

PEIXES: MORFOLOGIA E ADAPTAÇÕES

Marlise de Azevedo BEMVENUTI¹ & Luciano Gomes FISCHER²

Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Instituto de Oceanografia, Campus Carreiros, Cx. Postal 474, Rio Grande, RS, 96201-900

¹ e-mail: marliseazevedo@gmail.com

² e-mail: luciano.fischer@gmail.com

RESUMO – Os peixes formam o grupo de vertebrados com maior número de espécies que todos os outros vertebrados em conjunto. Habitam os mais diversos tipos de ambientes, mas para isso foram necessários milhões de anos de evolução e impressionantes adaptações morfológicas, funcionais e fisiológicas. Algumas destas adaptações e suas funções associadas serão apresentadas a seguir. Este artigo foi elaborado para oferecer um material atualizado e ilustrado sobre as diferentes formas do corpo, revestimentos, nadadeiras, bocas, dentes, olhos e suas diversas adaptações morfológicas e anatômicas. O objetivo foi de produzir um material didático-pedagógico visando explorar as imagens que contribuem à compreensão do texto, de forma a atender às necessidades das disciplinas de Biologia e Ciências, no contexto do assunto “Peixes”.

Palavras-chave: anatomia, ictiologia, escamas, nadadeiras, barbilhões

O texto a seguir foi elaborado a partir de Miller & May Passino 1977, Bond 1979, Bone & Marshall 1982, Romer, & Parsons 1985, Wootton 1990, Pough, Heiser & McFarland 1993, Jobling 1995, Lagler, Bardach, Moyle & Cech 1996, Stiassny, Parenti & Johnson 1996, Helfman, Collette & Facey 1997, Froese & Pauly 2011.

INTRODUÇÃO

Os peixes são vertebrados aquáticos que possuem brânquias, corpo sustentado por um esqueleto interno cartilaginoso ou ósseo e cujos apêndices, quando presentes, possuem forma de nadadeiras. Respiram primariamente pelas brânquias, locomovem-se por natação através das nadadeiras e, geralmente têm o corpo recoberto por escamas. São ectotérmicos, isto é, a temperatura do corpo varia conforme o ambiente. Possuem simetria lateral, com exceção dos linguados.

Esses vertebrados são extremamente adaptados ao meio aquático onde vivem. Sua grande diversidade ecológica se reflete na imensa variedade de formas, cores e diferentes tipos de locomoção.

Existem três grupos principais de peixes atuais, cada qual vindo de um caminho evolutivo diferente. O grupo mais primitivo inclui os peixes sem mandíbula, Classes Myxini (peixes-bruxa, Fig. 1A) e Petromyzontida (lampreias) originadas há mais de 500 milhões de anos. A Classe Chondrichthyes teve origem há mais de 440 milhões de anos e inclui as quimeras, os tubarões e as raias (Fig. 1B e 1C). Já o grupo dos peixes ósseos

inclui a Classe Sarcopterygii, a mais primitiva (410 m.a.) que inclui os celacantos e os peixes pulmonados e a Classe Actinopterygii, a mais recente (250 m.a.) e diversa, à qual pertencem todos os peixes com raios nas nadadeiras (Fig. 1D).

Embora hoje se saiba que não seja um grupo monofilético, os peixes exibem a maior diversidade de espécies do que qualquer outro grupo de vertebrados: mais de 31.000 espécies, um número de espécies maior do que todos os outros grupos de vertebrados em conjunto.

O tamanho dos peixes também possui uma grande variação: desde 1 cm em pequenos gobídeos das Filipinas, até mais de 13 m no tubarão-baleia (*Rhincodon typus*). Isso possibilita uma grande variedade de ambientes a serem colonizados, desde poças temporárias em espécies de peixes anuais e peixes pulmonados, até os grandes giros oceânicos, incluindo lagos parcialmente congelados, com temperaturas abaixo de zero grau Celsius; passando por lagoas hipersalinas até as profundezas oceânicas, a mais de 12.000 m de profundidade e suportando pressões altíssimas.

Claro que para possibilitar a colonização desses ambientes, foram necessários milhões de anos de evolução e impressionantes adaptações morfológicas, funcionais e fisiológicas. Algumas destas adaptações e suas funções associadas serão vistas a seguir.

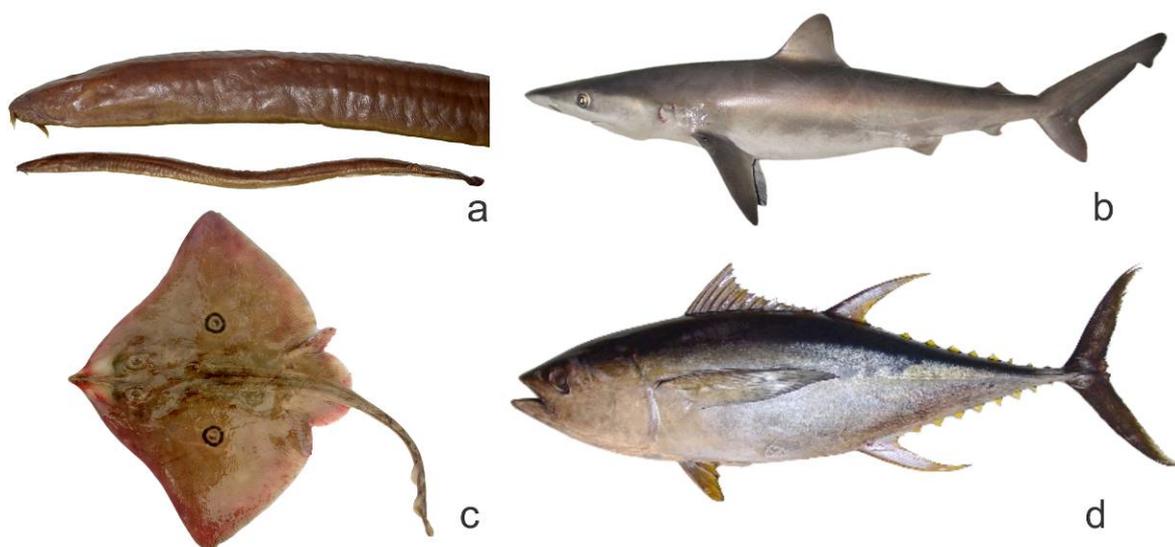


Figura 1. Grupos atuais de peixes: peixes-bruxa (a) e lampreias (Classe Agnatha); tubarões (b) e raias (c) (Classe Chondrichthyes); teleósteos (d) (Classe Actinopterygii).

FORMA

Os peixes exibem uma infindável diversidade de formas do corpo. Assim como a maioria dos organismos, eles geralmente apresentam simetria bilateral, ou seja, o lado direito é igual ao esquerdo (Fig. 2a-b), com algumas exceções. Exemplos típicos de peixes assimétricos são os linguados (Fig. 2c-f), que são simétricos somente na fase larval.

Como os peixes são tridimensionais, em cada plano de visão que os observamos (lateral, superior e frontal), visualizamos uma forma diferente (Fig. 3).

O achatamento do corpo é percebido primariamente em vista frontal, ou seja, olhando a cabeça do peixe de frente. Alguns exemplos de peixes achatados lateralmente são os Carangidae (pampo, xaréu, peixe-galo Fig. 3a,b), os Pleuronectiformes (linguados Fig. 2c,d,e,f), os Chaetodontidae (peixe-borboleta) e Mollidae (peixe-lua). Peixes achatados dorso-ventralmente, por exemplo, são os Ogcocephalidae (peixes-morcego, Fig. 3e,f), Lophiidae (peixes-sapo Fig. g,h) e Rajidae (raias).

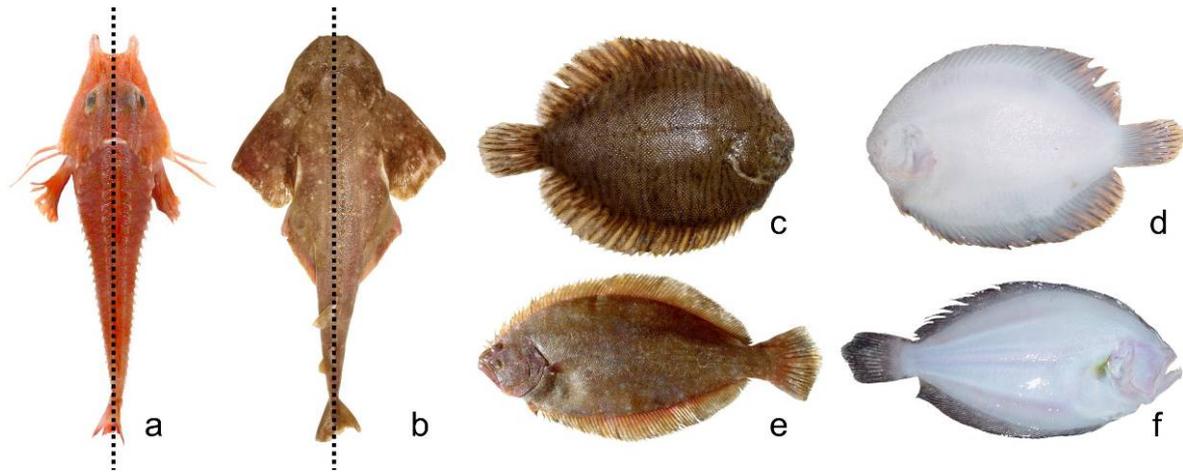


Figura 2. Peixes com simetria lateral em vista superior: (a) *Peristedion*; (b) *Squatina*. Peixes assimétricos em visão lateral, linguados *Catathyridium garmani* em vista lateral direita (c) e esquerda (d); linguado-vermelho *Paralichthys patagonicus*, visão lateral esquerda (e) e direita (f).

As outras formas básicas do corpo podem ser notadas quando observadas em plano de visão superior e lateral. Por isso, os peixes podem ter diferentes combinações de formas, dependendo de como os observamos e descrevemos. Por exemplo, visto de frente, a tainha possui achatamento lateral, e quando vista de lado tem forma fusiforme (Fig. 3c-f).

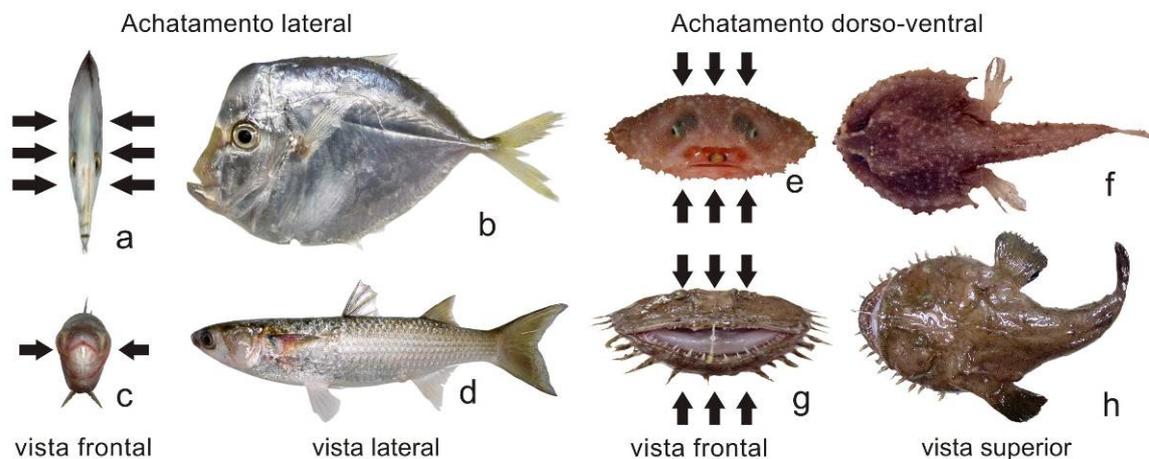


Figura 3. Exemplos de diferentes graus e direções de achatamento do corpo dos peixes. Achatamento lateral: a-b peixe-galo (*Seleve vomer*); c-d tainha (*Mugil lisa*); Achatamento dorso-ventral: e-f peixe-morcego (*Dibranchus atlanticus*); g-h peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*).

A forma mais hidrodinâmica é a fusiforme, encontrada na maioria dos Scombridae (atuns), Sciaenidae (pescadas), Clupeidae (sardinhas) e Carangidae (xaréus). Também são comuns em peixes anguiliformes, de corpo alongado, como os Trichiuridae (peixe-espada), Congridae (congrós) e Muraenidae (moréias) (Fig. 4).

Além destas formas, existem diversas outras mais incomuns, como por exemplo, a forma globular do baiacu-de-espinho (Fig. 4n-p). Os baiacus, quando ameaçados, podem ingerir água e aumentar significativamente o volume de seu corpo, e dessa forma, afugentar muitos dos seus predadores. Outros peixes de formato incomum são os cavalos-marinhos (Syngnathidae, Fig. 4n-p), seres de movimentos muito lentos, que se locomovem somente com a vibração das diminutas nadadeiras dorsais.

