

A NATAÇÃO NOS PEIXES

R. de Souza Rosa

Qualquer corpo que deva permanecer em repouso dentro da água está sujeito à uma série de forças, inerentes às condições físicas do meio aquático. A primeira delas é o empuxo, força vertical, comum a todos corpos mergulhados em líquidos, cuja intensidade é proporcional ao volume de água deslocado. Associadas à alta densidade da água (em média oitocentas vezes maior a do ar), expõe-se o corpo a elevadas pressões hidrostáticas, que aumentam com a profundidade. A força gravitacional também atua sobre o corpo, embora com menor influência que no meio aéreo. Para o corpo permanecer estável, deverá ter uma construção mecânica capaz de suportar as forças sem colapso, e uma densidade idêntica a da água circundante, de modo a manter a posição vertical. E isso se considerarmos a massa de água isenta de correntes ou movimentos de convexão.

Suponhamos agora que tal corpo deva mover-se através da água por seus meios próprios, como um peixe que nada: os "problemas" então se multiplicam. O peixe deve sempre deslocar uma massa de água ao longo de seu corpo, mas sem dispor de pontos sólidos de apoio, como os animais terrestres. Desse deslocamento surgem forças hidrodinâmicas que passam também a agir sobre o corpo. O arrasto atua em sentido oposto ao movimento como força de atrito, devida a fricção da camada de água que circunda o peixe com a superfície do mesmo, e ao turbilhonamento de água na esteira do movimento. O muco que recobre as escamas na maioria dos peixes colabora na redução desse atrito. Como o arrasto é força que resiste ao movimento, deve ser superado pela força propulsiva.

A força de sustentação é uma componente que atua em ângulo reto à direção do movimento, assim chamada por ser o tipo de força que atuando para cima nas asas de um avião, promove sua sustentação no ar. Nos peixes essa força é produzida pelos movimentos de ondulação do corpo e da cauda. Quando esta bate de um lado para outro, descreve um percurso sinuoso através da água. A figura 1 representa um peixe típico nadando e algumas das forças envolvidas. O arrasto no corpo (Aco) atua em sentido oposto ao deslocamento; o arrasto na cauda (Aca) em sentido contrário ao movimento da mesma, e a sustentação na cauda (Sca) em ângulo reto ao plano caudal. A resultante dessas forças deve estar inclinada à frente, de modo a proporcionar a propulsão.

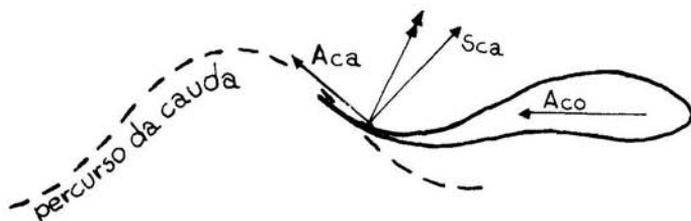


fig. 1. Vista dorsal de um peixe nadando, mostrando algumas das forças envolvidas. (de Alexander, 1967).

A atuação dessas forças hidrodinâmicas depende da forma do corpo, da área e natureza de sua superfície, de sua posição relativa a direção do movimento, de sua velocidade, e da intensidade e direção da corrente de água.

Pode-se considerar que os mecanismos de natação dos peixes evoluíram com tendência a aumentar sua aceleração, a velocidade máxima, o equilíbrio, a manobrabilidade, e a diminuir a energia total dispendida nos movimentos. Mudanças que reduzem a energia gasta em natação são favorecidas na seleção, pois tornam maior o fluxo energético disponível para o crescimento e para a produção de gametas (ALEXANDER, 1967). Mudanças que aumentam a rapidez e manobrabilidade são selecionadas, uma vez que possibilitam aos peixes melhor performance em várias atividades biológicas como a reprodução, agrupamento em cardumes, escapar de predadores, obter mais alimento (especialmente no caso de predadores ativos), aumentando desse modo suas taxas de crescimento e o número de células sexuais que produzem.

