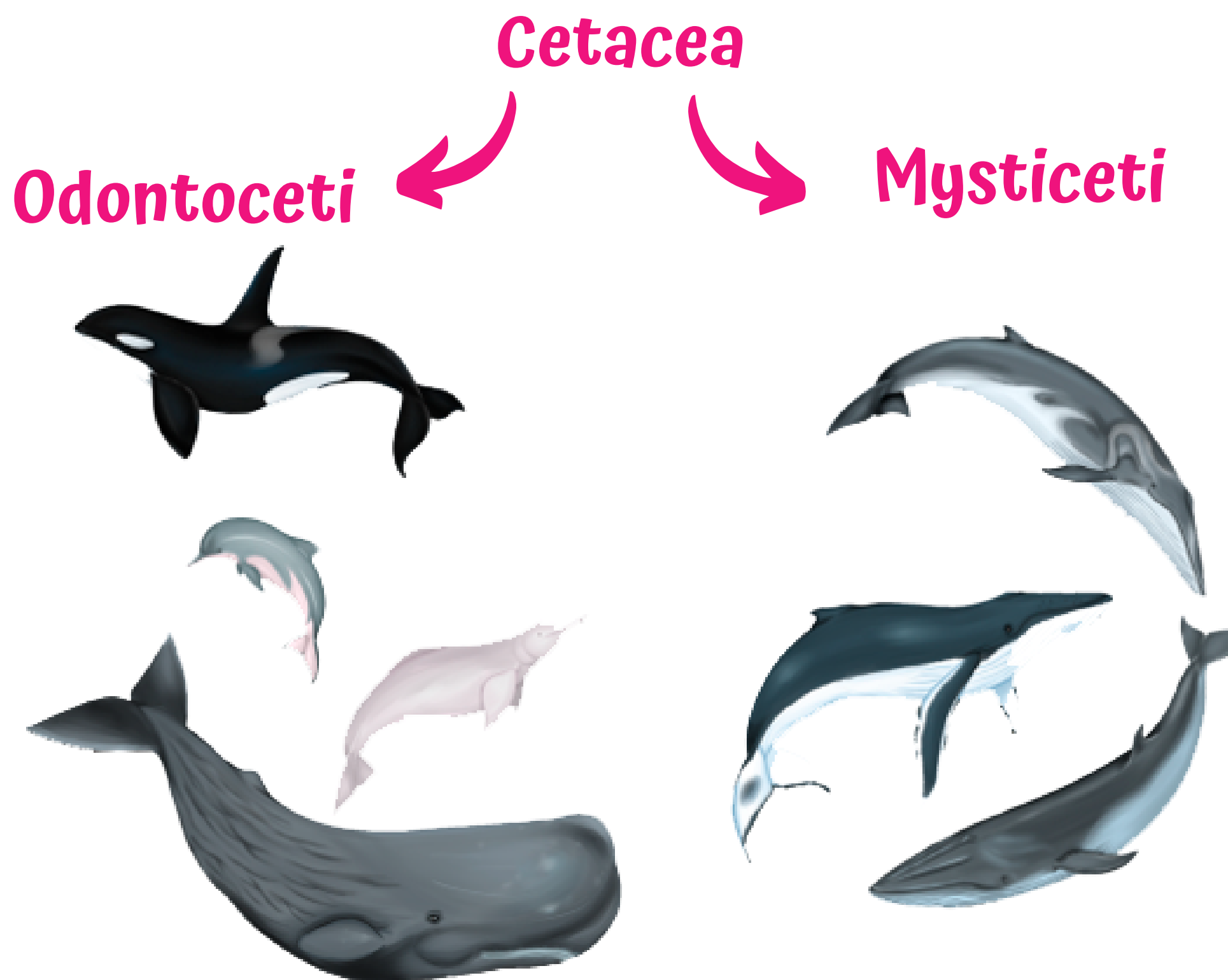
Frequentemente, as árvores filogenéticas são formadas por pontos de ramificação (como se fossem os ramos de uma árvore). Cada ponto desse indica o surgimento de uma nova espécie (especiação).



Os cetáceos primitivos, os arqueocetos, são classificados dentro de cinco famílias, a saber: Pakicetidae, Protocetidae, Ambulocetidae, Remingtonocetidae e Basilosauridae. Acredita-se que a transição da vida na terra para a vida no mar ocorreu dentro dos arqueocetos no período do eoceno, antes dos cetáceos modernos surgirem.



A partir de agora, entenderemos como os cetáceos modernos, chamados neoceti, evoluíram dos basilosaurídeos, chegando nos dois grupos atuais (Mysticeti e Odontoceti).



Os Mysticetos é o grupo das baleias verdadeiras. São diferenciados pela presença de barbatanas (aparato alimentar onde houve a perda dos dentes e o surgimento de placas triangulares de quitina, fixadas na mandíbula superior), que servem para filtrar o alimento da água, e dois orifícios respiratórios no topo da cabeça. Embora este grupo inclua os maiores animais do planeta terra, com comprimento variando entre 6 e 30m, eles se alimentam basicamente de zooplâncton e de pequenos cardumes localizados nas primeiras camadas da superfície do mar. Um comportamento que chama atenção dos pesquisadores são as vocalizações emitidas por estes animais, que são os sons em baixas frequências emitidas pelos mysticetos.

O nome Odontoceto é de origem grega, em que odonto (ὀδόντο) significa "dente" e cetos (κῆτος), grande animal marinho. Então, uma das características principais do grupo é a presença de dentes; bem como a presença de um único orifício respiratório; sistema de ecolocalização e uma estrutura gordurosa na região frontal da cabeça. São animais que se alimentam principalmente de peixes e cefalópodes, exceto algumas espécies com hábitos carnívoros. Os odontocetos têm a maior diversidade de espécies (75 espécies), estando divididas em 10 famílias.

Agora é a sua vez!

Construa um esquema que demonstre o que mais te chamou atenção até agora, o que você entendeu da leitura e eventuais dúvidas.

O boto da Amazônia

O boto é o maior de todos os golfinhos de rio. Eles são conhecidos por diversos nomes ao longo de sua distribuição, tais como: boto-vermelho, boto-rosa, boto-malhado, boto e boto-branco. No Brasil, foram identificadas três espécies de botos, distribuídas em três diferentes bacias.



Ilustração: Adaptada de <http://river-dolphins.com>

Embora em algumas regiões os animais sejam conhecidos como boto-rosa, a verdade é que a coloração varia com a idade, o sexo, a região geográfica e a atividade. Os animais mais jovens possuem coloração mais acinzentada, com tom mais pálido, tornando-se mais rosado, conforme vão envelhecendo.