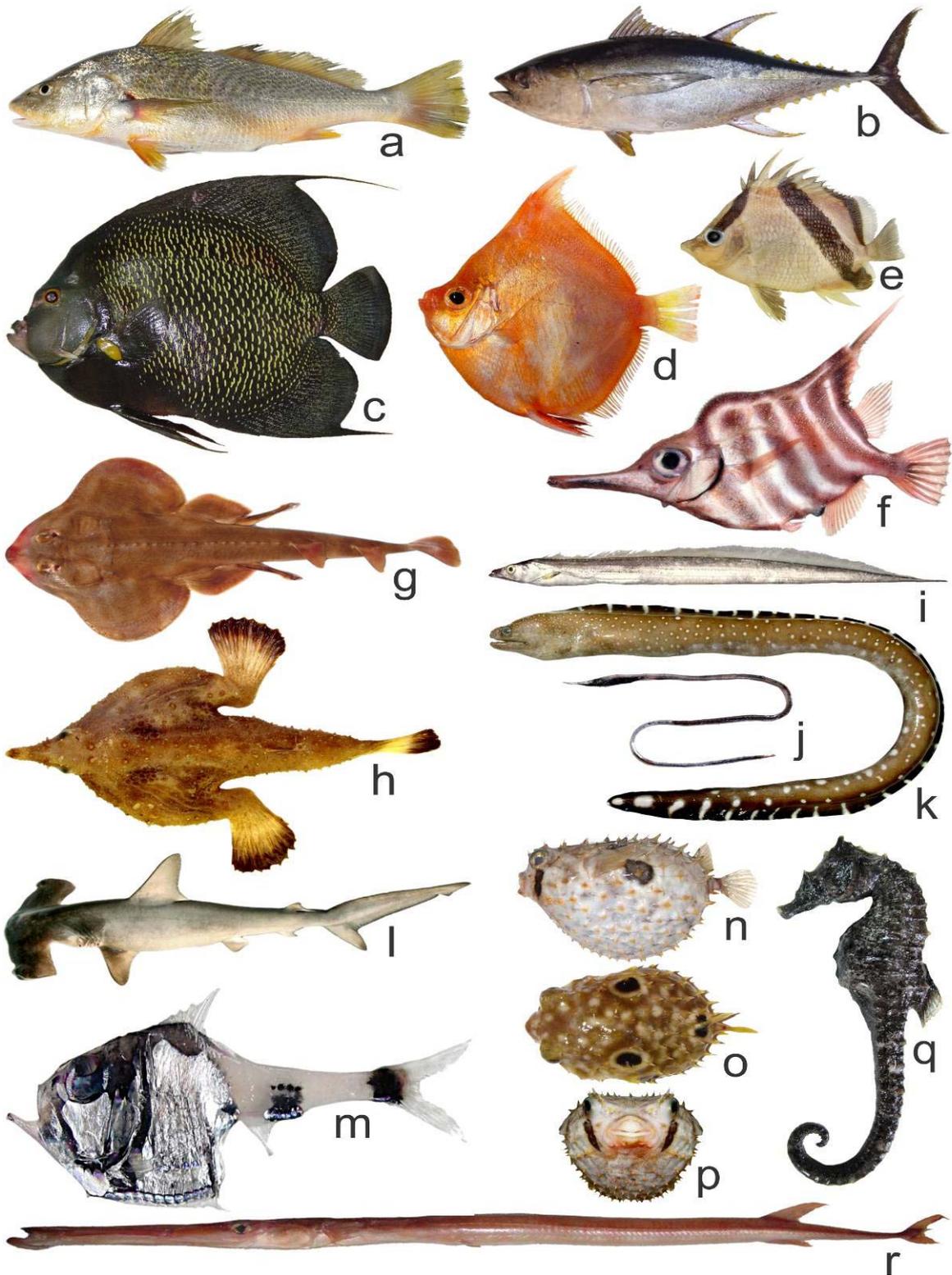


Figura 4. Principais formas dos peixes: fusiforme: (a) corvina (*Micropogonias furnieri*), (b) atum (*Thunnus albacares*); achatado lateralmente: (c) paru (*Pomacanthus paru*), (d) Sem nome popular (*Antigonia capros*), (e) borboleta-de-profundidade (*Prognathodes guyanensis*), (f) peixe-sapo (*Lophius gastrophysus*) achatado dorso-ventralmente: (g) raia-viola (*Zapterix brevirostris*), (h) peixe-morcego (*Ocgocephalus vespertilio*); anguiliforme: (i) peixe-espada (*Trichurus lepturus*), (j) peixe-fita (*Serrivomer schimdti*), (k) moreia-pintada (*Gymnothorax conspersus*); globular: (n,o,p) baiacu-de-espinhos (*Cyclichthys spinosus*) em vista lateral, superior e frontal; outras formas: (l) tubarão-martelo (*Sphyrna zigaena*), (m) peixe-machado (*Argyropelecus aculeatus*), (q) cavalo-marinho (*Hippocampus* sp), (r) peixe-trombeta (*Fistularia petimba*).

REVESTIMENTO

Os peixes, assim como outros vertebrados, são recobertos por pele e revestidos por uma secreção viscosa, o muco. A pele tem duas camadas: epiderme de origem ectodérmica e a derme de origem mesodérmica. Na derme se formam as escamas, e é onde se encontram as glândulas de veneno, mucosas, órgãos elétricos, bioluminescentes (fotóforos), sensoriais, receptores de som e os pigmentos.

As células mucosas (glandulares) permitem a comunicação química entre os peixes, reduzem o atrito do corpo com a água e também protegem contra fungos, parasitas e em alguns casos, da predação. Os peixes-bruxa, por exemplo, quando são ameaçados, secretam um muco muito viscoso e espesso, que aumenta muitas vezes de volume em contato com a água. Alguns peixes pulmonados (*Lepidosiren* e *Protopterus*) constroem um casulo com muco e lama antes do arroio secar para evitar o ressecamento dos ovos. No Período reprodutivo, quando o salmão retorna para a água doce e a enguia para o mar, eles aumentam a produção de muco e a pele fica mais grossa, isso permite reduzir gastos energéticos com a osmorregulação.

Escamas

As escamas têm função protetora e também reduzem o atrito ao nadar. Além disso, o tipo e tamanho de escamas muitas vezes estão relacionados ao modo de vida dos peixes. Por exemplo, a enguia (*Anguilla*) tem escamas muito pequenas, quase imperceptíveis, com muito muco, tornando-se escorregadia; a corvina (*Micropogonias furnieri*) tem escamas robustas para proteção; na cavalinha (*Scomber japonicus*) são reduzidas para nadar rápido; o bagre indiano (*Barbus* sp) tem escamas muito grandes, do tamanho da palma da mão.

Os agnathas viventes não possuem escamas, os tubarões e raias têm escamas placóides e os teleósteos têm variados tipos de escamas.

As escamas que ficam sobre a linha lateral do corpo dos peixes têm pequenos orifícios que ligam a parte exterior séries de células sensoriais e terminações nervosas. As escamas variam enormemente de tamanho, desde microscópicas como em algumas enguias (*Anguilla*), com cerca de 10 cm no Pirarucu, até mais de 20 cm no Cyprinidae indiano *Tor tor*.

Tipos de escamas:

- **escamas ganóides** - tem a forma de placa rômbrica e crescem por adição em ambas as faces de baixo para cima e de dentro para fora. Encontrada em Chondrostei: esturjão (*Acipenser*); Holostei: Amia (*Amia calva*), peixe-lagarto (*Lepisosteus*); nos dipnóicos atuais e Brachiopterygii *Polypterus* (biquir). É composta por três camadas: uma superficial de ganoína (semelhante ao esmalte), uma de cosmina e um tecido ósseo lamelar (isopedina) (Fig. 5).

- **escamas cosmóides** - são mais grossas e duras do que as placóides. Encontradas nos celacantos (*Latimeria* sp, fóssil vivente); nos Crossopterygeos e Dipnóicos fósseis. É composta por 4 camadas: uma fina camada superficial de vitrodentina (= esmalte), uma de cosmina (tecido semelhante a dentina), uma de osso esponjoso com numerosos vasos sanguíneos e uma basal de isopedina (Fig. 5).

- **escamas placóides** - (ou denticúlos dérmicos) são características de peixes cartilaginosos e outras espécies antigas; são feitas de polpa, dentina e esmalte - semelhantes à composição dos dentes da boca dos tubarões. São de origem dérmica e epidérmica; constituídas por dentina e recobertas por vitrodentina (Fig. 5). Podem variar muito na forma externa, e são encontradas nos Chondrichthyes, mas são ausentes em algumas famílias de raias: Torpedinidae, Dasyatidae, Myliobatidae e Rajidae. As escamas dos elasmobrânquios não aumentam de tamanho conforme o crescimento do peixe, ao invés disso, novas escamas são adicionadas para ocupar o espaço vazio entre elas. Então, o número de escamas varia com a idade (ou tamanho) nos elasmobrânquios.

Já nos teleósteos, o número de escamas é fixo depois da metamorfose, ou seja, as escamas aumentam de tamanho para acompanhar o crescimento dos peixes ósseos.

- **escamas ósseas** - Estes tipos de escamas permitem maior flexibilidade do corpo e são encontradas nos Teleostei vivos. Têm a forma arredondada, são flexíveis e sobrepostas como as telhas de um telhado. Estas escamas crescem durante toda a vida do peixe, as novas camadas são depositadas nas margens, formando um padrão de anéis concêntricos, algumas vezes utilizado para estimar a idade dos peixes. Parte da escama está inserida na derme, sendo a outra extremidade livre. São de dois tipos: as **ciclóides**, de superfície lisa, e as **ctenóides**, com dentículos na extremidade exterior, os *ctenii* (Fig. 5).

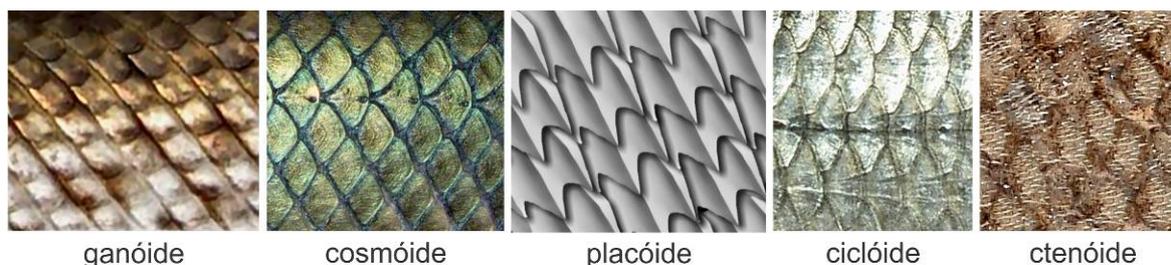


Figura 5. Tipos de escamas dos peixes: escamas ganóides de pirarucu (*Arapaima gigas*)*, escamas cosmóides de peixe-lagarto (*Lepisosteus oculatus*)**, escamas placóides de tubarão (ou dentículos dérmicos); e escamas ósseas do tipo ciclóides de voga (*Cyphocarax voga*) e ctenóides de peixe-rato (*Caelorinchus marini*). * em domínio público, autor: George Chernilevsky; ** autor: Stan Shebs (ambas de Wikimedia.org).

As escamas ósseas são formadas por duas finas camadas translúcidas: uma camada superficial óssea calcificada (principalmente fosfato e carbonato de cálcio ($\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3) e uma camada profunda fibrosa (basicamente colágeno). Entre os linguados, Pleuronectiformes, algumas espécies possuem escamas ctenóides (ásperas) no lado dos olhos e ciclóides (lisas) no lado cego, que fica em contato com o fundo.

As escamas diferem dos dentículos dos tubarões e raias, não apenas em estrutura, mas também porque são derivadas inteiramente da camada dérmica da pele e por não possuir esmalte na sua composição. As escamas dos teleósteos representam dois extremos entre aquelas com muitas camadas, dos extintos Crossopterygii e Dipnóicos, e as mais finas dos teleósteos atuais.

Além destes tipos básicos de escamas existem diversos outros revestimentos que protegem os teleósteos, por exemplo:

- escudos ósseos laterais: esturjão (*Scaphyrhynchus*, Fig. 6b); xaréu (Carangidae, Fig. 6e).
- placas ósseas na cabeça: Dactylopteridae (Fig. 6f).
- escudos ósseos ventrais: sardinhas (Clupeidae); Trachichthyidae (Fig. 6g).
- placas ósseas no corpo, formando um esqueleto dérmico semelhante a uma armadura: Loricariidae (*Hoplosternum*, Fig. 6h), peixe-cachimbo (Syngnathidae, Fig. 6i).
- placas retilíneas de escamas em Balistidae (*Balistes*, Fig. 6i).
- tubérculos ósseos: peixe-morcego (*Dibranchus*, *Ogcocephalus*, (Fig. 6j).
- espinhos ósseos: muitas espécies de baiacus possuem o corpo recoberto por espinhos ósseos, o que lhes fornece uma grande proteção contra predadores (Tetraodontidae, Diodontidae, Fig. 6k).