Para chegar a uma condição ideal de natação com o menor gasto de energia, os peixes desenvolveram uma série de adaptações que dizem respeito às questões de hidrodinâmica, da flutuação, da organização de músculos, nervos e esqueleto, do papel das nadadeiras, e que serão tratadas a seguir. Veremos mais adiante que inúmeros peixes desviam-se desse ideal de natação em função do aparecimento de outras modificações compensadoras.

Forma hidrodinâmica - Os peixes têm tendência à ser fusiformes, com o corpo alongado como um cilindro de bordo anterior arredondado (cabeça), e bordo posterior afilado (cauda). Essa é a forma que permite o deslocamento com o menor esforço possível, pois oferece a menor resistência à água e produz o menor turbilhonamento. É encontrada também em outros vertebrados nadadores como o golfinho (*Delphinus*), e o *Ichthyosaurus*, um réptil marinho fóssil.

Fica claro porém, que esse modelo hidrodinâmico ideal jamais é atingido entre os animais nadadores, uma vez que não se tratam de corpos estáticos dentro da água, mas sim corpos vivos que devem se mover com seus próprios recursos. Assim a secção circular é substituída pela ovalada ou comprimida, de modo a aumentar a superfície para a aplicação da força de sustentação. Isso se nota sobretudo na cauda que é geralmente o principal elemento propulsor.

Entre os peixes que mais se aproximam da forma hidrodinâmica ideal estão os tubarões (ord. Squaliformes), e dentre os peixes ósseos, os grandes nadadores pelágicos, como o atum e a cavala (fam. Scombridae).

Inúmeros peixes de grupos diversos mostram uma divergência da forma hidrodinâmica, mas sempre associada com a aquisição de alguma adaptação compensadora (YOUNG, 1971). Uma modificação comum entre os peixes ósseos (Osteichthyes) é a compressão lateral, que associada com a coloração clara ou prateada do ventre, funciona como mecanismo protetor passivo. Tais peixes tornam-se praticamente invisíveis aos predadores que se aproximam por baixo, pois refletem os raios luminosos que vêm da superfície, impedindo a formação de sombras. Como exemplos extremos de compressão lateral temos o acará-bandeira (*Pterophyllum*) e o peixe-borboleta (*Carnegiella*) do Amazonas, o peixe-galo (*Selene*) e galo-de-fita (*Alectis*), marinhos da família Carangidae. Os linguados são também extremamente comprimidos, mas adotam vida bentônica, apoiando-se no fundo sobre um dos lados, o qual permanece despigmentado, enquanto o outro apresenta coloração protetora mimética ao substrato.

A depressão no sentido dorso-ventral também ocorre entre os peixes, especialmente aqueles de hábitos bentônicos. Nos Condrichthyes as raias são deprimidas (ord. Rajiformes). Entre os Osteichthyes citamos o peixe-morcego (*Ogcocephalus*) e o peixe-pescador (*Lophius*).

Outros peixes apresentam-se de tal forma modificados, que praticamente perdem a capacidade de nadar com eficiência. É o caso dos peixes que têm o corpo rígido, como o baiacú-de-espinho (*Chilomycterus*), e o peixe-cofre (*Lactophrys*, *Acanthostracion*) que possui uma carapaça protetora externa. O cavalo-marinho (*Hippocampus*), também de corpo rígido, vive em posição vertical em meio da vegetação submarina, servindo-se da cauda como órgão preênsil.

Flutuação - A densidade média dos tecidos frescos dos peixes é de 1,06 a 1,09 gramas por centímetro cúbico, sendo superior àquela da água doce (1,00 g/cm³) e à da água do mar (1,03 g/cm³). Por isso a maioria dos peixes apresenta mecanismos adaptativos que compensam essa diferença de densidades, senão estariam sujeitos à constante tendência de afundar.