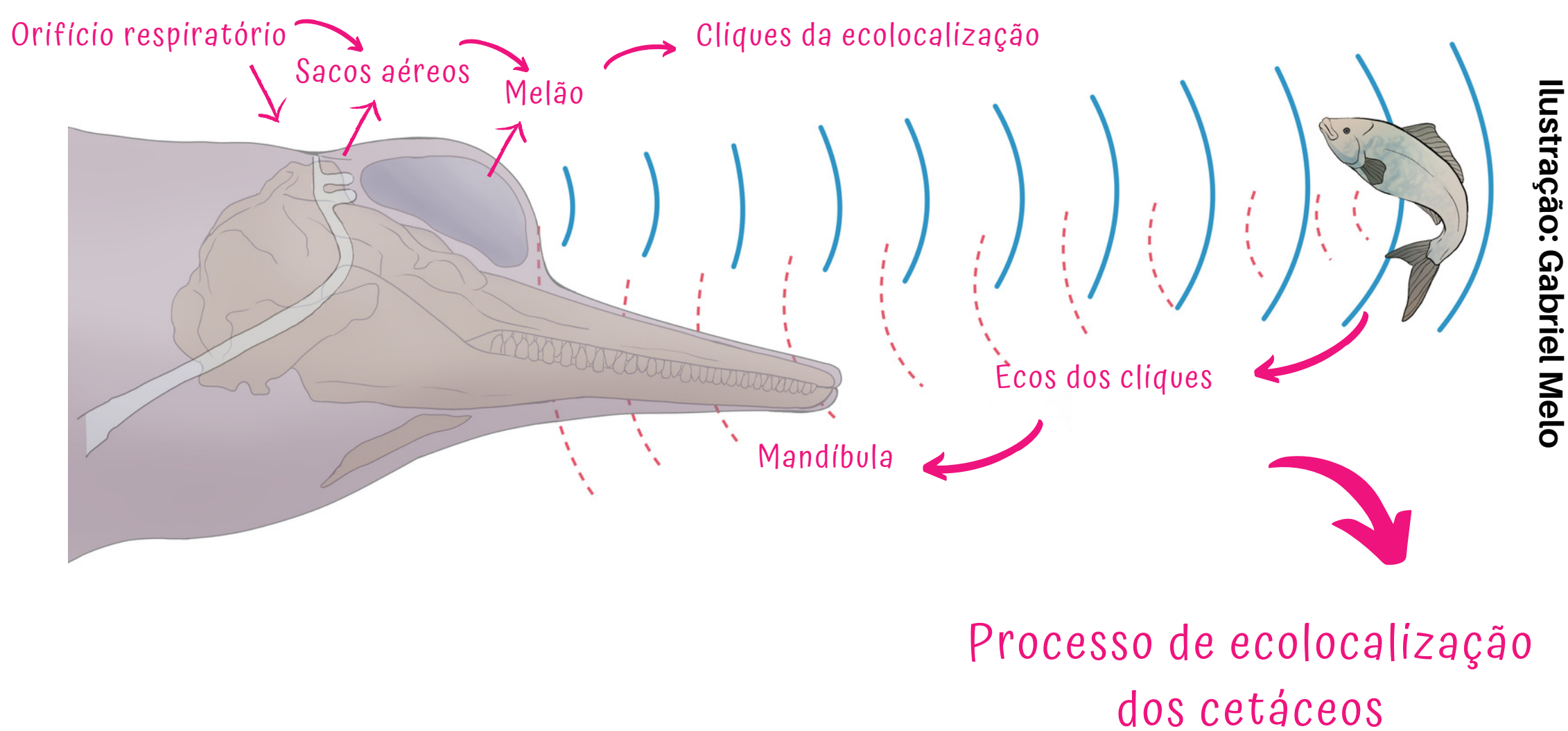
Entre as características corpóreas, o gênero *Inia* possui em comum o corpo pesado, podendo chegar a 2,5m e 180 kg, robusto e bastante flexível, sendo possível a movimentação da cabeça em todas as direções e em ângulos maiores, bem como realização de giros e curvatura corporal. Seu corpo possui nadadeira caudal larga e em formato triangular. As nadadeiras peitorais são largas e grandes, semelhantes ao formato de um remo. A nadadeira dorsal é longa e baixa. Possuem o rostro ("bico") comprido e fino, os olhos pequenos, mas com refinamento visual dentro e fora da água. Também apresentam uma estrutura chamada melão, que é responsável pela ecolocalização.



Foto: Wolfgang Dreier

A ecolocalização é um sistema acústico que possibilita que os cetáceos com dentes (odontocetos) “enxerguem” o ambiente através do som, por isso eles se adaptaram tão bem aos rios escuros e turvos da Amazônia. Esse mecanismo permite o mapeamento do ambiente e a presença de outros animais. É por esse mecanismo que eles detectam os obstáculos, a distância, o tamanho e a densidade de qualquer objeto.

Durante a ecolocalização, o som é produzido em estruturas chamadas sacos aéreos e depois é direcionado pelo melão, estrutura de tecido adiposo (gorduroso) localizada na frente da cabeça. O som é emitido para a água e os ecos produzidos são refletidos e captados por um tecido especial na mandíbula, transmitido para o ouvido interno e depois para o cérebro, onde serão interpretados.



Essa fantástica evolução permitiu que esses animais usassem as propriedades físicas do som a seu favor, já que, no meio aquático, ele se propaga com uma velocidade 4 vezes maior que no ar. Sendo assim, os sons emitidos pelos odontocetos permitem que eles enxerguem o ambiente e se comuniquem.

Por conta de todas essas especializações, esses animais se adaptaram muito bem na bacia amazônica. No entanto, atualmente, o grupo encontra-se ameaçado por conta da captura direta e acidental em redes de pesca. A construção de hidrelétricas também é um fator de risco ao grupo, pois ocasiona redução da quantidade de alimento e isolamento populacional.

Outro aspecto que chama atenção em relação ao comportamento desses animais é que eles aceitam aproximação e interação com humanos. As atividades que envolvem essa interação chamam atenção da mídia e dos turistas, no entanto, estudos apontam os riscos envolvendo o nado e a alimentação induzida dos turistas com os animais, o que pode desencadear alterações, tais como: aumento dos níveis de hormônios ligados ao estresse; mudanças no comportamento natural dos animais; e prejuízos à saúde, atrelados ao risco de doenças transmitidas entre humanos e animais.

Com relação aos desafios para conservação, os maiores riscos ao grupo são o desmatamento, a ocupação antrópica ao longo das margens do rio e a construção de hidrelétricas ao longo da bacia. Outras atividades humanas podem afetar a qualidade dos rios, como mineração, poluição por metais pesados. É estimado um declínio populacional de pelo menos 50% nos próximos 31 anos.

Você sabia?

Atualmente, existem cerca de 304 barragens projetadas para a região Amazônica, sendo que 46 já estão construídas e as demais estão inventariadas nos estados do Amapá, Amazonas e Tocantins.

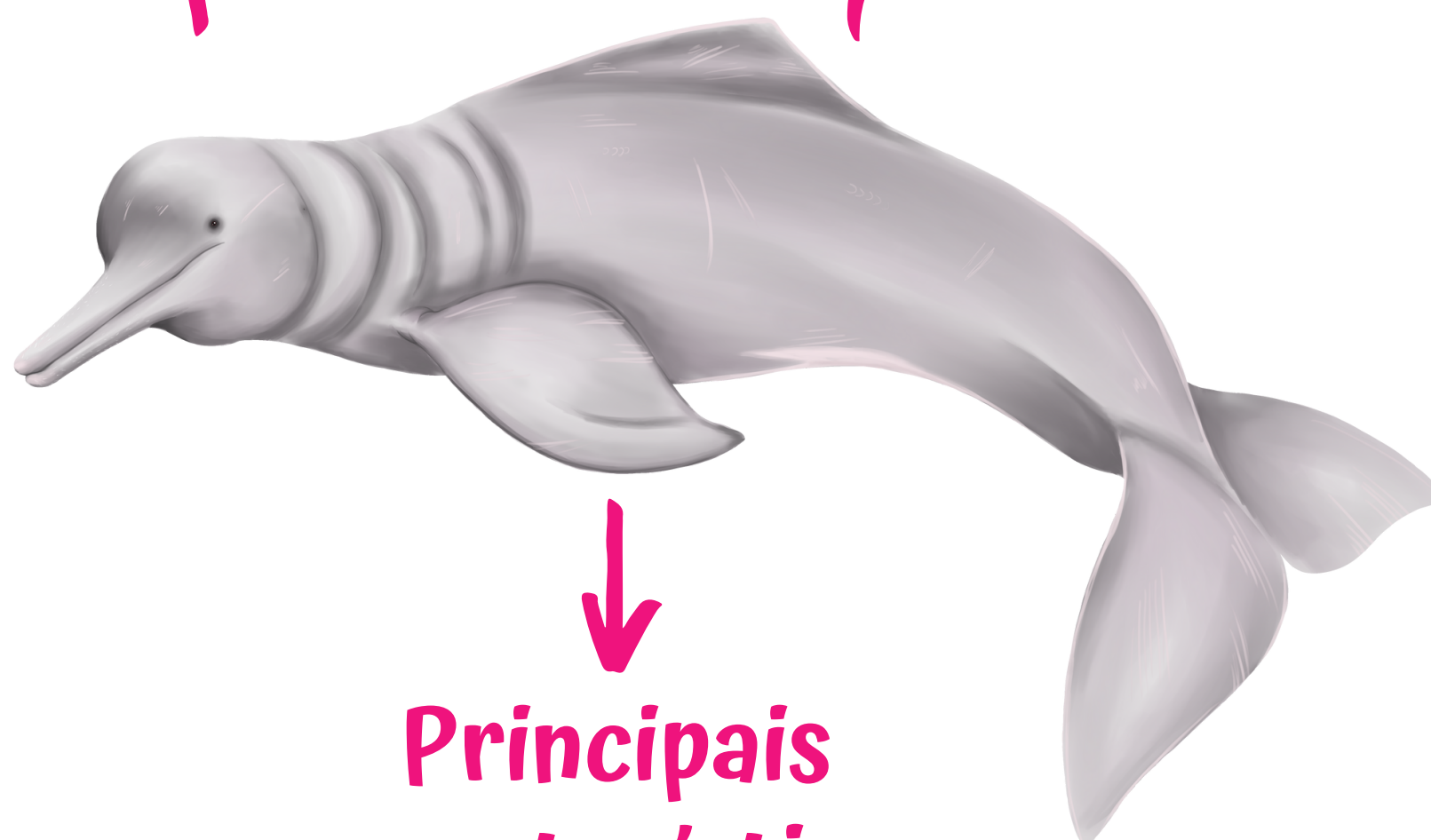
Agora é a sua vez!