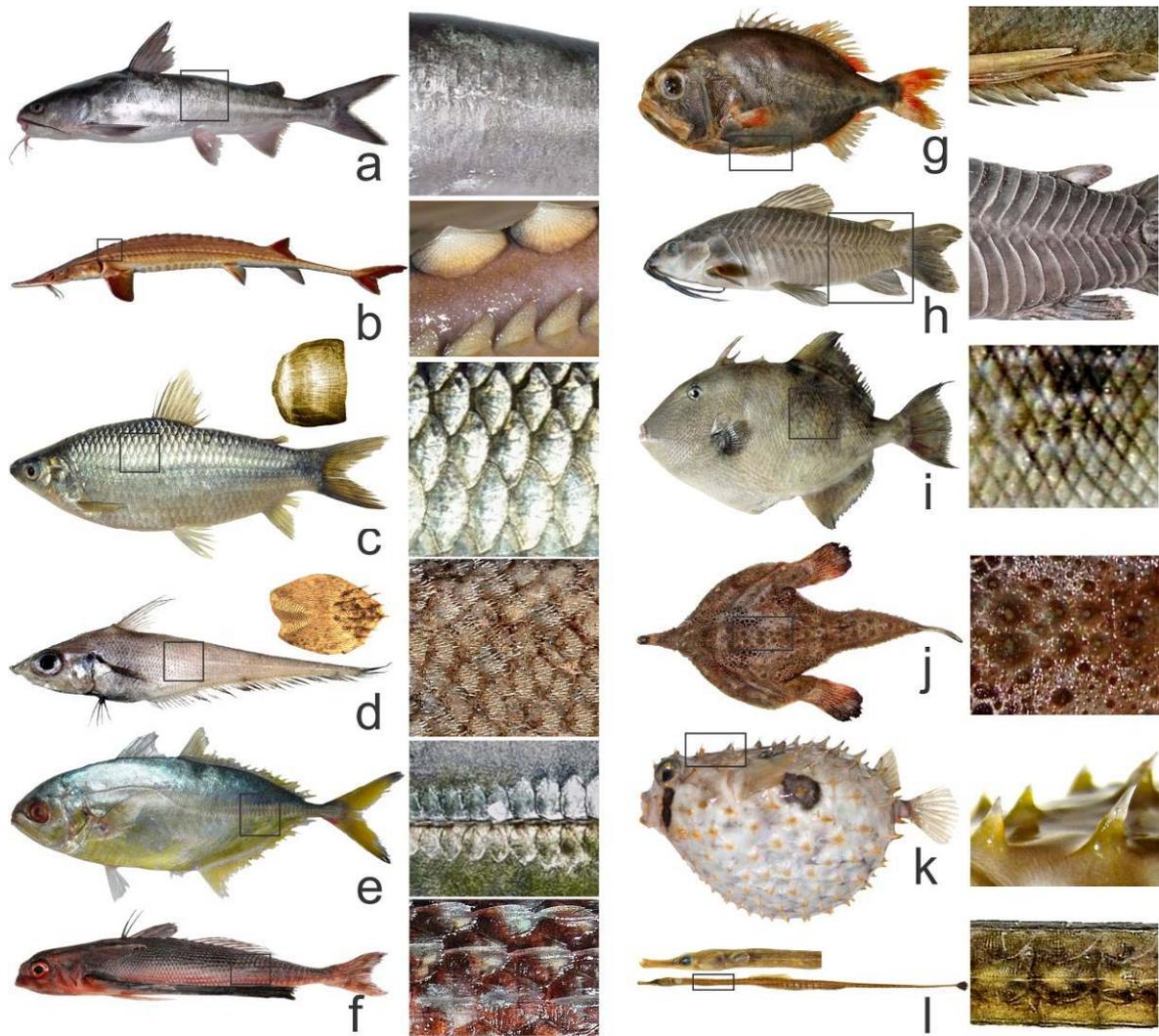


Figura 6. Exemplos de revestimentos nos peixes: (a) somente por pele em bagre (*Genidens genidens*); (b) escamas ganóides em esturjão (*Scaphyrhynchus suttkusi**), (c) escamas ciclóides em vogá (*Cyphocarax voga*); (d) escamas ctenóides em peixe-rato (*Caelorinchus marinii*); (e) escudos laterais em xaréu (*Caranx hippos*); (f) escamas em forma de escudos no voador (*Dactylopterus volitans*); (g) escudos ventrais em *Gephyroberyx darwini*; (h) placas ósseas na cascuda (*Hoplosternum littorale*); (i) placas retilíneas de escamas no peixe-porco (*Balistes capriscus*); (j) tubérculos ósseos no peixe-morcego (*Ocgocephalus vespertilio*); (k) espinhos ósseos no baiacu-de-espinhos (*Cyclichthys spinosus*); (l) séries de anéis ósseos formados por placas ósseas no peixe-cachimbo (*Syngnathus folletii*). * foto do esturjão de Patrick O'Neil, *Geological Survey of Alabama*, e detalhe das escamas de NOAA Fisheries Service, ambas em Domínio Público.

COLORAÇÃO

Os peixes apresentam maior variedade de pigmentação do que outros vertebrados. Em geral sua coloração está relacionada ao seu hábitat e modo de vida. Por exemplo, os peixes de recifes de coral geralmente exibem uma infinidade de padrões de cores vivas, assim como o ambiente onde vivem (Fig. 7a-d). Os peixes de superfície oceânica, nadadores de oceano aberto, são geralmente de coloração simples: ventre esbranquiçado, laterais inferiores prateadas e dorso escuro, azul ou verde (Fig. 7e-h). Desse modo, quando vistos por cima, a coloração escura do dorso se confunde com o azul ou verde do oceano, e quando vistos por baixo são confundidos com os reflexos da luz do sol, ficando assim protegidos de vários predadores. Os peixes demersais ou de

fundo geralmente são escuros no dorso (avermelhado, cinza ou marrom) e claros no ventre (Fig. 7i-l); peixes de fundo consolidado (como rochas, cascalho ou rodolitos) de maiores profundidades, frequentemente possuem coloração geral avermelhada ou alaranjada e ventre claro (Fig. 7m-p); peixes de grandes profundidades (abissais) em geral são de coloração escura e homogênea, negra, marrom ou avermelhada (Fig. 7q-s). Muitos organismos abissais possuem grandes olhos para enxergar com a pouca luz existente, a maior parte gerada pelos organismos vivos. Outros apresentam olhos diminutos, enquanto alguns são desprovidos de visão.

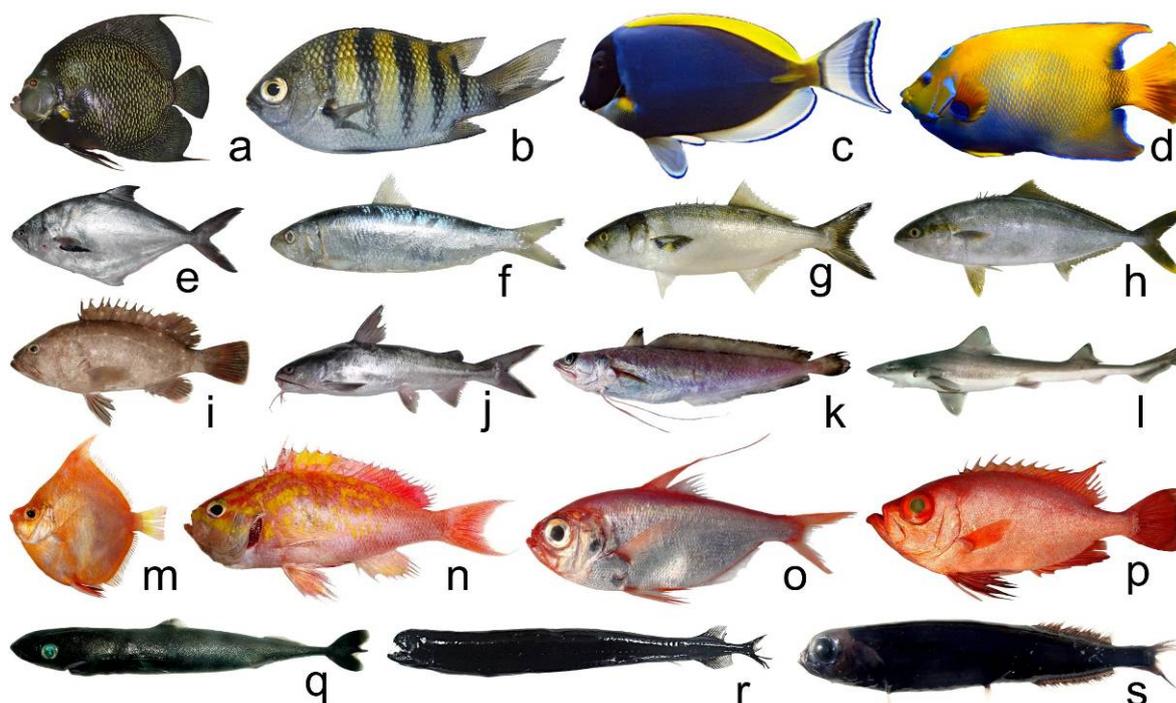


Figura 7. Exemplos de padrões de cores dos peixes: Peixes de recifes rasos de coral: (a) pará (*Pomacanthus paru*); (b) sargentinho (*Abdefduf saxatilis**); (c) peixe-cirurgião (*Acanthurus leucosternon*); (d) ciliaris (*Holacanthus ciliaris***); Peixes pelágicos oceânicos: (e) solteira (*Parona signata*); (f) sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*); (g) anchova (*Pomatomus saltatrix*); (h) olhete (*Seriola dumerilii*); Peixes demersais: (i) garoupa (*Epinephelus niveatus*); (j) bagre (*Genidens barbatus*); (k) abrótea (*Urophycis brasiliensis*); (l) caçonete (*Mustelus schmitti*); Peixes de profundidade com fundo rochoso: (m) (*Antigonía capros*); (n) (*Anthias menezesi*); (o) alfonsino (*Beryx splendens*); (p) olho-de-cão (*Priacanthus arenatus*); Peixes de profundidade: (q) tubarão-anão (*Squaliolus laticaudus*); (r) (*Melanostomias niger*); (s) (*Xenodermichthys copei*). * foto de Patricia L. Mancini; ** foto de Maira Proietti.

A coloração é devida aos pigmentos ou biocromos contidos em células dérmicas modificadas, os cromatóforos, localizados na porção dérmica da pele, tanto na superfície externa quanto abaixo das escamas. Quando essas células se expandem, os pigmentos ficam à mostra, deixando o peixe mais escuro ou colorido; quando os cromatóforos se contraem esses pigmentos ficam ocultos dentro da célula. Dessa forma os peixes podem ficar mais claros ou escuros e formar diferentes padrões de cores.

Muitos peixes podem mudar rapidamente seus padrões de cores para se camuflar no ambiente onde vivem ou para defender seu território. Outros usam as cores para se comunicar com demais indivíduos da mesma espécie ou para realizar rituais de acasalamento. Há ainda aqueles que utilizam cores vivas ou padrões marcantes para alertar seus predadores da presença de veneno ou que não são palatáveis. A maioria dos

peixes muda sua coloração ou padrões (listras, barras, manchas) conforme o crescimento.

Os cromatóforos dividem-se em: melanóforos (marrom e preto - melanina), eritróforos (vermelho e laranja), xantóforos (amarelo), leucóforos (branco, purina) (branco e prateado, encontram-se nas escamas e olhos) e iridóforos (iridescente ou refletor, sem pigmento).

Algumas espécies de peixes apresentam células bioluminescentes (que produzem luz), os fotóforos (Fig. 8), originados nas camadas germinativas da epiderme. A bioluminescência é gerada através de reações de enzimas (Luciferina-luciferase) produzidas pelos peixes, ou através de simbiose com bactérias bioluminescentes. O principal uso da bioluminescência parece ser como isca para atrair presas e dessa forma os organismos gastam pouca energia procurando por presas. Além dessa função, a bioluminescência pode exercer outras funções, como proteção por camuflagem, auxiliar o encontro de parceiros para acasalamento, auxiliar na alimentação, na formação de cardumes, etc.

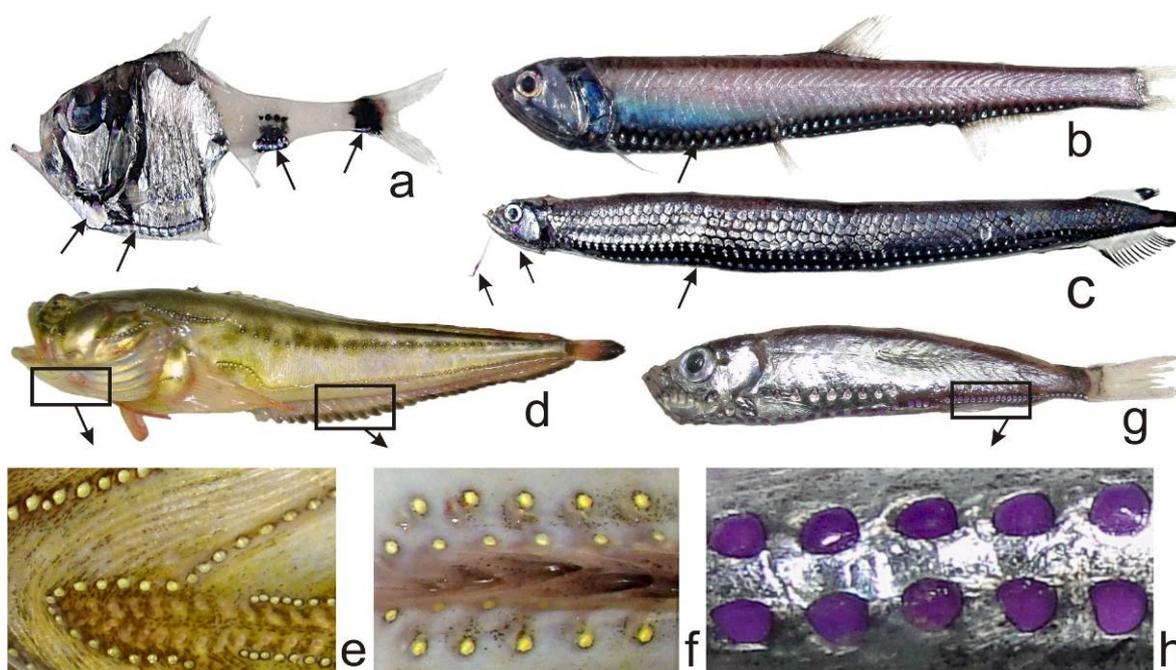


Figura 8. Presença de fotóforos em alguns peixes: (a) peixe-machado (*Argyropelecus hemigymnus*); (b) (*Phosichthys argenteus*); (c) (*Stomias affinis*); (d) bagre-sapo (*Porichthys porosissimus*) e em (e)-(f) detalhe dos fotóforos ventrais; (g) peixe-lanterna (*Maurolicus stemanni*) e (h) detalhe dos fotóforos ventrais.