Entre os Condrichthyes não existe uma vesícula gasosa, e como são mais densos que a água, têm necessidade de nadar continuamente para não afundar. A maioria das raias evita esse problema vivendo quase sempre em contato com o fundo. Os tubarões têm de estar em constante movimento, pois é o deslocamento da nadadeira caudal, combinado com a ação das nadadeiras peitorais, que promove uma força vertical de sustentação mantendo o peixe em equilíbrio. Alguns tubarões resolveram parcialmente o problema da flutuação, utilizando seus fígados bastante desenvolvidos e com alta taxa de gordura. Tal órgão, com densidade bem mais baixa (0,86 g/cm³) do que a água do mar, e representando cerca de 20% do peso do tubarão, praticamente realiza o equilíbrio dos pesos específicos (WHITEHEAD, 1976).

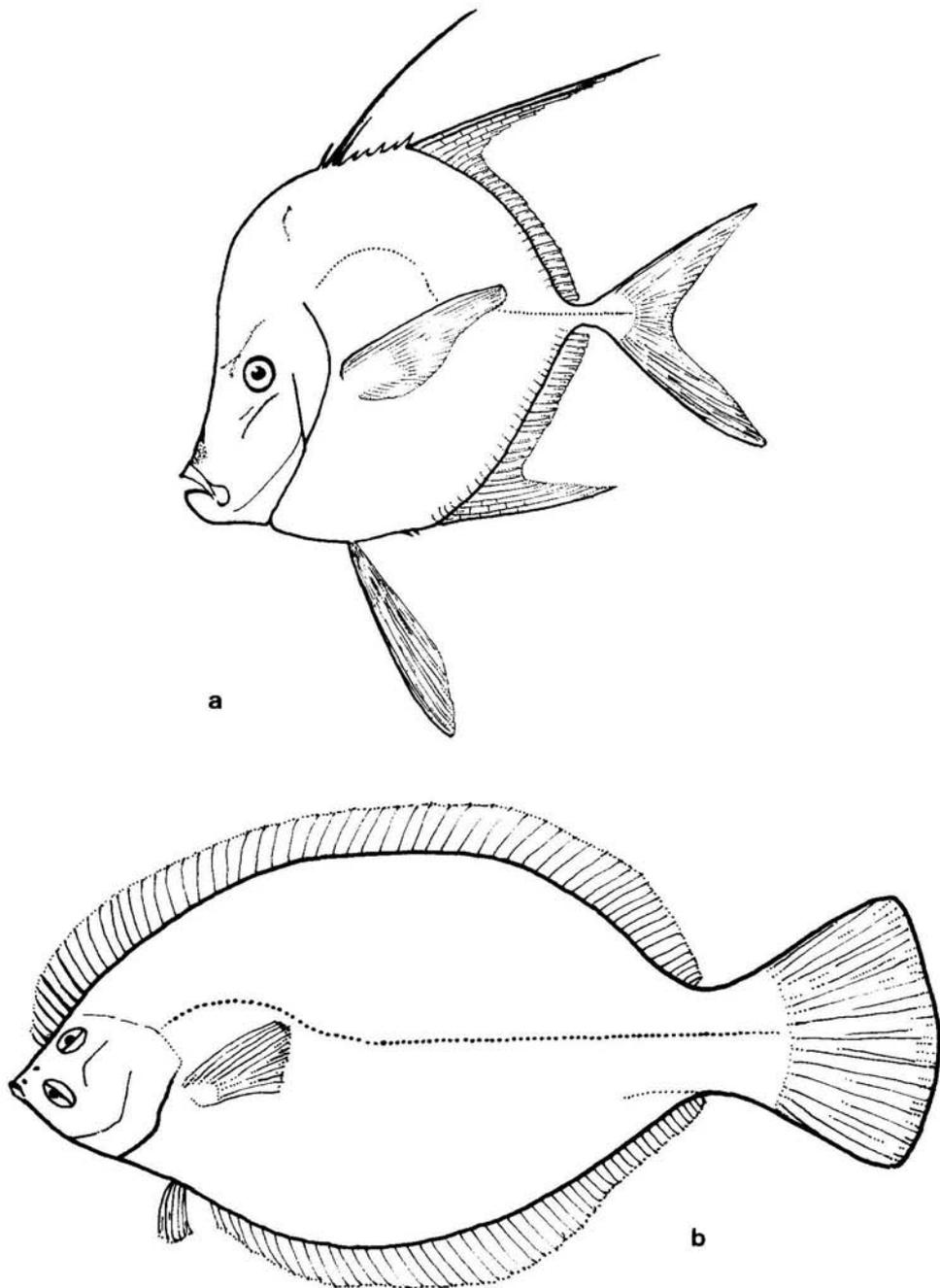