Construa um esquema que demonstre o que entendeu sobre os tópicos, as palavras-chave destacadas. Aproveite esse espaço para anotar eventuais dúvidas. Depois, complete as caixas, nomeando as partes corporais do boto.

Ecolocalização



Ameaças para conservação



Principais características



Ilustração: Gabriel Melo

Agora é a sua vez!

Nomeie as partes do animal:

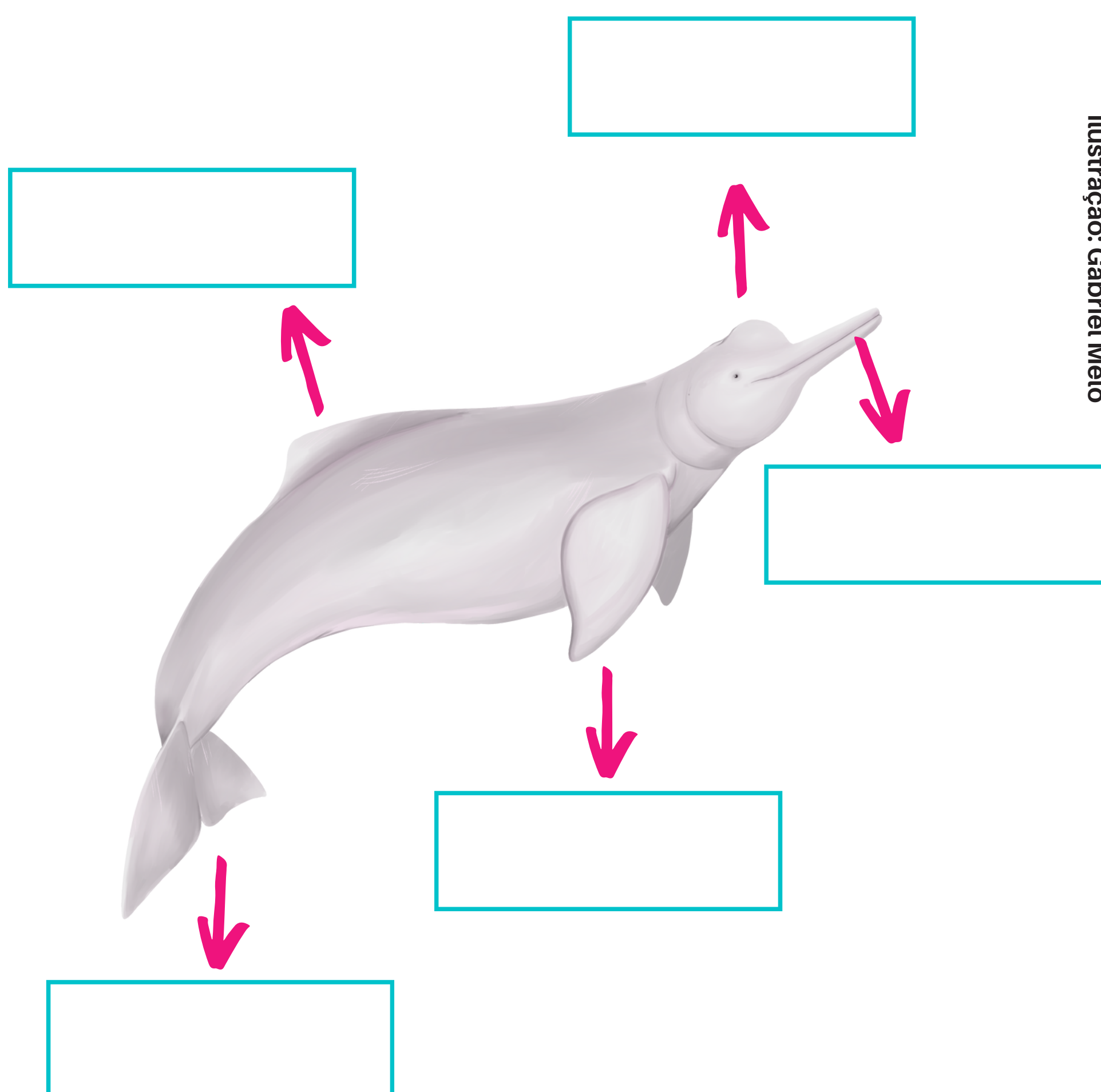


Ilustração: Gabriel Melo



Material de apoio do professor

Professor, neste estudo de caso, abordaremos o boto e o grupo ao qual essa espécie pertence, sua evolução e principais características. É um material mais aprofundado, mas muito importante de ser estudado para o desenvolvimento da disciplina.



O boto é um mamífero aquático, pertencente aos cetáceos. Os cetáceos, ou Cetacea, compreende um grupo taxonômico ao qual pertencem os botos, golfinhos e baleias. Eles, com os sirênios (Peixe-boi), representam os únicos mamíferos totalmente adaptados para o meio aquático (BERTA, 2015; COZZI, 2016).

Cetacea é o grupo mais diversificado e mais bem-adaptado entre os mamíferos aquáticos, com 89 espécies descritas (MCGOWEN, 2019). Eles estão amplamente distribuídos, com representantes em todos os oceanos, alguns mares e bacias hidrográficas na Ásia e América do Sul. O grupo está dividido em três Superfamílias: Mysticeti (cetáceos com barbatanas – baleias), Odontoceti (cetáceos com dentes) e Archeoceti (baleias arcaicas – extintas aproximadamente 25 milhões de anos atrás).

Professor, aproveite essa etapa do texto para trabalhar o sistema de classificação da biologia. Você pode abordar algumas questões da taxonomia a respeito da forma com que os animais são agrupados e classificados. Aproveite e mostre, em um panorama mais geral, onde os cetáceos estão agrupados.

Por fazerem parte de um grupo taxonômico, os cetáceos possuem algumas características compartilhadas (LODI, 2013; BERTA, 2015), que são:

- Corpo fusiforme;
- Membros anteriores modificados em nadadeiras peitorais (para auxiliar nas manobras durante o nado e equilíbrio corporal);
- Regressão dos membros pélvicos (apenas com ossos pélvicos vestigiais);
- Presença de nadadeira caudal na horizontal (para auxiliar na propulsão da água);
- Perda do pavilhão auricular; internalização de apêndices externos (órgãos genitais e glândulas mamárias);
- Ausência de pelo na fase adulta (somente com vibrissas em algumas espécies);
- Camada de gordura bem desenvolvida (é por ela que é feito o isolamento térmico, podendo ter até 50 cm, além de auxiliar na flutuabilidade e reserva energética);
- Orifício nasal deslocado ao topo da cabeça;
- Adaptações fisiológicas do sistema respiratório e circulatório, o que permite longos períodos de mergulho.

Com relação aos órgãos do sentido, o grupo evoluiu com adaptações ao ambiente aquático, que são bem distintas dos parentes terrestres. Dessa forma, a visão, o tato, a audição, o paladar e olfato também evoluíram nesse novo ambiente.

Visão: é bastante desenvolvida, com musculatura ocular potente, principalmente para fazer mergulhos em locais onde a luminosidade é baixa. Eles não possuem glândulas lacrimais (MASS; SUPIN, 2018).

Tato: também é muito desenvolvido, cujo sistema de terminações nervosas ao longo do corpo atua como um sensor de pressão. Algumas regiões possuem mais terminações, como o espiráculo (orifício respiratório no topo da cabeça), que serve para sinalizar a respiração quando estão no meio aéreo (KOOYMAN; PONGANIS, 2018).

Audição: os cetáceos possuem audição muito aguçada. Seu ouvido consegue escutar uma quantidade de sons maior do que o ouvido humano é capaz de ouvir. Eles não possuem cordas vocais e os sons emitidos por eles são formados a partir de canais respiratórios. A recepção do som é canalizada do ambiente para o ouvido médio através da maxila inferior. Assim, eles conseguem se orientar a partir das ondas sonoras. Os sons emitidos pelos cetáceos são objeto de estudo de pesquisadores que trabalham com bioacústica e servem para diferenciar indivíduos e grupos (NUMMELA; YAMATO, 2018).