Os peixes-lanterna (Myctophidae, Sternoptichydae) possuem vários fotóforos na parte ventral do corpo que os protegem contra a predação (Fig. 8a, b, c, g, h). Eles habitam as zonas meso e batipelágicas oceânicas (200 a 1000 m de profundidade), realizando diariamente migrações verticais, subindo à noite para zonas mais rasas e geralmente iluminadas pela lua, em busca do seu alimento, o plâncton. Quando eles são vistos de baixo para cima pelos seus predadores, ao invés de serem facilmente reconhecidos pela sua sombra, o padrão de luz produzido pelos fotóforos imita o brilho produzido pela lua, confundindo os predadores.

Na maioria das vezes, os fotóforos são encontrados em peixes que habitam águas mais profundas e afastadas da costa. Uma exceção é o bagre-sapo (*Porichthys*) que vive em águas rasas (Fig. 8d,f).

NADADEIRAS

Em geral, os peixes têm sete nadadeiras, três ímpares (dorsal, anal e caudal) e duas pares (peitorais e pélvicas) (Fig. 9). As nadadeiras têm papel fundamental na locomoção, cada uma delas com uma função específica, relacionada ao movimento de cada espécie de peixe. Muitas espécies nadam primariamente com o movimento das nadadeiras ao invés do movimento ondulatório do corpo. Alguns baiacus (*Tetraodontidae*) e peixes-porco (*Balistidae*), por exemplo, coordenam seu movimento basicamente com as nadadeiras dorsal e anal.

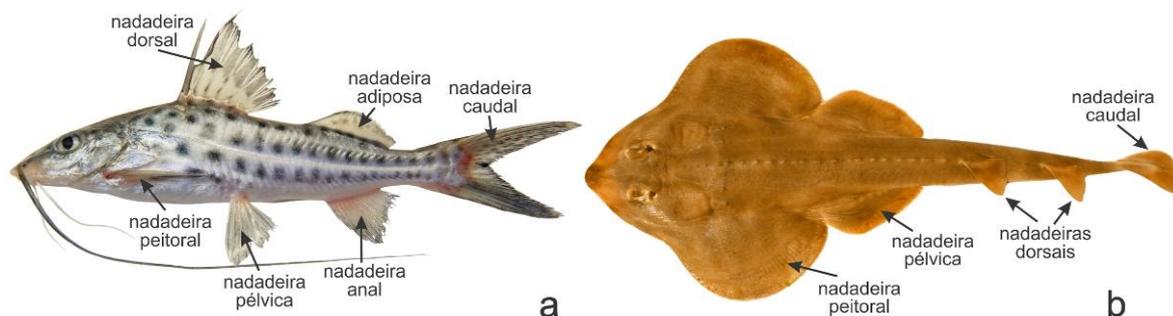


Figura 9. A configuração padrão das principais nadadeiras em um peixe ósseo (a) e um cartilaginoso (raia) (b).

As nadadeiras dos peixes são coordenadas em conjunto, como um sistema, a fim de dar a propulsão, estabilidade, manobra e defesa ao peixe. A forma e posição das nadadeiras são reguladas pelos princípios da hidrodinâmica, baseado nas diferentes formas do corpo e velocidades de natação.

As nadadeiras ímpares (dorsal e anal) geralmente servem para dar estabilidade, controlando o movimento horizontal e vertical, enquanto que a caudal, na maioria dos casos, serve para propulsão. Já as nadadeiras pares (peitorais e pélvicas) em geral controlam o equilíbrio e manobra. Os tubarões têm nadadeiras peitorais largas, semi-rígidas e horizontais (como as asas de um avião), auxiliando a reduzir o afundamento, uma vez que são pesados e não possuem bexiga natatória para auxiliar a flutuabilidade (em vez disso utilizam o esqualene, que é o óleo do fígado do tubarão).

Os Agnathas (lampreias e feiticeiras) não possuem nadadeiras pares. Suas nadadeiras dorsal e anal são bem separadas e não possuem suporte interno (raios dérmicos), sendo sustentadas por hastes cartilagosas, conectadas à coluna vertebral por membranas. São duas dobras de tecido conectivo que se estendem continuamente ao longo da linha média do dorso e do ventre.

Em Chondrichthyes as nadadeiras são bem definidas, a dorsal e anal são separadas e surgem as nadadeiras pares. As nadadeiras formam expansões rígidas no corpo (não se dobras), suportadas por uma placa basal cartilaginosa que se estende para dentro das nadadeiras através dos raios cartilagosos, as ceratotríquias (Fig. 10).

Nos Osteichthyes as nadadeiras ímpares são sustentadas por pequenos ossos basais chamados pterigióforos, aos quais se articulam os raios (lepidotríquias) e os espinhos (actinotríquias) (Fig. 10). As nadadeiras pares são sustentadas por cinturas ósseas.

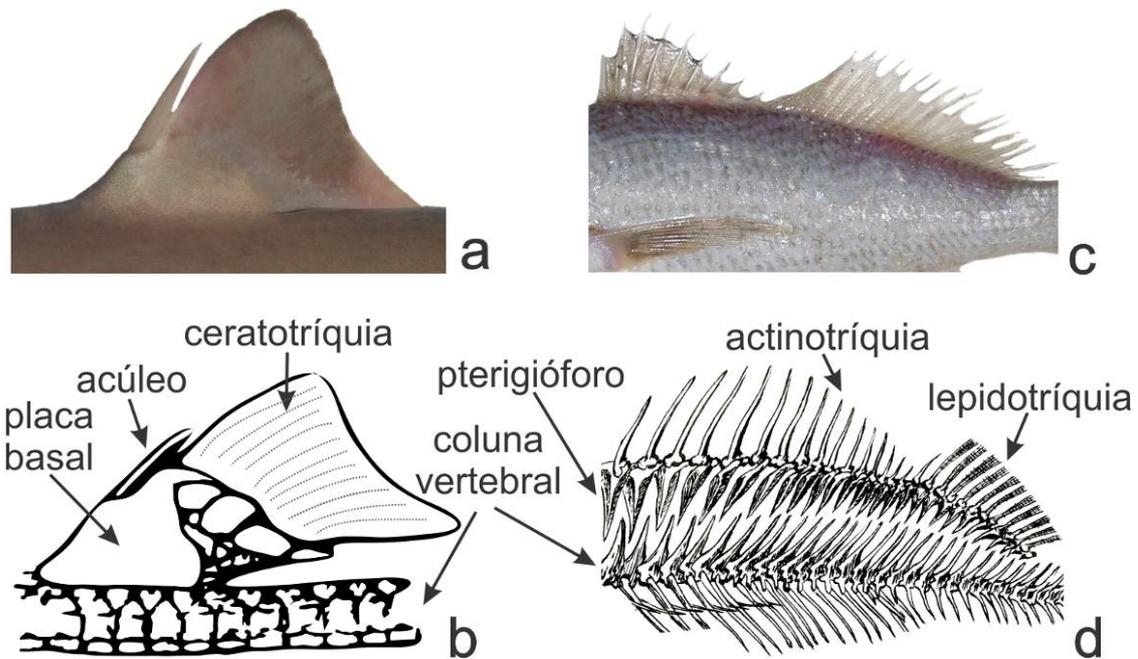


Figura 10. Nadadeira dorsal de um tubarão (a, b) e de um teleósteo (c, d*); raios cartilaginosos (ceratotríquias) são sustentados por placa basal; espinhos (actinotríquias) e raios (lepidotríquias) são sustentados por pequenos ossos basais (pterigióforos).*(d) (imagem de Alberto Rava, em domínio público)

Nadadeiras Dorsais:

A nadadeira dorsal pode apresentar diversas formas (Fig. 11):

A nadadeira dorsal pode ser única, com raios moles (Clupeidae, Fig. 11a, Paralichthyidae Fig. 11b); dupla, sendo a primeira com espinhos e a segunda com raios moles (Sciaenidae, Fig. 11c, Atherinopsidae, Fig. 11d, e Perciformes em geral); duas dorsais contínuas, a primeira com espinho e a segunda com espinhos e raios (Serranidae, Fig. 11e); ou do tipo adiposa, constituída de tecido conectivo, geralmente apenas com ceratotríquias (Salmoniformes/ salmões, Characidae/ lambaris, Siluriformes/ bagres, Fig. 11f, Myctophiformes). Ainda pode ser contínua com a anal (enguia, peixe-rato, linguados, Fig. 11g, Brotulidae, Fig. 11h), ou ainda possuir pínulas (tufos de raios) como o biquir, atuns, Fig. 11i, cavalinhas e alguns Carangidae.

A função primordial da nadadeira dorsal é de dar estabilidade durante a natação, mas foi sendo modificada de várias formas durante a evolução. A nadadeira dorsal pode ainda apresentar diversos tipos de adaptações ou modificações (Fig. 12), algumas vezes desempenhando outras funções.

Diversas espécies apresentam raios ou espinhos formando um filamento alongado, como o alfonsino (*Beryx splendens* Fig. 12a) e a abrótea (*Urophycis brasiliensis* Fig. 12c). Os machos adultos do peixe-porco (*Stephalolepis hispidus*) apresentam dimorfismo sexual: o terceiro raio da primeira nadadeira dorsal é prolongado em um longo filamento (Fig. 12b).

Muitos peixes possuem fortes espinhos na nadadeira dorsal para proteção. Em algumas espécies, como nos bagres (Ariidae) e mandis (Pimelodidae) (Fig. 12e-f), esses espinhos são ligados a glândulas de veneno e, portanto, são chamados de acúleos. De origem homóloga à nadadeira dorsal espinhosa, o disco adesivo das rêmoras (Echeneidae) serve para fixar o peixe em organismos maiores, como tartarugas, tubarões e baleias (Fig. 12g-h). Enquanto estão aderidas a outras espécies, as rêmoras podem se deslocar praticamente sem gasto energético, e ainda se alimentar dos restos não consumidos. O peixe-pescador (*Lophius gastrophysus*) possui um ilício, uma modificação

dos primeiros raios da primeira dorsal que utiliza como isca para atrair presas menores para perto de sua grande boca (Fig. 12i). Em muitas espécies de raias as nadadeiras dorsais são ausentes ou diminutas.

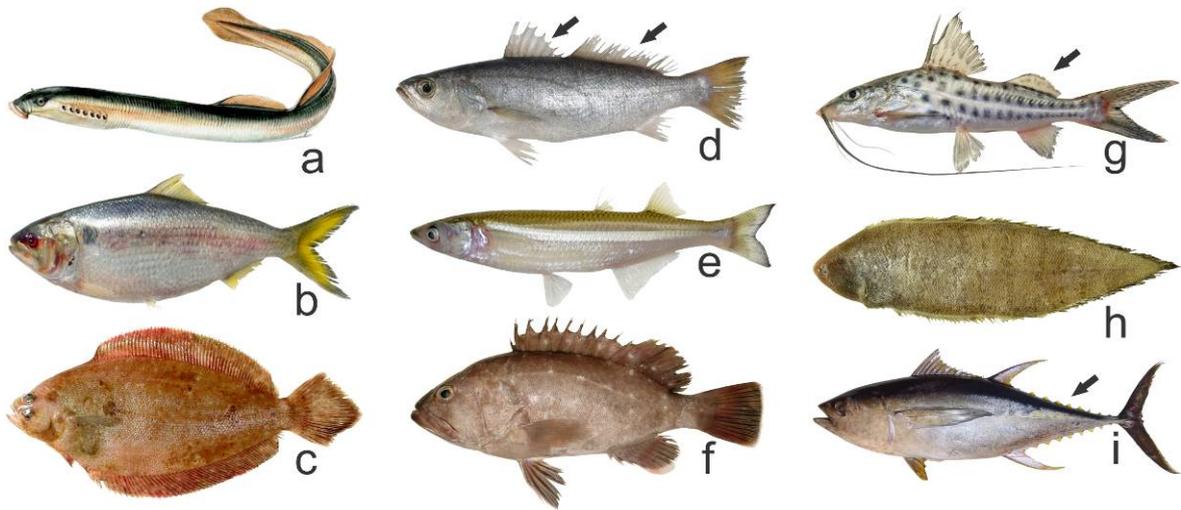


Figura 11. Tipos de nadadeira dorsal: (a) dorsal sem sustentação na lampreia-marinha (*Petromyzon marinus**) (b) nadadeira única e curta na savelha (*Brevoortia pectinata*); (c) nadadeira única e longa no linguado (*Verecundum rasile*); (d) duas dorsais contíguas no goete (*Cynoscion jamaicensis*); (e) duas dorsais separadas no peixe-rei (*Odontesthes humensis*); (f) duas dorsais unidas na garoupa (*Epinephelus niveatus*); (g) com dorsal adiposa (seta) no pintado (*Pimelodus pintado*); (h) dorsal longa e contínua com a nadadeira anal no linguado língua-de-sogra (*Symphurus jenynsii*); (i) dorsal com pínulas (seta) na albacora-lage (*Thunnus albacares*). *Ilustração "Flussneunauge" em domínio público, da Wikimedia.org.