fig. 2. Dois exemplos de peixes comprimidos: a. peixe-galo (*Selene*) b. linguado (*Pseudopleuronectes*)

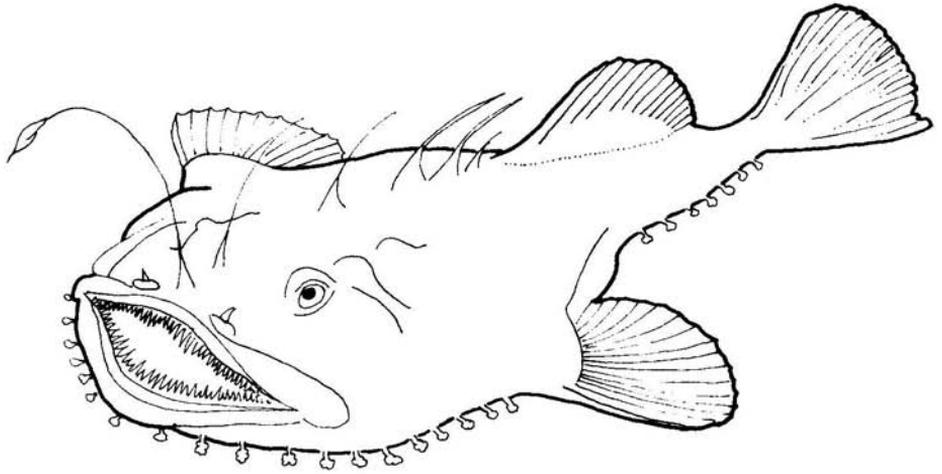


fig. 3. O peixe-pescador (*Lophius*), deprimido dorsi-ventralmente

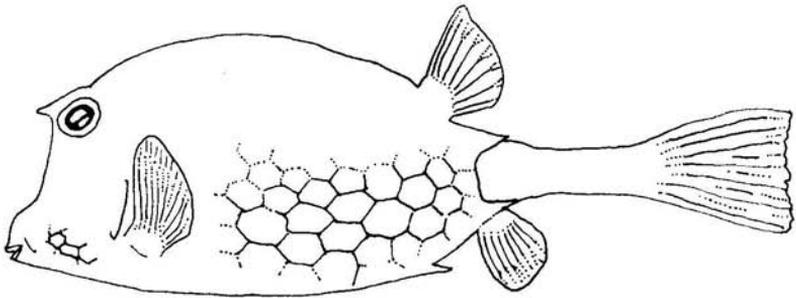


fig. 4. O peixe-cofre (*Acanthostracion*), de corpo rígido

Na maior parte dos Osteichthyes existe uma vesícula gasosa chamada bexiga natatória, que funciona como órgão hidrostático. Esse órgão evoluiu de um divertículo da faringe que expandiu-se em forma de saco. Nos Osteichthyes mais primitivos a conexão entre a bexiga natatória e a faringe permanece como um duto pneumático funcional. Nas formas mais avançadas a comunicação desaparece e a bexiga fica isolada da faringe. Tais condições denominam-se respectivamente fisostoma e fisoclista.