Paladar e olfato: os cetáceos possuem poucos receptores olfativos. De acordo com os estudos científicos, não existem evidências de que consigam detectar odores debaixo da água. Com relação ao pa-

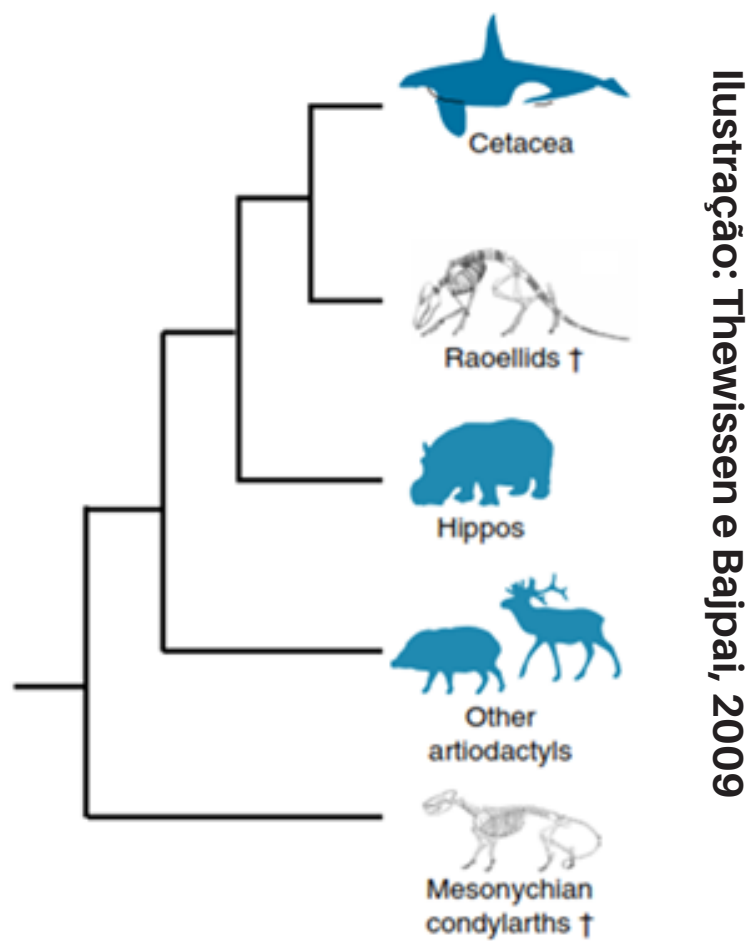
ladar, eles têm preferências por determinados tipos de peixes, no entanto, alguns autores defendem a ausência de papilas gustativas (COZZI et al., 2016).

A evolução dos cetáceos se deu a partir de ungulados terrestres há cerca de 60 milhões de anos. Estudos moleculares apontam que seu parente terrestre mais próximo é o hipopótamo. Desse modo, houve a união das ordens Cetacea e Artiodactyla (ordem onde estão inseridos os hipopótamos) em uma única ordem – Cetartiodactyla (WÜRSIG, 2017; MCGOWEN, 2019). Assim, os cetáceos ficaram agrupados na Infraordem Cetacea.

Professor, mostre aos alunos que, dentro do sistema de taxonomia, os cientistas definem subgrupos de classificação, como aconteceu na ordem Cetacea, que virou uma Infraordem.

Pistas importantes vieram a partir de análises de fósseis do tornozelo de baleias ancestrais. Eles sugeriram que uma família enigmática e pouco conhecida, de mamíferos de casco uniforme, os Raoellidae, estava intimamente relacionada ao clado dos cetáceos e hipopótamos. Essa hipótese foi espetacularmente corroborada pela descoberta de material fóssil mais completo do raoelídeo *Indohyus*, que, como cetáceos, possui uma bolha grossa e densa que envolve a orelha média (THEWISSEN et al., 2007). Análises que integram dados moleculares, com os dados morfológicos de táxons existentes e extintos, agora encontram o parente mais próximo de Cetacea, os extintos Raoellidae. No nível de família mais próxima existente, estão os Hippopotamidae (GATESY et al., 2013).

Embora tenham sido feitos importantes progressos na compreensão da filogenia por Cetartiodactyla, ainda restam questões. As relações entre as famílias existentes de Cetartiodactyla são obtidas majoritariamente por dados moleculares e, em muitos casos, conflitam com dados morfológicos.



Cladograma representando a relação dos cetáceos e seus parentes terrestres mais próximos.

Na última década, foi unânime a opinião entre os paleontologistas de que os ancestrais dos cetáceos vieram a partir dos mesoniquídeos, um grupo extinto de ungulados que viviam no Hemisfério Norte durante o Paleoceno-Oligoceno precoce (BIANUCCI; LANDINI, 2016). As afinidades entre os cetáceos e os mesoniquídeos foram deduzidas principalmente pelas características da dentição e região auricular. Entretanto, há um conflito entre os dados moleculares e morfológicos, uma vez que os mesoniquídeos eram semelhantes aos primeiros ancestrais dos cetáceos nas características dentárias e do ouvido. Contudo, faltavam as características do tornozelo de Cetartiodactyla, que possui morfologia única e em todos os membros do grupo, exceto nos cetáceos, que não têm os membros posteriores (apenas estruturas vestigiais) (GEISLER, 2018).

Dessa forma, a maioria dos estudos concluiu que os mesoniquídeos não são cetartiodáctilos, mas essa conclusão é sensível à amostra de caracteres e táxons considerados (SPAULDING et al., 2009).

Professor, fale acerca do estudo da filogenia. Explique como funciona a leitura da árvore filogenética e de como os cientistas conseguem classificar os seres vivos conforme a sua evolução.

Os arqueocetos são divididos em cinco ou seis famílias, a saber: Pakicetidae, Protocetidae, Ambulocetidae, Remingtonocetidae e Basilosauridae (Dorudontinae, às vezes é reconhecida como uma família separada) (MARX et al., 2016).



Reconstituição dos archeocetos que viveram no Eoceno. No sentido horário a partir do topo: basilossaurídeo Dorudon; ambulocetídeo Ambulocetus; pakicetídeo Pakicetus; remingtonocetídeo Kutchicetus; e protocetídeo Rodhocetus.

Os Pakicetidae foram os cetáceos mais antigos e basais. Eles viveram desde o início do Eoceno no Paquistão e na Índia. Dessa forma, foram inseridos nos

Archeoceti por uma característica encontrada na região auditiva que sugere que seus ouvidos tinham adaptações para audição subaquática, porém, mesmo com essas adaptações auditivas, eles ainda eram animais predominantemente terrestres (BERTA, 2005).

Os Ambulocetidae também é uma família de Archeoceti. Uma das descobertas é de um cetáceo primitivo, o *Ambulocetus natans* que viveu no início do Eoceno no Paquistão. Possuíam membros posteriores e dedos bem desenvolvidos. Seu nado era ondulatório, utilizando a coluna vertebral, auxiliando com os membros posteriores para remar, semelhante ao nado das lontras. Os membros anteriores também eram desenvolvidos, com flexibilidade nos dedos, pulsos e cotovelos. Estimativas apontam que esses animais pesavam entre 141 e 235 kg (BERTA, 2005; MARX et al., 2016).