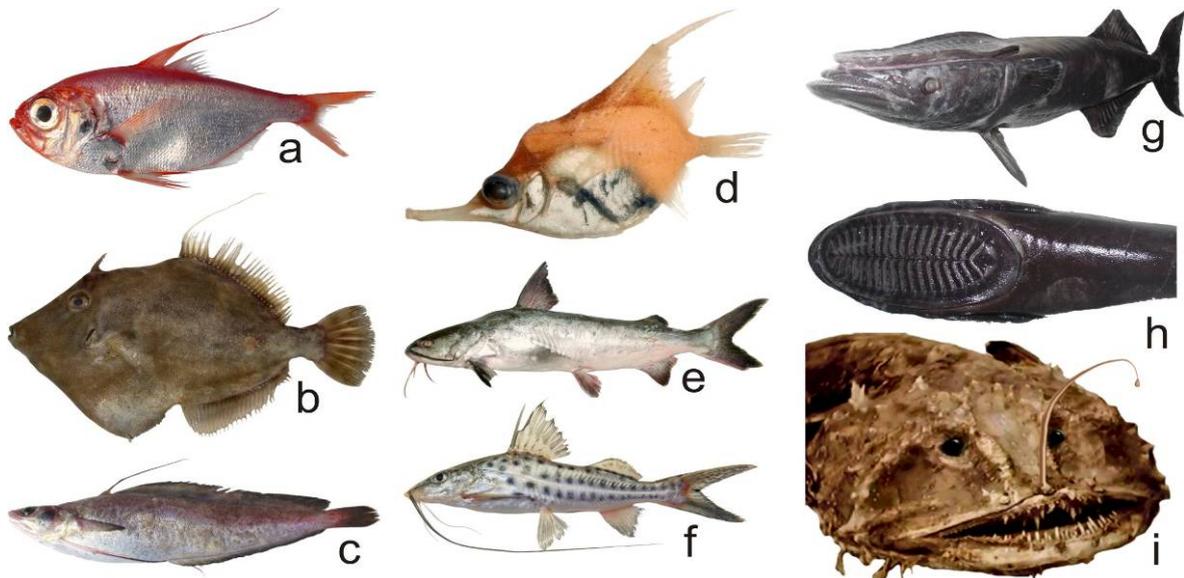


Figura 12. Adaptações na nadadeira dorsal em forma de filamento: (a) Alfonsino (*Berix splendens*), (b) peixe-porco (*Stephanolepis hispidus*) e (c) abrótea (*Urophycis brasiliensis*); modificada em espinho: (d) (*Notopogon fernandezianus*); modificada em acúleo venenoso: (e) bagre (*Genidens genidens*) e (f) pintado (*Pimelodus pintado*); modificada em disco adesivo: rêmora (*Remora brachyptera*) (g) vista lateral e (h) vista superior; formando um ilício: (i) peixe-pescador (*Lophius gastrophysus*).

Nadadeira Anal:

A nadadeira anal pode ser longa nos linguados (Pleuronectiformes), auxiliando a se enterrar na areia, e também nos peixes-elétricos (Gymnotiformes), proporcionando maior estabilidade ao nadar. A adaptação mais interessante talvez seja a encontrada em um pequeno grupo de água doce com fecundação interna (Anablepidae e Poeciliidae). Os barrigudinhos machos têm a nadadeira anal modificada em um órgão copulatório, o gonopódio, que é usado para o transporte do espermatozóide na fertilização interna (Fig. 13).

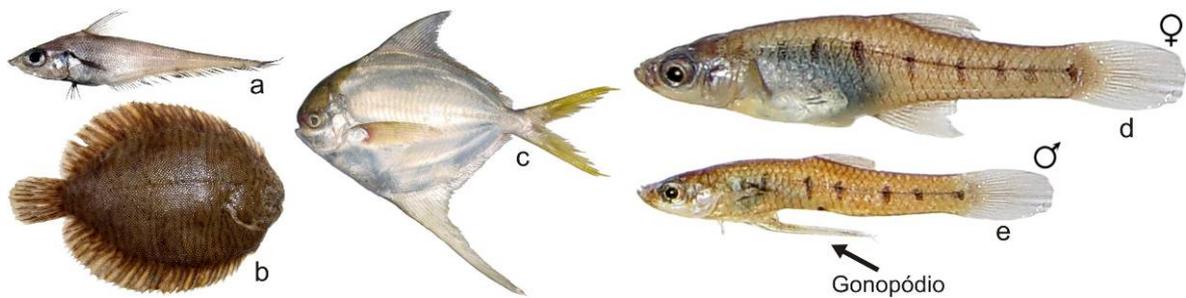


Figura 13. Exemplos de nadadeira anal. Nadadeira anal longa: (a) peixe-rato (*Coelorrinchus marinii*); (b) linguado (*Cathathyridium garmanii*); nadadeira anal longa e falcada: (c) pampo (*Peprilus paru*); Modificação da nadadeira anal formando o gonopódio em barrigudinhos (*Cnesterodon decemmaculatus*) (d) fêmea sem gonopódio e (e) macho com gonopódio.

Nadadeira Caudal:

As nadadeiras caudais dos peixes variam enormemente quanto à forma externa e anatomia interna. Os diferentes tipos de nadadeira podem fornecer informações sobre o tipo e velocidade de natação, adaptações ecológicas e filogenia.

Quanto à anatomia interna, existem quatro tipos básicos de nadadeiras: Protocerca é o tipo mais primitivo, onde uma cauda indiferenciada se estende até o final do corpo, como nos Agnathas (lampreias e peixes-bruxa Fig. 14a-b) e larvas de alguns peixes. Heterocerca (lobos diferentes) os lobos superior e inferior são desiguais, e a coluna vertebral se estende para o ramo superior da nadadeira caudal, como nos esturjões (Fig. 14c), tubarões (Fig. 14d-e) e raias. A nadadeira Homocerca (lobos iguais) é encontrada nos peixes mais evoluídos, e os raios são simetricamente dispostos e unidos a pequenos ossos presos à última vértebra (Fig. 14f-h). A nadadeira Dificerca (ou Leptocerca) lembra a protocerca, pois os raios das nadadeiras anal e dorsal são unidos à caudal, como em peixes pulmonados (Dipnoi), celacantos, peixes-rato (Macrouridae Fig. 13a) e vários peixes Anguiliformes (Fig. 14i-k).

As nadadeiras caudais podem apresentar inúmeras formas, mas as principais são: pontuda, arredondada, truncada, emarginada, furcada e lunada (Fig. 15). Em geral, os grandes peixes pelágicos que nadam velozmente possuem nadadeira lunada e pínulas no pedúnculo caudal. Nadadeiras furcadas ocorrem em grande parte dos peixes, como por exemplo, as sardinhas (Clupeidae), os lambaris, pargos, bagres, além de muitos dos Carangídeos. A nadadeira do tipo emarginada ocorre em alguns baiacus, em peixes-cirurgião, peixes-batata (*Lopholatilus villarii*), entre outros. A nadadeira truncada é encontrada na cabrinha (*Prionotus punctatus*), alguns cienídeos adultos como a corvina, a miraguaia, a pescada-olhuda e o goete, algumas garoupas (Serranidae), etc. A nadadeira do tipo arredondada ocorre, por exemplo, no paru adulto (*Pomacanthus paru*), no peixe-porco (*Stephanolepis hispidus*), nos Gobiidae e algumas abróteas (Phycidae). Nadadeiras caudais pontudas ocorrem por exemplo, em alguns cienídeos adultos como a pescadinha (*Macrodon*) e diversos linguados.

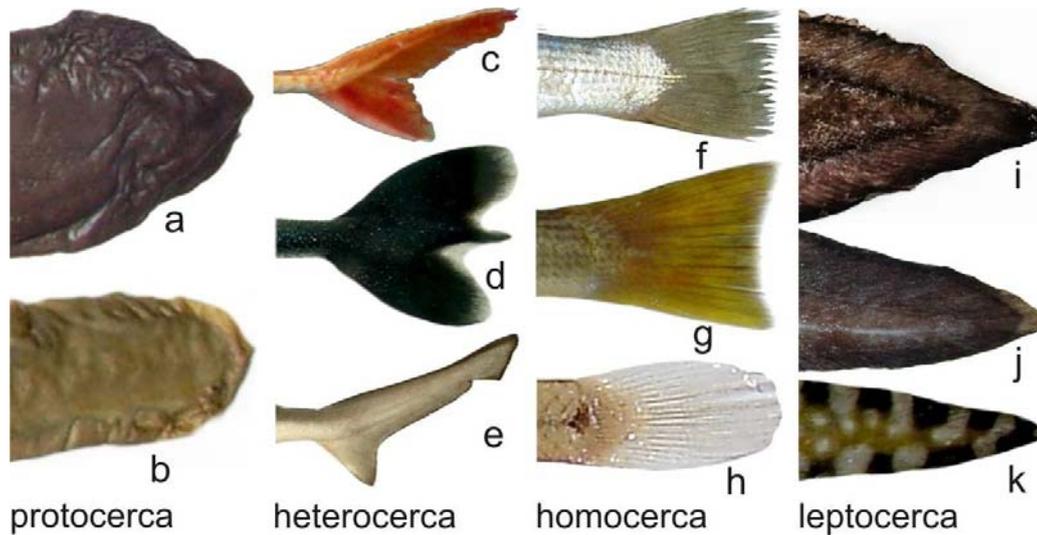


Figura 14. Classificação das nadadeiras caudais quanto à anatomia interna: Protocerca: peixes-bruxa (a) *Eptatretus menezesi* e (b) *Myxine sotoi*; Heterocerca: (c) esturção (*Acipenser**); (d) tubarão-anão (*Squaliolus laticaudus*); (e) cação-frango (*Rhizoprionodon lalandii*); Homocerca: (f); pescada-olhada (*Cynoscion guatucupa*); (g) castanha (*Umbrina canosa*); (h) barrigudinho (*Cnesterodon*); Leptocerca: (i) Ophidiidae (*Brotula barbata*); (j) Zoarcidae (*Notolycodes schmidti*); (k) moréia (*Gymnothorax ocellatus*). * detalhe de foto de Patrick O'Neil, Geological Survey of Alabama.

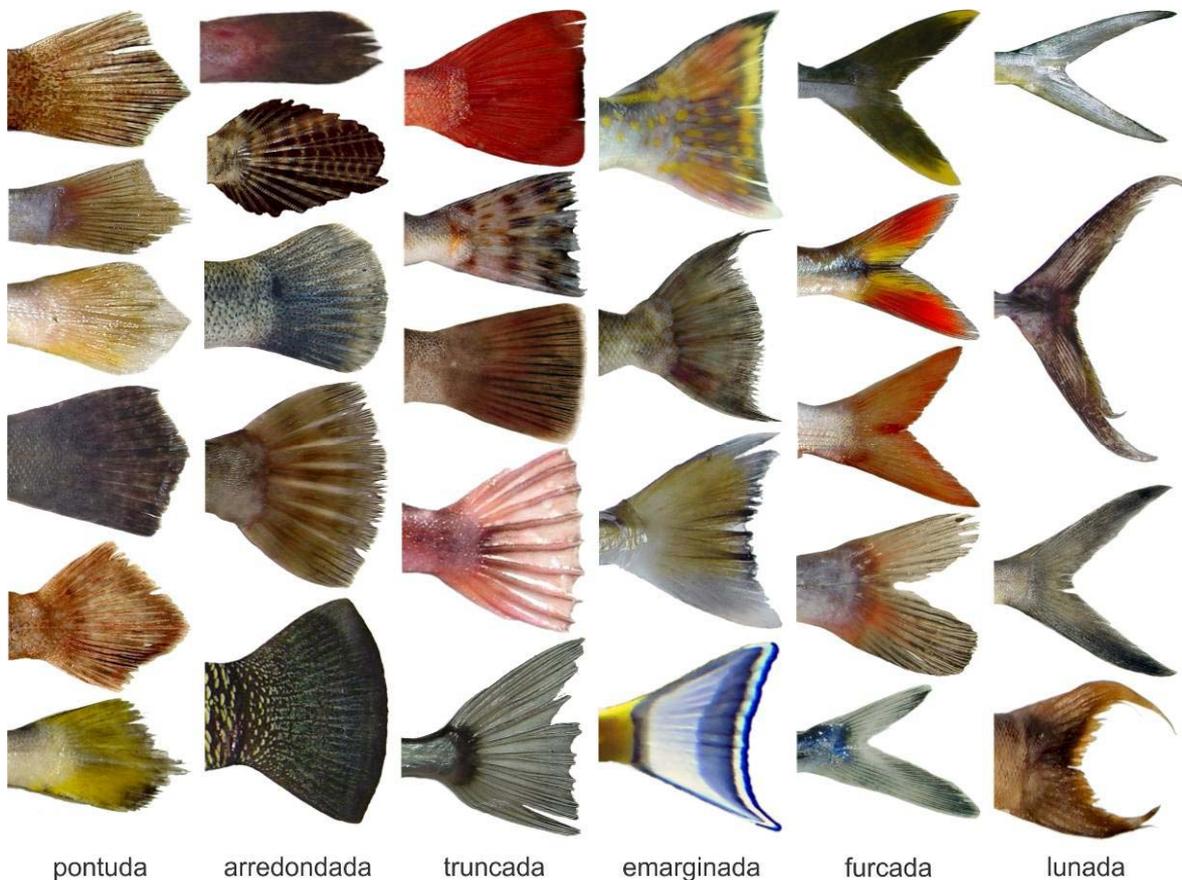


Figura 15. Exemplo das principais formas de nadadeiras caudais dos peixes.