Sobre a bexiga natatória atua a pressão hidrostática, de modo que quando o peixe nada para o fundo, os gases comprimem-se e a bexiga diminui de volume. Essa redução de volume aumenta a densidade do peixe, e sem qualquer gasto energético imprime maior tendência de ir ao fundo. Quando o peixe nada para águas mais rasas, a pressão hidrostática diminui e a bexiga se dilata, colaborando na ascensão. Em grandes deslocamentos para o fundo ou para cima, o peixe deve então, respectivamente, secretar ou eliminar gases da be-

xiga, de modo a neutralizar as densidades e estabilizar-se. Conclui-se que em deslocções verticais limitadas a bexiga natatória funciona passivamente, auxiliando os movimentos.

A mistura gasosa da bexiga natatória varia bastante entre os peixes, mas de modo geral o oxigênio e o nitrogênio estão em maiores concentrações, atingindo pressões parciais muito maiores do que no sangue e na água. Os peixes de águas profundas têm tendência a secretar quase só oxigênio, que atinge em alguns casos a pressão de até 200 atmosferas no interior da bexiga (LAEGLER, BARDACH & MILLER, 1962).

Os peixes fisostomos fazem o enchimento inicial da bexiga engolindo ar na superfície. Muitos peixes fisoclistos que possuem o duto pneumático na fase larval empregam o mesmo processo. Na fase adulta o enchimento é feito por secreção ativa de gases a partir do sangue, juntamente com ação muscular. Ocorre em duas regiões muito vascularizadas da bexiga natatória: a *rete-mirabile* e a glândula de gás, onde a presença de um sistema de contra-corrente de capilares permite a obtenção de elevadas pressões no interior da bexiga. Nos peixes fisostomos persiste na fase adulta a utilização do duto pneumático na regulação do conteúdo gasoso.

Embora a bexiga natatória esteja reduzida em muitos peixes, ou obliterada com depósitos gordurosos em outros, tem notada importância para a natação da maioria dos Osteichthyes, atuando como órgão hidrostático regulador da densidade, que permite ao peixe flutuação neutra e equilíbrio em diferentes profundidades, com gasto mínimo de energia.

Organização muscular, esquelética e nervosa — Os movimentos de ondulação que constituem o mecanismo básico de locomoção dos peixes, dependem da ação muscular. Tais ondulações propagam-se ao longo do corpo em direção à cauda, aumentando progressivamente de amplitude, formando uma série de superfícies inclinadas que deslocam água para trás e fazem avançar o peixe.

A produção de ondulações é obtida pela contração serial dos músculos axiais que encurtam e curvam alternadamente cada lado do corpo. Essa musculatura lateral organiza-se em segmentos denominados miômeros, que apresentam a forma de um "W", mas internamente os miômeros superpõem-se para trás e para frente de forma complexa. Camadas de tecido conjuntivo chamadas miosseptos separam os miômeros, e fazem internamente a ligação destes com as vértebras. Nos miosseptos desenvolvem-se as costelas e demais ossos intermusculares (os espinhos dos Osteichthyes).

Dois tipos de músculos estão envolvidos nos movimentos de ondulação, um deles de cor branca e o outro vermelha. Diferem pelas propriedades de contração e pelo funcionamento bioquímico. Os músculos brancos trabalham em anaerobiose, transformando glicogênio em lactato para a obtenção de energia. São usados em nados curtos e rápidos, onde a velocidade exige uma grande liberação de energia. Os músculos vermelhos trabalham em aerobiose obtendo energia pela oxidação de gorduras. Sua coloração vermelha é devida a presença de mioglobina, substância que faz o transporte de oxigênio. São usados nas deslocções mais lentas e prolongadas como no nado de cruzeiro. A proporção

entre os dois tipos de músculo varia segundo o modo de vida dos peixes, sendo o músculo vermelho encontrado em maior quantidade nos grandes nadadores de águas abertas e naqueles que realizam migrações extensas. Ao contrário, os peixes de fundo que não nadam longas distâncias ou têm pequena atividade locomotora, apresentam pouco ou nenhum músculo vermelho.