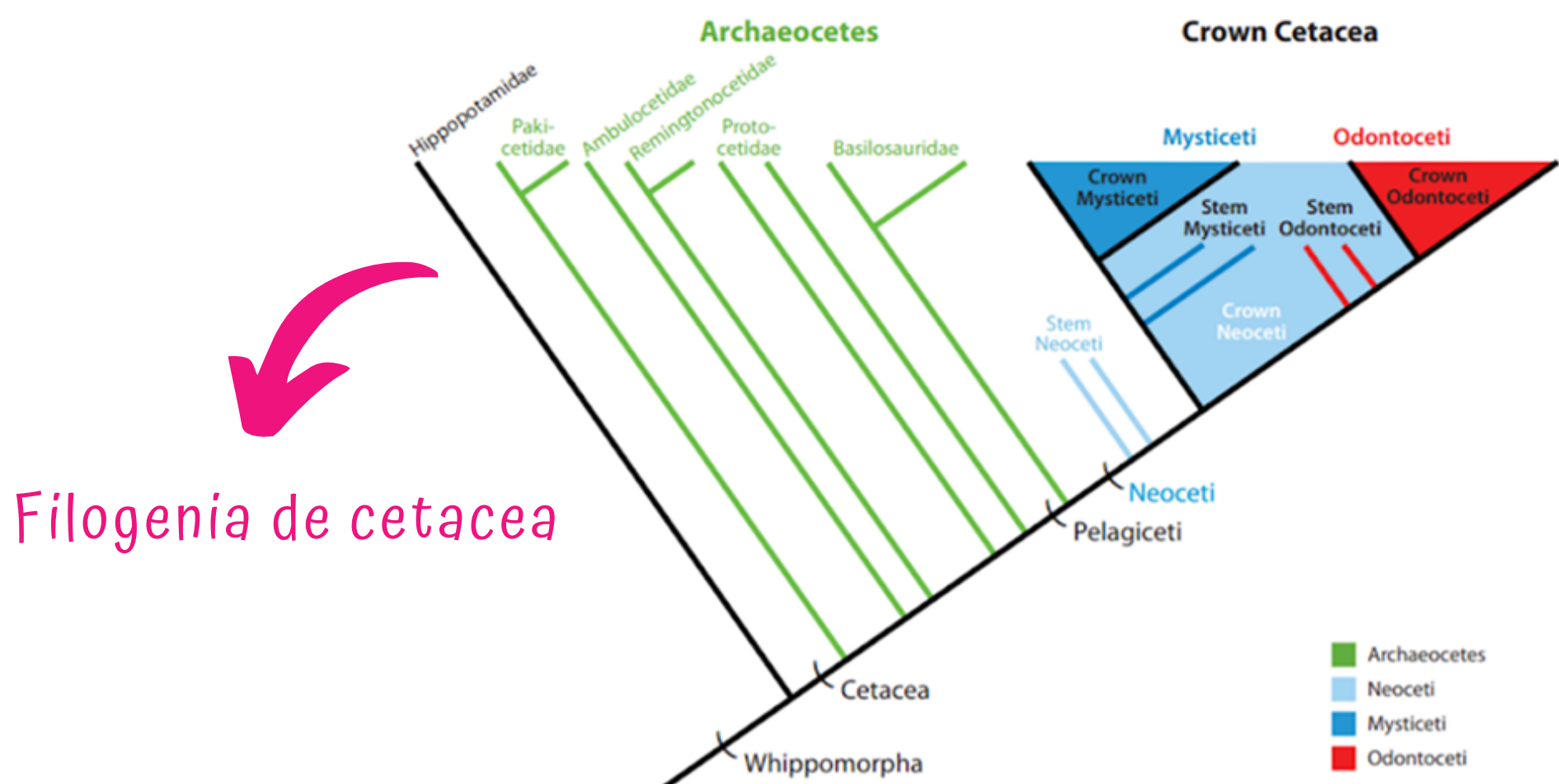
Os Protocetidae incluem os gêneros de *Rodhocetus*, *Artiocetus*, *Indocetus*, *Babiacetus*, *Takracetus* e *Gaviacetus* da Índia-Paquistão; *Protocetus* e *Eocetus* do Egito; *Pappocetus* da África; *Georgiacetus*; e *Natchitochia* do sudeste dos Estados Unidos. Os ossos encontrados de partes dos esqueletos de *Rodhocetus* e *Artiocetus* sugerem que os protocetídeos se locomoviam na água usando uma cauda robusta, bem como os membros anteriores e posteriores (GINGERICH et al., 2001). É importante pontuar que, embora Protocetidae apresente membros posteriores que funcionavam na terra, seu tamanho era muito reduzido (em comparação com os mamíferos terrestres).

Os Remingtonocetidae são um clado que viveu no início do Eoceno na região da Índia-Paquistão. Nessa família, estão os gêneros de Remingtonocetus, Dalanistes, Andrewsiphius, Attockicetus e Kutchicetus. As principais características dessa família são os crânios e mandíbulas alongados e estreitos, bem como os membros robustos. Características morfológicas das mandíbulas sugerem uma dieta de presas aquáticas e a presença de um ouvido médio grande indica especializações para audição subaquática (BERTA, 2005).

A família Basilosauridae divergiu tardiamente, sendo os primeiros cetáceos totalmente aquáticos. Acredita-se que essa família originou tanto os odontocetos quanto os misticetos (UHEN, 2007). Em ambos os grupos, as narinas externas continuaram migrando para o topo do crânio, entre as costas e atrás dos orbitais oculares. Os basilosaurídeos eram animais grandes, com os membros posteriores reduzidos, podendo ser interpretados como estruturas vestigiais (BERTA, 2005).

Dentro dessa família, são incluídos 11 gêneros, divididos em três subfamílias: Dorudontinae, Basilosaurinae e Kekenodontinae. Porém, são apontados dois grupos principais: Basilosaurinae e Dorudontinae. Os basilosaurinae eram animais com tronco comprido e vértebras alongados, chegando a 25m de comprimento. Já os Dorudontinae eram animais menores, sem as vértebras alongadas e ecologicamente mais diversificados que os basilosauríneos (BERTA, 2005). Acredita-se que essa subfamília deu origem aos Neoceti (UHEN, 2010).

A transição de vida na terra para a vida no mar ocorreu dentro dos arqueocetos no Eoceno, antes dos cetáceos modernos evoluírem dos arqueocetos, há cerca de 34 milhões de anos (UHEN, 2010). Durante o Oligoceno, as baleias antigas coexistiram com os primeiros representantes neoceti (grupo taxonômico que compreende os dois clados vivos de Cetacea). Já no final do Mioceno, a maioria das famílias modernas de cetáceos se originaram e a maioria das formas arcaicas se extinguíram. A diversidade de baleias atingiu o pico no final do Mioceno médio e depois caiu em direção ao mioceno mais recente, produzindo a fauna de cetáceos atuais.



Fonte: Uhen, 2010

A partir de agora, entenderemos como os cetáceos atuais, chamados neoceti, evoluíram a partir dos basilosaurídeos, chegando nos dois grupos atuais. Nesse momento, a Infraordem Cetacea é dividida em duas Superfamílias: Mysticeti e Odontoceti.

Os Mysticetos é o grupo das baleias verdadeiras, diferenciados pela presença de barbatanas (aparato alimentar onde houve a perda dos dentes e o surgimento de placas triangulares de quitina, fixadas na mandíbula superior), que servem para filtrar o alimento da água; dois orifícios respiratórios no topo da cabeça. O grupo possui quatro famílias. Embora este grupo inclua os maiores animais do planeta terra, com comprimento variando entre 6 e 30m, eles se alimentam basicamente de zooplâncton e de pequenos cardumes localizados nas primeiras camadas da superfície do mar. Um comportamento que chama atenção dos pesquisadores são as vocalizações emitidas por estes animais, que são os sons em baixas frequências emitidas pelos mysticetos. É a passagem do ar pelos orifícios respiratórios.

O nome odontoceto é de origem grega, em que odonto (ὀδόντο) significa "dente" e cetos (κῆτος), grande animal marinho. Então, uma das características principais do grupo é a presença de dentes; bem como a presença de um único orifício respiratório; sistema de ecolocalização e uma estrutura gordurosa na região frontal da cabeça. São animais que se alimentam principalmente de peixes e cefalópodes, exceto algumas espécies com hábitos carnívoros. Os odontocetos têm a maior diversidade de espécies (75 sp.), estando divididas em 10 famílias.

Quanto às ameaças para a conservação, podemos citar algumas: captura acidental, tanto nas redes de pesca comercial como nas redes de pesca artesanal; colisão e atropelamento; caça cultural e comercial; captura para indústria do cativeiro; degradação de habitat, poluição física e química; poluição sonora, que afeta diretamente os cetáceos devido ao seu sistema auditivo mais complexo; turismo, que, se ocorrer de forma desregrada, pode comprometer comportamentos de alimentação, cuidado parental e relações sociais (REEVES et al., 2003).

Professor, a partir de agora, será dada ênfase ao boto da Amazônia, endêmico da bacia amazônica, pertencente à família Inidae, uma das 10 famílias de odontoceto. Trataremos de alguns aspectos da biologia e conservação da espécie, com algumas características compartilhadas entre os odontocetos.

O boto é o maior de todos os golfinhos de rio. Ele é conhecido por diversos nomes ao longo de sua distribuição, tais como: boto-vermelho, boto-rosa, boto-malhado, boto e boto-branco. Dentro da família, só existe um gênero – o *Inia* sp. São animais topo de cadeia alimentar (GOMEZ-SALAZAR, 2012). No Brasil, foram identificadas, a partir de análises genéticas e morfológicas, três espécies de botos pertencentes a este gênero, distribuídas em três diferentes bacias. A espécie *Inia geoffrensis* ocorre na bacia do Rio Amazonas (BEST E DA SILVA, 1989); a espécie *Inia boliviensis* possui área de ocorrência na bacia do Rio Madeira (GRAVENA, 2014); e *Inia araguaiaensis* ocorre na bacia dos Rios Tocantins-Araguaia (HRBEK, 2014).