Em algumas espécies de peixes, o formato das nadadeiras pode mudar durante o crescimento, como por exemplo, a pescada-olhuda e a corvina, que quando juvenis possuem nadadeira caudal pontuda, e conforme crescem torna-se truncada. Os peixes-voadores (Exocoetidae e Hemiramphidae) têm o lobo inferior da nadadeira caudal alargado, utilizado como órgão propulsor na superfície da água (Fig. 15 - linha inferior, Fig. 16f). Alguns peixes não possuem nadadeira caudal, como alguns Anguiliformes (Fig. 4i), os cavalos-marinhos (Fig. 4q), entre outros.

Nadadeiras Peitorais:

As quimeras nadam através do batimento de suas nadadeiras peitorais flexíveis (Fig. 16a). Nos tubarões as nadadeiras peitorais apresentam-se rígidas, parecendo asas de avião que não se dobram, servindo para manter a profundidade durante a natação (Fig. 16b). A maioria das raias nada pelo batimento ou ondulação das largas nadadeiras peitorais, que também auxiliam a “planar” na água devido à grande superfície (Fig. 16e). Na raia-viola e no cação-anjo, as peitorais largas também servem para manter a profundidade e planar, mas o movimento de natação é realizado pela ondulação dos fortes músculos da cauda (Fig. 16d).

Nos teleósteos, as nadadeiras peitorais estão em posição lateral ao corpo, e podem se situar acima da linha média do peixe (posição superior), ou abaixo da linha média (posição inferior). As nadadeiras peitorais podem ter posição superior e serem largas e com grande superfície, como no peixe-voador (Fig. 16f-h), que precisa de estabilidade para planar no ar. Ou ainda serem largas e com posição inferior para planar na água, como fazem as cabrinhas (Fig. i- j) e os coiós (Fig. 16k) que vivem sobre o fundo. As nadadeiras peitorais das cabrinhas têm outra modificação interessante: possuem três raios da livres, não unidos por membrana, dotados de células sensoriais, que utilizam para encontrar invertebrados enterrados no sedimento do fundo oceânico (Fig. 16i, j setas). Os bagres (Siluriformes) têm acúleos venenosos nas peitorais, que servem para proteção (Fig. 16l). No peixe-morcego, a nadadeira peitoral dá sustentação para conseguir “andar” sobre o fundo (Fig. 16m). No peixe-lanterna, as peitorais são modificadas em um comprido filamento (Fig. 16n). Em peixes que atingem grandes velocidades, como os atuns, as peitorais geralmente são rentes ao corpo, rígidas e falcadas (Fig. 16o).

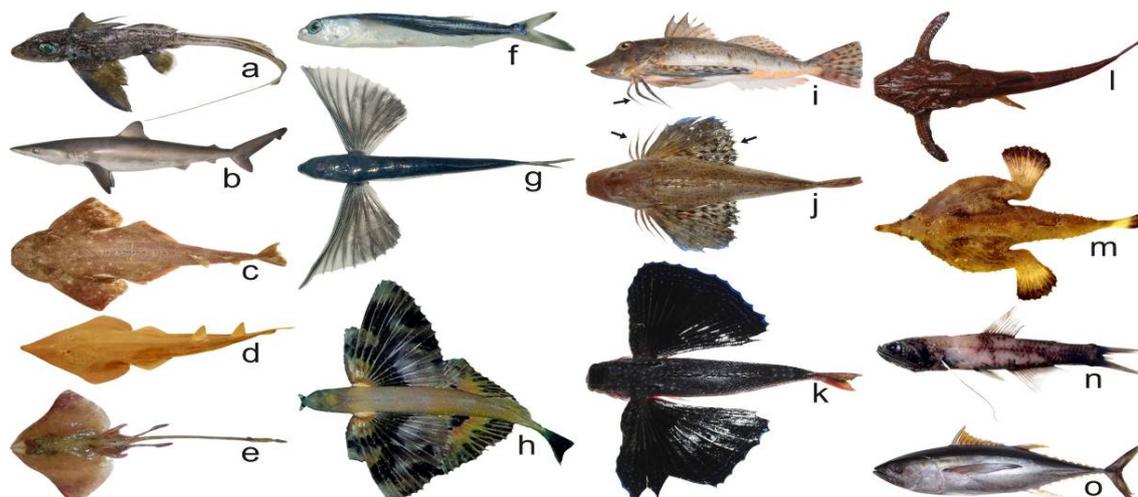


Figura 16. Exemplos de nadadeiras peitorais: (a) quimera (*Hydrolagus matallanasi*); (b) tubarão-toninha (*Carcharhinus signatus*); (c) cação-anjo (*Squatina guggenheim*); (d) raia-viola (*Rhinobatus horkelli*); (e) raia (*Gurgesiella dorsalifera*); (f-g) peixe-voador (*Exocoetus volitans*); (h) peixe-voador (não identificado); (i-j) cabrinha (*Prionotus punctatus*); (k) coió-voador (*Dactylopterus volitans*); (l) guitarreiro (*Bunocephalus sp.*); (m) peixe-morcego (*Ogcocephalus vespertilio*); (n) peixe-lanterna (*Lampanyctus australis*); (o) albacora-lage (*Thunnus albacares*).

Nadadeira pélvicas:

Além de auxiliar na estabilidade durante o movimento, as nadadeiras pélvicas também apresentam diversas modificações e adaptações, algumas lhes permitindo desempenhar outras funções. Em alguns peixes as nadadeiras pélvicas estão modificadas formando um disco de sucção, como uma ventosa, que é utilizada para prender-se em pedras no fundo, como os gobídeos (Fig. 17a,b). Em outros, a nadadeira pélvica está reduzida a um longo filamento sensorial, que auxilia na busca por alimento, como na abrótea (*Urophycis*), um peixe que vive junto ao fundo (Fig. 17c).

Uma importante modificação evolutiva e funcional é encontrada nas nadadeiras pélvicas dos tubarões e raias (Classe Chondrichthyes), onde os machos desenvolveram um par de órgãos copulatórios para a fecundação interna das fêmeas, chamado clássper, (Fig. 17d).

Nos peixes-morcego (Ocgcephalidae), as nadadeiras pélvicas são rígidas, permitindo elevar o corpo e “caminhar” sobre o fundo (Fig. 17f). Diversas espécies de peixes não apresentam nadadeiras pélvicas, como os baiacus e alguns Anguiliformes, enquanto em outras, estas nadadeiras podem ser muito rudimentares, como nos cangulos e peixes-porco (Balistidae), nos quais ela é reduzida a um espinho curto (Fig. 17g).

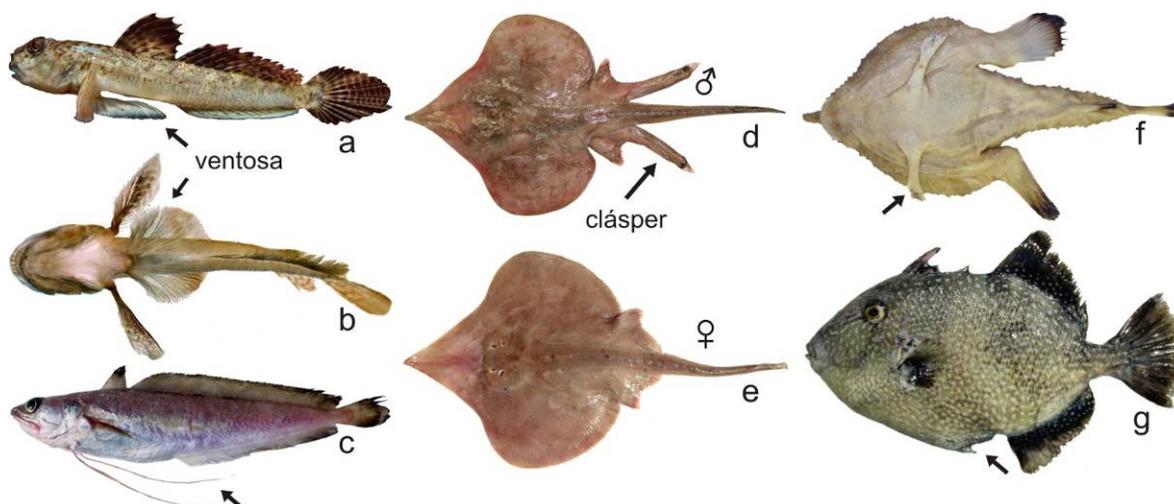


Figura 17. Adaptações nas nadadeiras pélvicas: formando uma ventosa na maria-da-toca (*Ctenogobius* sp) em (a) vista lateral e (b) ventral; (c) pélvica filamentosa na abrótea (*Urophycis mystacea*); (d) formando o clássper nos machos da raia-emplastro (*Sympterygia acuta*) e (e) fêmea da mesma espécie de arraia; (f) modificada para “caminhar” sobre o fundo no peixe-morcego (*Ocgcephalus vespertilio*), vista ventral; (g) pélvica rudimentar em Balistidae.

As nadadeiras pélvicas são muito variáveis e sua posição em relação às nadadeiras peitorais pode indicar a filogenia dos grupos. A tendência é as pélvicas moverem-se para frente em peixes mais avançados, enquanto as peitorais tomam posição mais elevada (Fig. 18).

Os peixes primitivos (ancestrais) têm as nadadeiras pélvicas localizadas na parte posterior e ventral do corpo, em posição abdominal, logo à frente da nadadeira anal. São peixes que têm as nadadeiras com raios moles, por exemplo o esturjão (Fig. 18a,b), a sardinha (Clupeidae Fig. 18e) e o salmão (Salmonidae). Peixes mais evoluídos têm nadadeiras pélvicas mais anteriores, próximas ou bem abaixo das nadadeiras peitorais, em posição torácica (Fig. 18f-h). São peixes que tem nadadeiras com espinhos e raios, ex: corvina (Sciaenidae Fig. 18f), pampo (Carangidae Fig. 18h). Alguns peixes têm as pélvicas situadas anteriormente às nadadeiras peitorais, em posição jugular (Fig. 18i-k),

ex: Gadiformes como as merluzas (Merlucciidae Fig. 18i), miracéu (Batrachoididae Fig. 18j), abróteas (Phycidae Fig. 18k), bacalhaus, Ophidiiformes, blênios (Bleniidae).

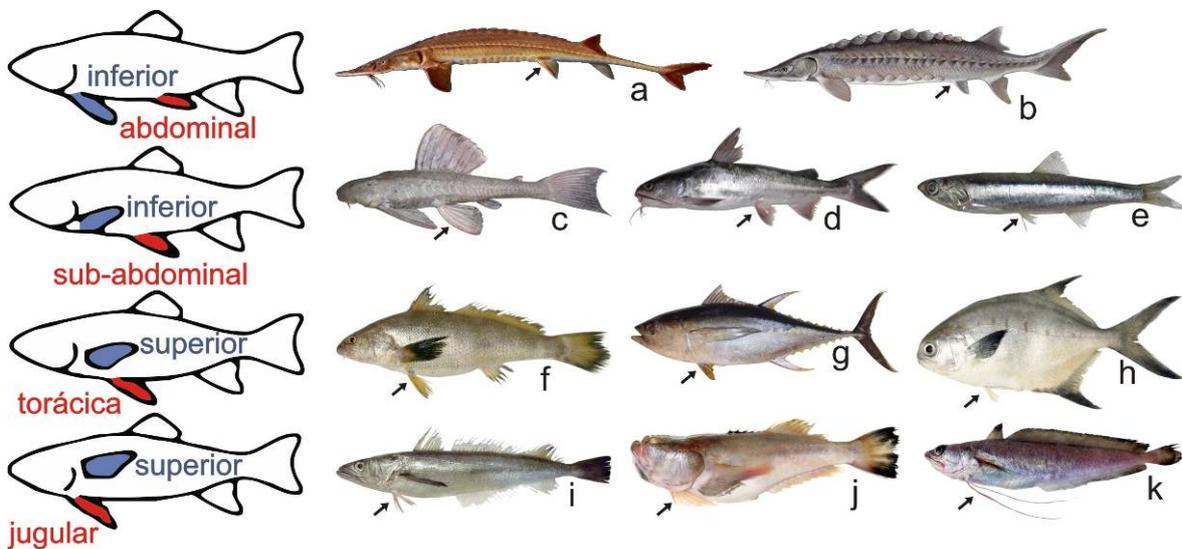


Figura 18. Posição da nadadeira pélvica (em vermelho) em relação à nadadeira peitoral (em azul), da posição mais posterior à mais anterior. Exemplos: (a) esturjão do Alabama (*Scaphyrhynchus suttkusi**) (b) esturjão (*Acipenser oxyrhynchus**); (c) cascuda (*Hypostomus commersoni*); (d) bagre (*Genidens genidens*); (e) anchoita (*Engraulis anchoita*); (f) papa-terra (*Menticirrhus americanus*); (g) atum (*Thunnus albacares*); (h) (*Trachinotus marginatus*); (i) merluza (*Merluccius hubbsi*); (j) miracéu (*Astroscopus sexspinosus*); (k) abrótea (*Urophycis mystacea*). Esquemas à esquerda adaptados de Stiassny (1996). * foto do esturjão (a) de Patrick O'Neil, Geological Survey of Alabama, e (b) de Duane Raver, National Conservation Training Center-Publications & Training Materials (ambas em Domínio Público, na Wikimedia.org).