A produção de ondulações necessita de energia muscular, mas também de uma organização anatômica adequada. A coluna vertebral, ao lado da função inicial de sustentar o corpo e impedir a deformação do mesmo pela ação muscular, é dotada de grande flexibilidade, que permite o encurvamento lateral do corpo. Está constituída por vértebras rígidas anficélicas (bicôncavas) que articulam-se por elementos intervertebrais remanescentes da notocorda. A disposição e o número de vértebras são alguns dos fatores que condicionam a capacidade de ondulação do corpo. Assim na enguia (*Anguilla*), que locomove-se com grandes ondulações, encontramos até 200 vértebras. Nos Condrichthyes variam de 120 até mais de 400. Nos Osteichthyes a média é de 48 a 60, e nos mais avançados (Perciformes) 30. O peixe-cofre (*Ostracion*), de corpo rígido, apresenta apenas 14 vértebras (BAER, 1964).

Além da musculatura axial do corpo dos peixes, outros músculos chamados apendiculares, são de grande importância na natação, movimentando as nadadeiras. Originam-se dos miômeros embrionários e mostram-se especializados quanto a função. Nas nadadeiras medianas verticais encontramos os protratores (ereção), retratores (depressão) e inclinadores laterais (curvamento). Os miômeros posteriores especializam-se como flexores da nadadeira caudal, aos raios da qual se ligam por meio de tendões. Nas nadadeiras pares encontramos basicamente os músculos abdutores (movimento para fora) e os adutores (movimento para dentro).

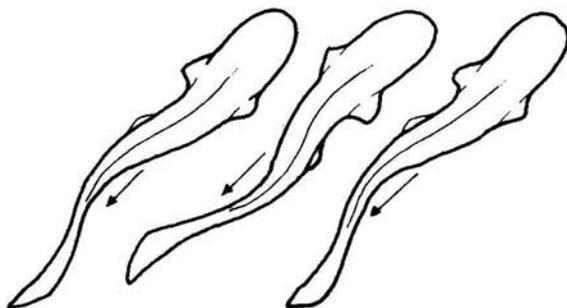


fig. 5. Vista dorsal dos movimentos de natação de um peixe, mostrando a progressão das ondulações que deslocam água para trás. (de Romer, 1973)

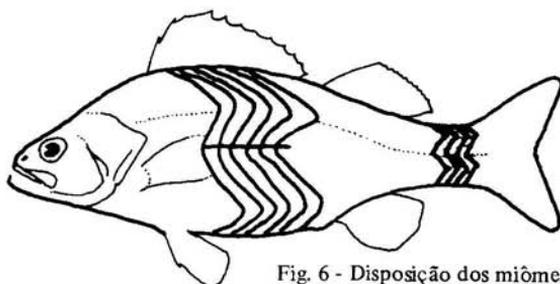


Fig. 6 - Disposição dos miômeros em um peixe ósseo

Como sistema de controle nervoso dos movimentos locomotores, encontramos um par de neurônios gigantes, que partem da *medulla oblongata* e prolongam-se por toda a medula espinal. Funcionam como centro de coordenação motora, recebendo impulsos diversos do sistema nervoso central, e transmitindo-os rapidamente em curto circuito, à musculatura somática, através de neurônios motores com os quais se ligam ao longo da medula espinal (NORMAN, 1975). Tal sistema, chamado Mauthneriano, é encontrado nas quimeras (Holocephali), na maioria dos Osteichthyes e em alguns Amphibia nadadores.