Inia araguaiaensis

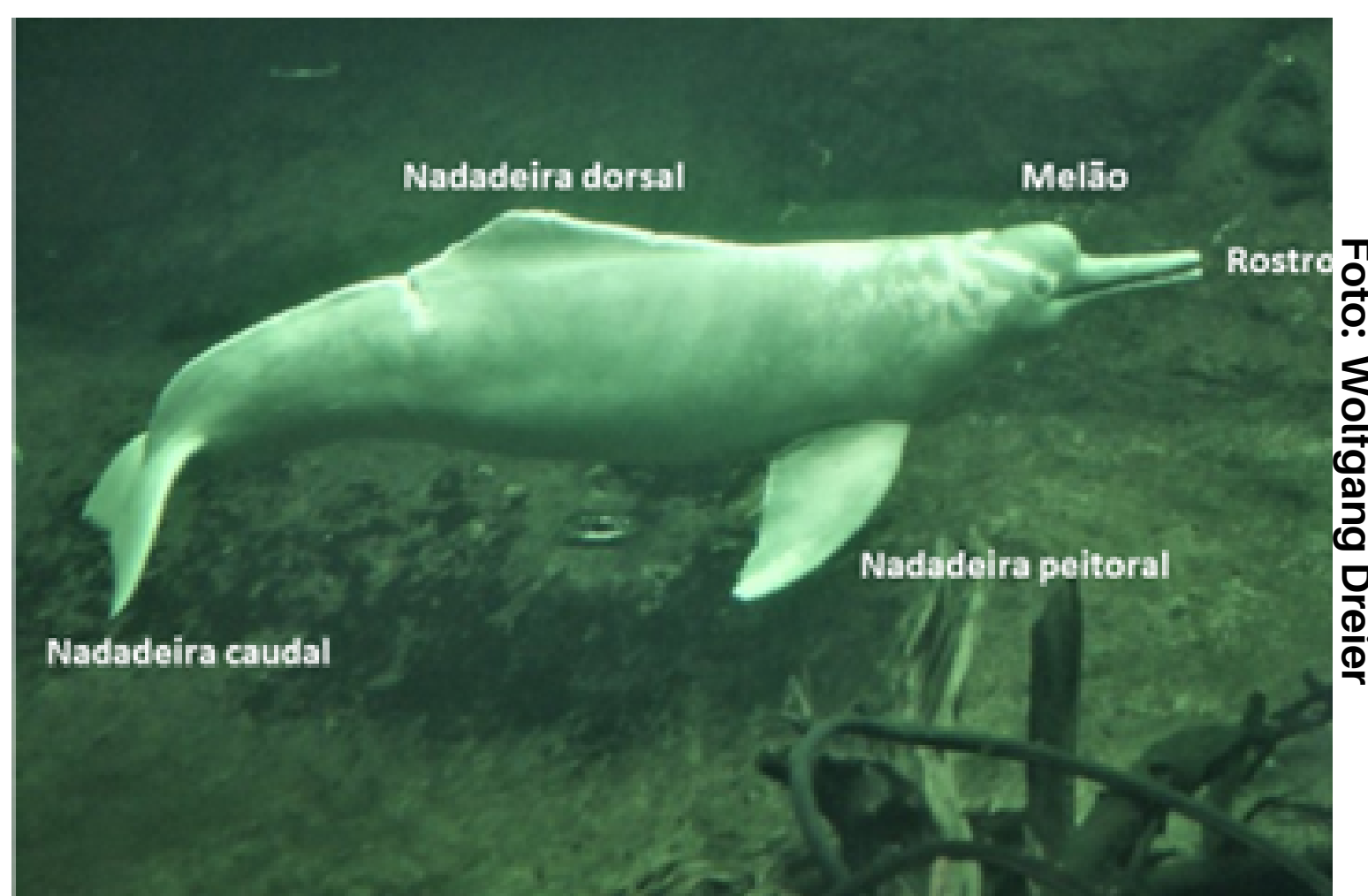


Foto: Layane Maia

Embora em algumas regiões os animais sejam conhecidos como boto-rosa, a verdade é que a coloração varia com a idade, a região geográfica e a atividade. Os animais mais jovens possuem coloração mais acinzentada, com tom mais pálido, tornando-se mais rosado, conforme vão envelhecendo, mas, geralmente, machos sexualmente ativos são mais rosados por conta da intensa despigmentação causada por abrasão e as cicatrizes ocasionadas pelo confronto com outros machos da espécie. Com relação à dieta, ela inclui peixes pequenos a grandes peixes-lisos, com mais de 1m de comprimento. Durante a busca de alimentos, eles podem adentrar por canais dos rios, planícies e florestas alagadas (DA SILVA, 2008).

Entre as características corpóreas, *Inia* sp. possui, em comum, o corpo pesado, podendo chegar a 2,5m e 180 kg, robusto e bastante flexível, justamente por conta da presença de sete vértebras cervicais não fusionadas, o que permite a movimentação da cabeça em todas as direções e em ângulos maiores, bem como realização de giros e curvatura corporal.

Possui nadadeira caudal larga e em formato triangular. As nadadeiras peitorais são largas e grandes, semelhantes ao formato de um remo. A nadadeira dorsal é longa e baixa, similar a quilha do barco, que se estende do centro do dorso até próximo do pedúnculo caudal. O rostro é comprido e esguio, com 24-34 dentes na região da mandíbula e maxila. Seus olhos são pequenos, mas com refinamento visual dentro e fora da água (DA SILVA, 2008; DA SILVA et al., 2018). O melão, estrutura responsável pela ecolocalização, é arredondado e pequeno.



A ecolocalização é um sistema acústico que possibilita que os cetáceos com dentes (odontocetos) “enxerguem” o ambiente através do som, por isso, eles se adaptaram tão bem nos rios escuros e turvos da Amazônia. Esse mecanismo permite o mapeamento do ambiente e a presença de outros animais. É por esse mecanismo que eles detectam os obstáculos, a distância, o tamanho e a densidade de qualquer objeto (SIMÕES-LOPES, 2005).

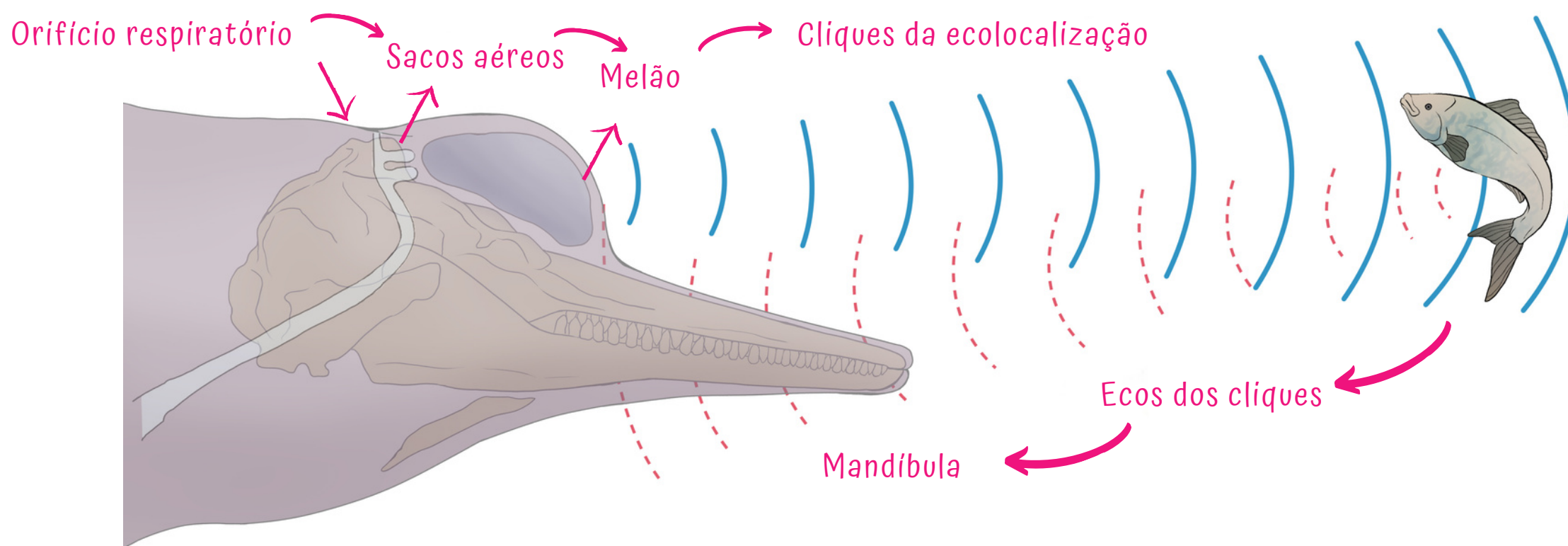


Ilustração: Gabriel Melo

Desenho esquemático do processo de ecolocalização, evidenciando as estruturas envolvidas na audição e produção do som de um odontoceto.