BOCA E FOCINHO

A posição, o tamanho, o formato da boca e os tipos de dentes dão grandes pistas sobre os hábitos, a forma de captura e a alimentação de um peixe. Por exemplo uma longa boca prostrátil pode indicar que as presas são engolidas inteiras, por sucção. A presença de barbilhões sensoriais abaixo da boca é um forte indício de que o peixe “fareja” seu alimento se movimentando sobre o substrato, como fazem as cabrinhas e bagres. Uma grande boca que se abre enquanto o peixe nada é típica de peixes filtradores, como o tubarão-baleia. Muitos destes peixes filtradores possuem rastros branquiais longos e numerosos, funcionando como uma peneira para reter o alimento.

Em relação à posição, a boca pode ser terminal, sub-terminal, inferior ou superior (Fig. 19). De forma geral, peixes com boca em posição superior alimentam-se do que está acima dele; geralmente são peixes predadores que possuem fortes dentes, vivem na superfície ou junto dela, como a barracuda, ou sobre o fundo, como o miracéu e o tiravira (Fig. 19). Peixes com boca em posição inferior geralmente alimentam-se do que está abaixo, junto ao fundo; frequentemente são bentófagos; alguns possuem fortes dentes faríngeos para triturar crustáceos e moluscos, ex: corvina, papa-terra, cabrinha, tubarões, raias (Fig. 19). Peixes com boca em posição terminal em geral alimentam-se na coluna d’água, ex: peixe-rei, lambari, tainhas, atuns (Fig. 19).

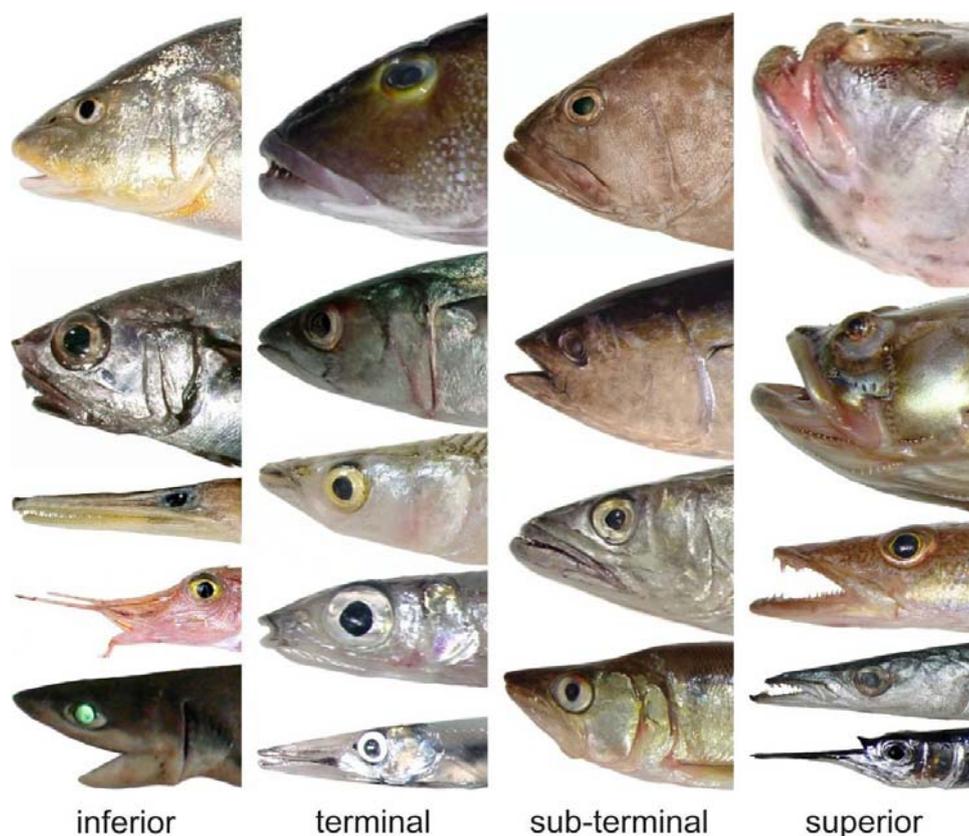


Figura 19. Exemplo das posições e morfologia das bocas dos em diversas espécies.

Alguns peixes possuem a boca prostrátil, ou seja, podem projetar os ossos da mandíbula e/ou maxila (Fig. 20a), produzindo assim uma forte sucção e permitindo capturar presas à distância (Fig. 20b-d). O movimento de protrusão aumenta as chances de capturas do alimento, pois estende a boca em direção à presa a uma velocidade muito maior que o peixe levaria para impulsionar seu corpo todo dentro da água. Em geral, peixes com bocas prostráteis são zooplancófagos. Nos peixes com boca prostrátil, a direção do movimento de projeção da boca é fixa, para frente, para baixo (Fig. 20b-c) ou para cima (Fig. 20d-e).

Outros exemplos de adaptações são as bocas alongadas e tubulares, presentes em alguns teleósteos. O tamanho alongado se deve ao maior comprimento do osso hiomandibular e a expansão lateral dos ossos operculares, permitindo que a cavidade da boca e brânquias se alargue rapidamente e crie uma forte sucção. Nos *Fistulariidae*, *Syngnathidae* e *Chaetodontidae*, as mandíbulas são encurtadas para limitar a abertura da boca, resultando num aumento da velocidade da água que entra e sai da boca (Fig. 21a,c,d).

O focinho longo dos peixes predadores se deve ao aumento dos ossos da boca, pré-maxilar, maxilar (sup.) e dentário (inf.). Os dentes são pontudos e longos para agarrar e perfurar a presa, como em *Percophis* e *Sphyaena* (Fig. 19, boca superior, exemplos 3 e 4 de cima para baixo).

Outra adaptação interessante é de uma pequena raia-elétrica que vive entre 400 e 800 m de profundidade, *Benthobatis krefftii*. Ela vive sobre o fundo marinho revolvendo o substrato com sua boca carnosa e tubular (Fig. 21f) à procura de do seu alimento, pequenos vermes e crustáceos.

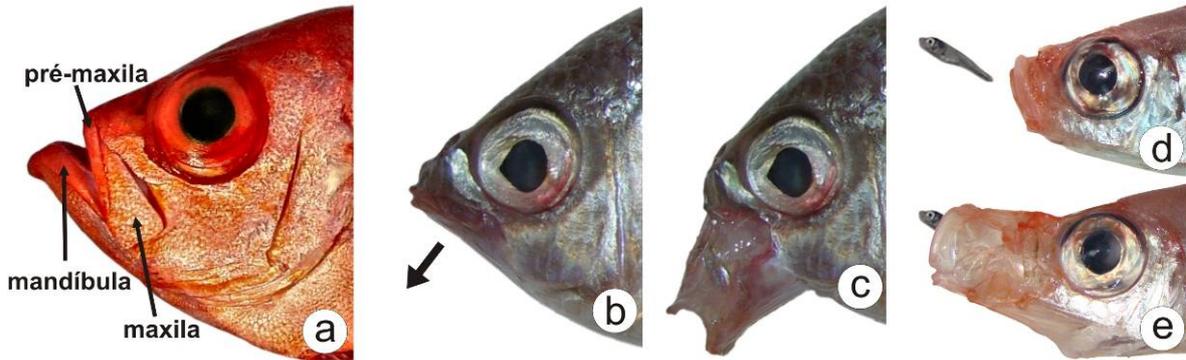


Figura 20. Esquema dos principais ossos da boca (a). Exemplo de boca protraível para baixo no carapicu (*Eucinostomus gula*) com boca fechada (b) e com boca protraída (c). Exemplo de boca protraível para cima em *Zenion hololepis* (Zeniontidae) com boca fechada (d) e com boca protraída, capturando uma larva de peixe (e).

A cascuda-viola (*Loricariichthys anus*) possui uma boca localizada na parte ventral do corpo, adaptada a sugar. O lábio superior e inferior são unidos por uma membrana com as margens franjadas, com duas “almofadas” carnosas no lábio inferior (Fig. 21g-h). Além de servir para sugar o alimento (basicamente restos vegetais raspados do sedimento e rochas), a membrana funciona também como uma ventosa que permite ao peixe ficar aderido ao substrato, ou algum objeto submerso, como rochas, troncos, etc. A cascuda-escura (*Hypostomus commersoni*) possui a boca semelhante e em posição ventral, mas no lábio inferior possui inúmeras papilas sensoriais (Fig. 21i).

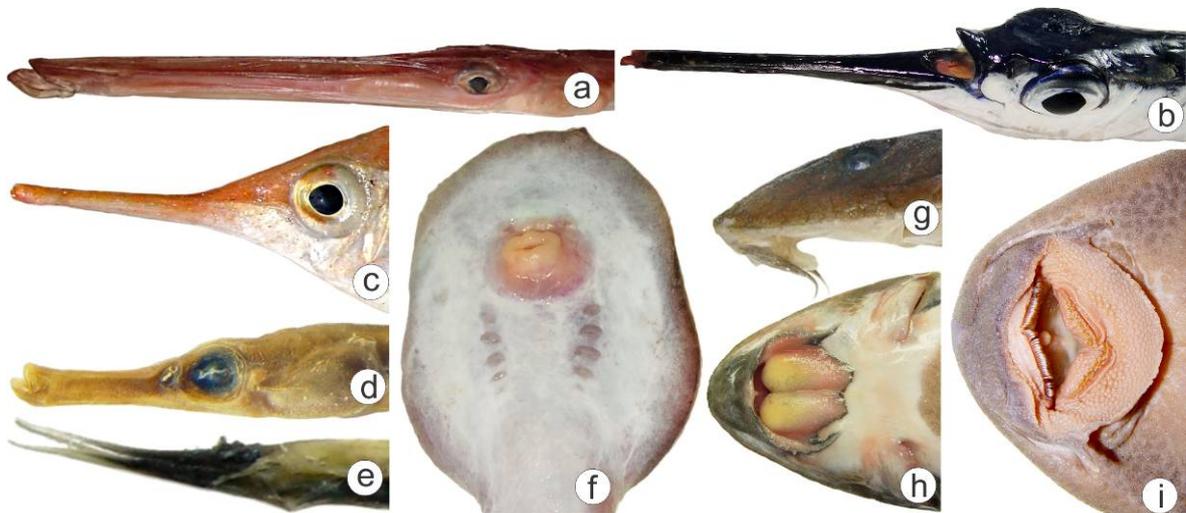


Figura 21. Outras adaptações das bocas dos peixes em detalhe: (a) peixe-trombeta (*Fistularia petimba*); (b) peixe-agulha (*Euleptorhamphus velox*); (c) (*Macrorhamphosus scopolax*); (d) peixe-cachimbo (*Syngnathus folletii*); (e) peixe-fita (*Serrivomer schmidtii*); (f) raia-elétrica-cega (*Benthobatis krefftii*) em vista ventral; (g,h) cascuda-viola (*Loricariichthys anus*) em vista lateral e ventral; (i) cascuda-escura (*Hypostomus commersoni*) em vista ventral.

DENTES

A posição e forma dos dentes limitam o tipo de alimento que podem consumir. Dentes grandes e pontiagudos geralmente são encontrados em peixes caçadores predadores. Dentes fortes e achatados indicam alimentação de organismos duros, como conchas e crustáceos com fortes carapaças. As lampreias (Agnatha) não têm mandíbula, apenas dentes córneos no funil bucal, que servem para se prenderem e perfurarem a presa (Fig. 22a). As feiticeiras ou peixes-bruxa (Agnatha) possuem apenas uma língua prostrátil, sem dentes.

Grande parte dos tubarões (Chondrichthyes) apresenta várias séries de dentes grandes, afiados, pontiagudos e direcionados para trás, permitindo segurar e cortar presas (Fig. 22b-c). Outros possuem dentição semelhante, mas de tamanho relativamente menor (Fig. 22d). Alguns tubarões possuem dentes achatados, dispostos em placas, especializados em esmagar o alimento, como é o caso do cação-listrado (*Mustelus fasciatus*) que se alimenta basicamente de siris e caranguejos (Fig. 22e). O mesmo ocorre com várias raias e quimeras que se alimentam de crustáceos e moluscos de conchas duras (Fig. 22f-g).

Os teleósteos também apresentam uma grande diversidade de dentições. Podem apresentar dentes maxilo-mandibulares encontrados no maxilar, pré-maxilar e dentário; dentes bucais localizados no teto da cavidade sustentados pelo vômer, palatino e ectopterigóide, além de dentes faringeanos, que ocorrem em almofadas junto aos arcos branquiais formando um só conjunto.

Os principais tipos de dentes presentes nos peixes são:

caninos: dentes fortes e cônicos, em forma de presas, geralmente com a função de segurar as presas. Muitas vezes dispostos nas extremidades da boca e encontrados em peixes predadores ativos. Exemplos: *Lophius* (Fig. 22j), *Percophis* (Fig. 22m), *Sphyaena*.

achatados, triangulares e cortantes: encontrados em alguns tubarões (Fig. 22b) e nas piranhas.

incisivos: dentes grandes com a margem cortante; podem estar fusionados formando um bico cortante, como nos baiacus (Tetraodontiformes Fig. 22p) e quimeras (Holocephali);

cardiformes: dentes pequenos, finos, agrupados em placas, como por exemplo, nas placas faringeanas dos bagres (Siluriformes);

viliformes: dentes pequenos, alongados e pontiagudos; peixe-agulha *Belone*;

molariformes dentes achatados, adaptados para esmagar os alimentos. Podem ter a forma de pavimento como em tubarões (Triakidae Fig. 22e) e algumas raias (Rhinopterae, Rajidae Fig. 22f, Rhinobathidae Fig. 22g), ou dispostos em placas faringeanas em Sciaenidae.

Alguns tubarões, por exemplo, apresentam grandes dentes triangulares cortantes na maxila e dentes menores e pontiagudos na mandíbula (Fig. 22b), outros apresentam dentes tricúspides (com três pontas).

Alguns peixes possuem dentição especializada para algum tipo de alimentação, como a cascuda (*Hypostomus commersoni*), que possui séries de pequenos dentes alongados, especializados para raspar vegetais de pedras e objetos submersos (Fig. 22h).

Na maioria das vezes os peixes apresentam combinações de vários tipos de dentes. Muitos teleósteos predadores possuem dentes caninos na parte anterior e viliformes na posterior (Fig. 22k,m,n).



Figura 22. Dentes córneos no funil bucal da lampreia (a) (*Lampetra fluviatilis**); dentes pontiagudos do tubarão (b) tubarão-azul (*Prionace glauca*); (c) tubarão-martelo (*Sphyrna zigaena*); (d) *Galeus mincaronei*; dentes em forma de pavimento (e) cação-listrado (*Mustelus fasciatus*); (f) raia-emplastro (*Sympterygia acuta*); (g) raia-viola (*Rhinobatus horkelli*); dentes especializados em raspar (h) cascuda (*Hypostomus commersoni*); (i) congro-negro (*Conger orbygnianus*); dentes caninos (j) peixe-pescador (*Lophius gastrophysus*); (k) peixe-víbora (*Chauliodus minimus*); (l) *Gephyroberyx darwinii*; (m) tira-vira (*Percophis brasiliensis*); (n) peixe-rato (*Malacocephalus occidentalis*); (o) peixe-dragão (*Melanostomias niger*); dentes incisivos (p) baiacu-de-espinhos (*Cyclichthys spinosus*). *Foto da lampreia por M.Buschmann (Wikimedia.org), foto dos dentes da lampreia PD-USGov-EPA (domínio público).

BARBILHÕES

Muitas espécies de peixes apresentam barbilhões sensoriais, próximos à boca (Fig. 23), como a miragaia, o bagre, a corvina, as cabrinhas e o peixe-sapo. São geralmente filamentosos, algumas vezes muito longos, podendo ser até bifurcados. Os barbilhões apresentam células sensoriais que auxiliam na localização de alimento sobre o fundo.

Os peixes que habitam grandes profundidades (abissais) frequentemente têm longos barbilhões ornamentados, na maioria das vezes com órgãos luminosos (fotóforos) (Fig. 23j-l).

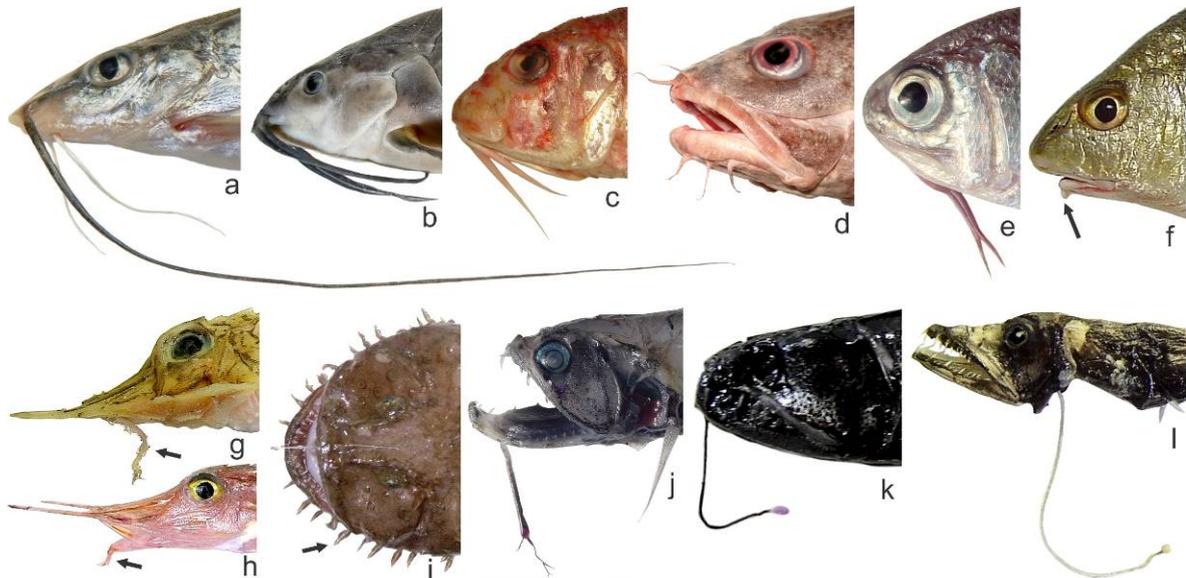


Figura 23. Tipos de barbilhões em peixes demersais; (a) mandi (*Parapimelodus nigribarbis*), (b) cascuda (*Hoplosternum littorale*); (c) trilha (*Mullus argentinus*); (d) Ophidiidae (*Brotula barbata*); (e) barbuda (*Polymixia lowei*); (f) castanha (*Umbrina canosa*); (g-h) (Triglidae); (i) peixe-pescador (*Lophius gastrophysus*); Peixes batipelágicos com fotóforos no barbilhão: (j) *Stomias affinis*; (k) *Astronesthes* sp.; (l) Stomiiformes.

OLHOS

Os peixes apresentam uma grande variedade de adaptações que ajudam a otimizar a visão. Alguns são adaptados aos ambientes muito iluminados, como a zona epipelágica (zero a 200 m), outros às zonas abissais dos oceanos onde a luz solar nunca penetra. As adaptações incluem mudanças no tamanho, forma, posição, orientação, mecanismos de proteção dos olhos e até os tipos e quantidades de pigmentos visuais.

Algumas quimeras, por exemplo, possuem olhos muito desenvolvidos (Fig. 24a), permitindo enxergar em ambientes com pouquíssima luz, assim como muitos tubarões.

Por outro lado, alguns peixes, como a raia-elétrica-cega (*Bentobathys kreffti*) não possuem olhos funcionais, provavelmente como resultado de uma evolução degenerativa (Fig. 24b). Essa raia incomum vive em ambientes desprovidos de luz, logo, com o desenvolvimento de outros órgãos sensoriais, como a captação de campos elétricos de outros organismos, os olhos foram deixando de ser essenciais à sua sobrevivência. A ausência de olhos funcionais ocorre de maneira convergente também nos peixes-bruxa (Myxinidae) e em vários peixes restritos a cavernas submersas.

Algumas espécies de raias (Rajidae) possuem um opérculo pupilar, uma membrana que funciona como uma cortina, permitindo regular a entrada de luz na pupila (Fig. 24c,d). Segundo alguns autores, sob condições de baixa iluminação, melhoram o foco, a resolução visual e o foco. Como muitas destas espécies possuem hábito de se enterrar na areia, possivelmente oferece uma proteção aos olhos contra o atrito com o sedimento.

Funcionando também como um mecanismo de proteção, muitos tubarões (Carcharhiniformes) possuem membranas nictitantes (Fig. 24e), que funcionam como pálpebras, cobrindo os olhos quando eles estão atacando uma presa ou quando sofrem algum impacto.

Os tubarões-martelo possuem os olhos e narinas situados em duas projeções laterais da cabeça, os lobos cefálicos (Fig. 24f). Uma das possíveis funções dessa adaptação seria a aumentar a visão estereoscópica. Além disso, poderia melhorar a manobrabilidade, possibilitar o “olfato estéreo”, aumentando a localização de odores e presas, além de ampliar a área dos sensores de detecção de campos eletromagnéticos e de pressão.

Existe um peixe bentônico, o miracéu (*Astroscopus sexspinosus*) que possui interessantes adaptações no corpo para viver enterrado na areia. O significado da palavra *Astroscopus*, derivada do latim, já diz tudo, “aquele que olha as estrelas”. Sua cabeça possui os olhos, narinas e quase toda a boca na parte dorsal do corpo, virados para cima (Fig. 24g,h), de forma que, quando enterrado, essas partes fiquem acima da areia. Além disso, suas largas nadadeiras peitorais funcionam como pás, permitindo ao peixe se enterrar na areia em alguns segundos (Fig. 18j).

Os linguados (Pleuronectiformes) também possuem os olhos adaptados à vida bentônica, já que passam grande parte do tempo enterrados sob o substrato. Os dois olhos ficam no mesmo lado do corpo (Fig. 18j). Durante a fase de metamorfose, no final da fase larval e pouco antes de iniciar a vida sob o fundo, um dos olhos migra para o outro lado. Além disso, adquirem coloração apenas no lado dos olhos.

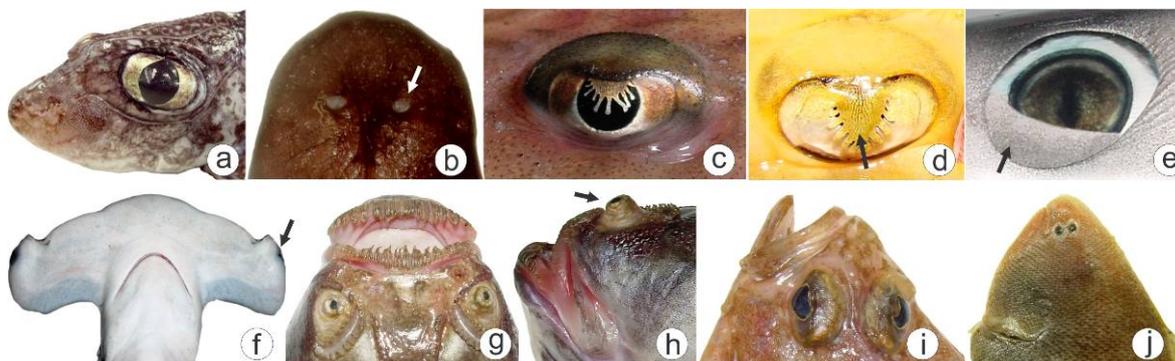


Figura 21. Exemplos de adaptações relacionadas à visão dos peixes: (a) quimera (*Hydrolagus matallanasi*), (b) raia-elétrica-cega (*Bentobathys krefftii*); (c) raia (*Gurgesiella dorsalis*); (d) raia (Rajidae); (e) tubarão-azul (*Prionace glauca*); (f) tubarão-martelo (*Sphyrna zigaena*); (g) e (h) miracéu (*Astroscopus sexspinosus*) em vista superior e lateral; (i) linguado (*Verecundum rasile*); (j) linguado língua-de-sogra (*Symphurus jeninsii*).

As imagens utilizadas foram retiradas do acervo do autor (Fischer, L.G.), salvo as citadas no texto.

REFERÊNCIAS GERAIS

- BERNARDES, R.A.; FIGUEIREDO, J.L.; RODRIGUES, A.R.; FISCHER, L.G.; VOOREN, C.M.; HAIMOVICI, M. & ROSSI WONGTSCHOWSKI, C.L.B. 2005a. Peixes da Zona Econômica da Região Sudeste-Sul do Brasil: levantamento com armadilhas, pargueiras e rede de arrasto-de-fundo. São Paulo: EDUSP. 295 p.
- BOND, C.E. 1979. Biology of fishes. 2. ed. Saunders College Publishers : Philadelphia, 750p.
- BONE, Q. & MARSHALL, N.B. 1982. Biology of fishes. Blackie : Glasgow and London, 253p.

- FROESE, R. & PAULY, D. Editors. 2011. Fish Base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versão (06/2011).
- JOBLING, M. 1995. Environmental Biology of Fishes. Chapman and Hall : New York, 455p
- HELFMAN, G.S.; COLLETTE, B.B. & FACEY, D.E. 1997. The diversity of fishes. Blackwell Science : Massachusetts, 528p.
- LAGLER, K.F.; BARDACH, J.E.; MILLER, R.R. & MAY PASSINO, D.R. 1977. Ichthyology. John Wiley & Sons : New York 506p.
- MOYLE, P.B. & CECH Jr., J.J. 1996. Fishes: An introduction to ichthyology. 3. ed. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs : New Jersey, 593p.
- POUGH, F.H.; HEISER, J.B. & McFARLAND, W.N. 1993. A vida dos vertebrados. Ed. Atheneu : São Paulo, 839p. (tradução)
- ROMER, A.S. & PARSONS, T.S. 1985. Anatomia comparada dos vertebrados. Ed. Atheneu : São Paulo. 559p. (tradução).
- WOOTTON, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall : New York, 404p.
- STIASSNY, M.L.J.; PARENTI, L.R. & JOHNSON, G.D. (Eds). 1996. Interrelationships of Fishes. Academic Press, San Diego, 496 pp. (ISBN 0-12-670950-5).