Durante a ecolocalização, é produzido o som em estruturas chamadas sacos aéreos. Lá, o som é amplificado e direcionado pelo melão, estrutura de tecido adiposo localizada na região frontal da cabeça, no alto do crânio. O som é emitido para a água e os ecos produzidos são refletidos e captados por um tecido especial dentro da mandíbula, que é transmitido para o ouvido interno e depois para o cérebro, onde serão interpretados.

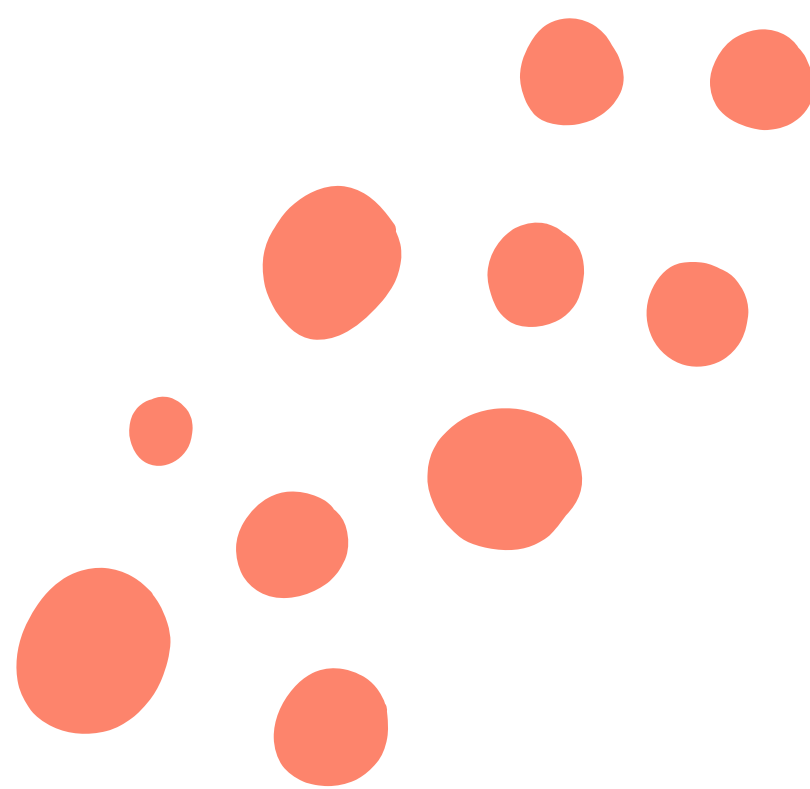
Essa fantástica evolução permitiu que esses animais usassem as propriedades físicas do som a seu favor, já que, no meio aquático, ele se propaga com uma velocidade 4,3 vezes maior que no ar. Sendo assim, os sons emitidos pelos odontocetos são usados para localizar o alimento, enxergar o ambiente de forma tridimensional, como também para fins de comunicação e socialização.

Por conta de todas essas especializações, esses animais se adaptaram muito bem na bacia amazônica, por isso, o histórico de ocorrência consta ampla e abundante distribuição. No entanto, atualmente, o grupo encontra-se ameaçado, principalmente por conta da sobreposição dos recursos hídricos e pesqueiros, devido à captura direta e acidental em redes de pesca. Outro agravante ao gênero está ligado à pesca da piracatinga, especialmente, na região do alto e médio Amazonas/Solimões (DA SILVA, 2018). A construção de hidrelétricas também é um fator de risco ao grupo, pois ocasiona redução da disponibilidade de alimento, bem como alterações relacionadas às fragmentações de habitat, gerando isolamento populacional (DA SILVA, 2010; PAVANATO et al., 2016; DA SILVA, 2018).

Outro aspecto que chama atenção em relação ao comportamento desses animais é que eles aceitam aproximação e interação com humanos (ROMAGNOLI, 2009; ALVES, 2012). As atividades que envolvem essa interação chamam atenção da mídia e turistas (ROMAGNOLI, 2011; DE SÁ ALVES, 2012; DE SÁ ALVES, 2013). Entretanto, estudos apontam os riscos envolvendo o nado e alimentação induzida dos turistas com os animais, o que pode desencadear alterações bioquímicas, como o aumento dos níveis de hormônios ligados ao estresse, mudanças no comportamento natural dos animais, e prejuízos à saúde, atrelado ao risco das zoonoses (TAPPER, 2006; VIDAL, 2011).

Atualmente, os maiores riscos ao grupo são os desmatamentos, a ocupação antrópica ao longo das margens do rio e a construção de hidrelétricas ao longo da bacia. Existem cerca de 304 barragens projetadas para a região Amazônica, sendo que 46 já estão construídas e as demais estão inventariadas nos estados do Amapá, Amazonas e Tocantins (DA SILVA, 2018). Outras atividades humanas podem afetar a qualidade dos rios, como mineração, poluição por metais pesados, hidrocarbonetos e organoclorados. É estimado um declínio populacional de pelo menos 50% nos próximos 31 anos (DA SILVA, 2018).

Professor, a partir desse texto, é possível enfatizar para os alunos os principais desafios encontrados na conservação da espécie, bem como as principais adaptações que possibilitaram a evolução desses animais nos rios da Amazônia. Utilize a perspectiva evolutiva de Lamarck e Darwin para relacionar os aspectos na evolução do grupo.



Referências Bibliográficas

ALVES, Luiz Cláudio Pinto de Sá; ZAPPES, Camilah Antunes; ANDRIOLO, Artur. Conflicts between river dolphins (Cetacea: Odontoceti) and fisheries in the Central Amazon: a path toward tragedy? *Zoologia*, Curitiba, v. 29, n. 5, p. 420-429, 2012.

BERTA, Annalisa; SUMICH, James L., KOVACS, Kit M. *Marinemammals evolutionary biology*. 3. ed. London: Academic Press, 2015.

BERTA, Annalisa; SUMICH, James L.; KOVACS, Kit M. *Marine mammals: evolutionary biology*. Amsterdã: Elsevier, 2005.

BEST, Robin C.; DA SILVA, Vera Maria Ferreira. Biology, status and conservation of *Inia geoffrensis* in the Amazon and Orinoco river basins. *Occasional Papers of The Iucnspecies Survival Comission Ssc*, v. 3, p. 23-34, 1989.

BIANUCCI, Giovanni; LANDINI, Walter. Fossil history. In: *Reproductive Biology and Phylogeny of Cetacea: Whales, Porpoises and Dolphins*. Flórida, Estados Unidos: CRC Press, 2016. p. 47-106.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2017.

COZZI, Bruno; HUGGENBERGER, Stefan; OELSCHLÄGER, Helmut A. *Anatomy of dolphins: insights into body structure and function*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Academic Press, 2016.

DA SILVA, Jonatas José Luiz Soares; MARQUES, Marcia; DAMÁSIO, Jorge Machado. Impactos do desenvolvimento do potencial hidroelétrico sobre os ecossistemas aquáticos do Rio Tocantins. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 5, n. 1, p. 189-203, 2010.

DA SILVA, Vera M. F. Amazon River Dolphin *Inia geoffrensis*. In: Perrin, W. F.; Wursig, B.; Thewissen, J. G. (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Amsterdã: Elsevier, 2008. p. 26-28.

DA SILVA, Vera M. F. et al. *Inia geoffrensis*. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume II - Mamíferos*. Brasília: ICMBio, 2018. p. 133.

DE SÁ ALVES, Luiz Cláudio Pinto et al. As atividades turísticas baseadas na alimentação artificial de botos-da-Amazônia (*Inia geoffrensis*) e a legislação ambiental brasileira. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 28, jul./dez. 2013.

DE SÁ ALVES, Luiz Cláudio Pinto et al. The growth of 'botos feeding tourism', a new tourism industry based on the boto (Amazon river dolphin) *Inia geoffrensis* in the Amazonas State, Brazil. *Sitientibus: Série Ciências Biológicas*, v. 11, n. 1, p. 8-15, 2012.

GATESY, John et al. A phylogenetic blueprint for a modern whale. *Molecular phylogenetics and evolution*, v. 66, n. 2, p. 479-506, 2013.

GEISLER, Jonathan H. Cetartiodactyla. In: *Encyclopedia of Marine Mammals*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Academic Press, 2018. p. 189-191.

GINGERICH, Philip D. et al. Origin of whales from early artiodactyls: hands and feet of Eocene Protocetidae from Pakistan. *Science*, v. 293, n. 5538, p. 2239-2242, 2001.

GOMEZ-SALAZAR, Catalina; TRUJILLO, Fernando; WHITEHEAD, Hal. Ecological factors influencing group sizes of river dolphins (*Inia geoffrensis* and *Sotalia fluviatilis*). *Marine Mammal Science*, v. 28, n. 2, p. 124-E142, 2012.

GRAVENA, Waleska et al. Looking to the past and the future: were the Madeira River rapids a geographical barrier to the boto (Cetacea: Iniidae)? *Conservation Genetics*, v. 15, n. 3, p. 619-629, 2014.

HERREID, Clyde Freeman. What makes a good case? *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 3, 163-169, 1998.

HRBEK, Tomas et al. A new species of river dolphin from Brazil or: how little do we know our biodiversity. *PLoS one*, v. 9, n. 1, p. e83623, 2014.

KOOYMAN, Gerald L.; PONGANIS, Paul J. Diving Physiology In: *Encyclopedia of marine mammals*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Academic Press, 2018. p. 267-271.

LEAL, Edvalda Araújo; MEDEIROS, Cintia Rodrigues de Oliveira; FERREIRA, Layne Vitória. O uso do método do caso de ensino na educação na área de negócios. In: *Revolucionando a sala de aula: como envolver o estudante aplicando as técnicas de metodologias ativas de aprendizagem*. São Paulo: Atlas, 2017. p. 93-103.

LODI, Liliane; BOROBIA, Monica. *Baleias, botos e golfinhos do Brasil: guia de identificação*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, 2013.

MARX, Felix G.; LAMBERT, Olivier; UHEN, Mark D. *Cetacean paleobiology*. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 2016.

MASS, Alla M.; SUPIN, Alexander Y. Vision. In: *Encyclopedia of marine mammals*. Cambridge, EUA: Academic Press, 2018. p. 1035-1044.

MCGOWEN, Michael R. et al. Phylogenomic resolution of the cetacean tree of life using target sequence capture. *Systematic biology*, v. 69, 2019.

NUMMELA, Sirpa; YAMATO, Maya. Hearing. In: *Encyclopedia of marine mammals*. Cambridge, EUA: Academic Press, 2018. p. 462-470.

PAVANATO, Heloise J. et al. Risks of dam construction for South American river dolphins: a case study of the Tapajós River. *Endangered species research*, v. 31, p. 47-60, 2016.

REEVES, Randall R. et al. *Dolphins, whales and porpoises: 2002-2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans*. Switzerland and Cambridge: IUCN/SSC Cetacean Specialist Group, 2003.

ROMAGNOLI, Fernanda Carneiro et al. Interpretação ambiental e envolvimento comunitário: ecoturismo como ferramenta para a conservação do boto-vermelho, *Inia geoffrensis*. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ecofisiologia, Ictiologia, Mamíferos aquáticos, Recursos pesqueiros, Aquacultura, Sistemática e Biol) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009.

ROMAGNOLI, Fernanda Carneiro et al. Proposta para o turismo de interação com botos-vermelhos (*Inia geoffrensis*): como trilhar o caminho do ecoturismo. *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 463-480, 2011.

SÁ, Luciana Passos; QUEIROZ, Salete Linhares. *Estudo de casos no Ensino de Química*. Campinas: Editora Átomo, 2010.

SÁ, Luciana Passos; FRANCISCO, Cristiane Andretta; QUEIROZ, Salete Linhares. Estudos de caso em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SIMÕES-LOPES, Paulo César. *O luar do delfim: a maravilhosa aventura da história natural*. Joinville: Letradágua, p. 194-195, 2005

SPAULDING, Michelle; O'LEARY, Maureen A.; GATESY, John. Relationships of Cetacea (Artiodactyla) among mammals: increased taxon sampling alters interpretations of key fossils and character evolution. *Plos one*, v. 4, n. 9, p. e7062, 2009.

TAPPER, Richard. *Wildlife watching and tourism: a study on the benefits and risks of a fast growing tourism activity and its impacts on species*. Germany: UNEP/Earthprint, 2006.

THEWISSEN, Johannes G. M. et al. Whales originated from aquatic artiodactyls in the Eocene epoch of India. *Nature*, v. 450, n. 7173, p. 1190-1194, 2007.

UHEN, Mark D. Evolution of marine mammals: back to the sea after 300 million years. *The Anatomical Record: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology: Advances in Integrative Anatomy and Evolutionary Biology*, v. 290, n. 6, p. 514-522, 2007.

UHEN, Mark D. The origin(s) of whales. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 38, p. 189-219, 2010.

VIDAL, Marcelo Derzi. Botos e turistas em risco. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 281, p. 73-75, 2011.

WÜRSIG, Bernd; THEWISSEN, J. G. M.; KOVACS, Kit M. (Ed.). *Encyclopedia of marine mammals*. Cambridge, Massachusetts, EUA: Academic Press, 2017.

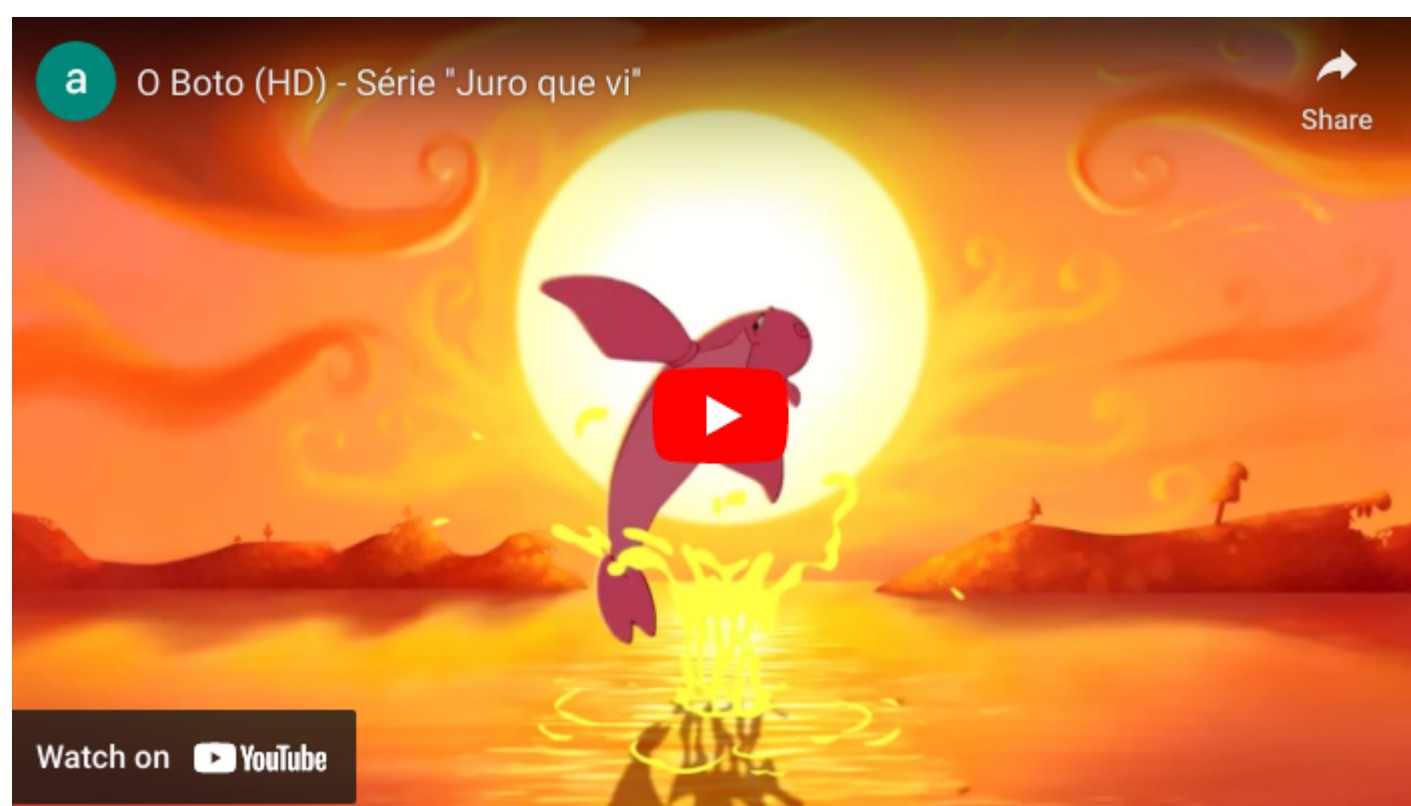


Anexos

Sugestões de vídeos

Professor, estas são algumas sugestões de vídeos para trabalhar ao longo da aula. Todos estão disponíveis gratuitamente na plataforma do YouTube.

Animação Juro que vi – O Boto



Programa Catalendas – O Boto



Histórias do nosso povo "A lenda do Boto Bianor"



Abuso sexual intrafamiliar e a lenda do Boto | Caçadores de bons exemplos



A matança do boto cor-de-rosa na Amazônia – Brasil