Estrutura, funções e modificações das nadadeiras - As nadadeiras dos peixes estão classificadas em ímpares e pares. As primeiras, verticais, situadas na linha média do corpo, são a dorsal, a caudal e a anal. As nadadeiras pares, bilaterais, correspondem aos membros dos tetrápodes, isto é, articulam-se à cinturas. São as peitorais e as pélvicas. O tamanho e posição das nadadeiras varia segundo a forma do peixe, a localização de seu centro de gravidade, e pela presença ou não de bexiga natatória. Todas as nadadeiras apresentam suportes esqueléticos internos chamados pterigióforos, e constituem-se externamente por raios córneos de origem dérmica, fundidos ou interligados por membranas. Nos Osteichthyes os raios podem estar ossificados, formando espinhos rígidos.

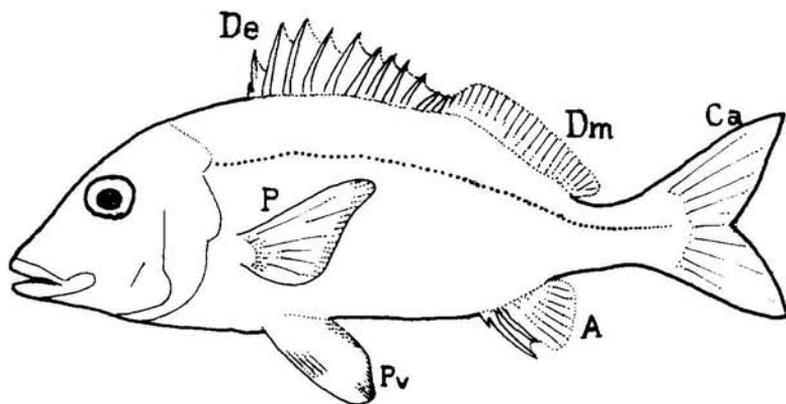


fig. 7. Posição das nadadeiras em um peixe ósseo (Perciformes). A. Anal, Ca. caudal, De. dorsal espinhosa, Dm. dorsal mole, P. peitorais, Pv. pélvicas.

As nadadeiras, com exceção da caudal e algumas vezes das peitorais, dorsal ou anal, não têm papel propulsor. Pode-se dizer até que atuam contra o movimento, e por isso muitos peixes recolhem-nas junto ao corpo nos nadados mais rápidos, reduzindo as superfícies de atrito, e por consequência, a força de arrasto. Seu papel preponderante é na manutenção do equilíbrio do corpo, funcionando como estabilizadores que impedem o aparecimento de movimentos parasitas, tais como a vibração e a rotação do corpo. Certos peixes apresentam ainda quilhas laterais (fam. Carangidae, Scombridae) reforçando a função estabilizadora. As nadadeiras atuam também nas mudanças de direção e profundidade, na frenagem, e em alguns casos na inversão do movimento (à ré).

A caudal tem entre todas as nadadeiras a maior ação propulsora; limita os movimentos transversais amortecendo as oscilações do corpo e funciona também como leme. Calcula-se que a nadadeira caudal desenvolve cerca de 50% da força locomotora total, podendo chegar até 90% como no atum (*Thunnus*). Na maioria dos peixes seus lobos superior e inferior são simétricos (homocerca). Nos tubarões entretanto, o lobo superior é bem maior que o inferior (heterocerca), de modo que seu movimento origina uma força vertical de sustentação no extremo posterior do corpo. Desta resulta a tendência da cabeça embicar para baixo, compensada pelas nadadeiras peitorais que atuam como hidroplanos. Essa forma de caudal heterocerca está relacionada com o problema da flutuação, sendo encontrada com frequência nos peixes mais primitivos e desprovidos de bexiga natatória. Em alguns tubarões suas batidas servem também para concentrar os cardumes que serão predados. Em outros peixes a caudal pode estar modificada, prolongada como no espada (*Xiphophorus*), ou ausente como no peixe-lua (*Mola*) e no cavalo-marinho (*Hippocampus*).

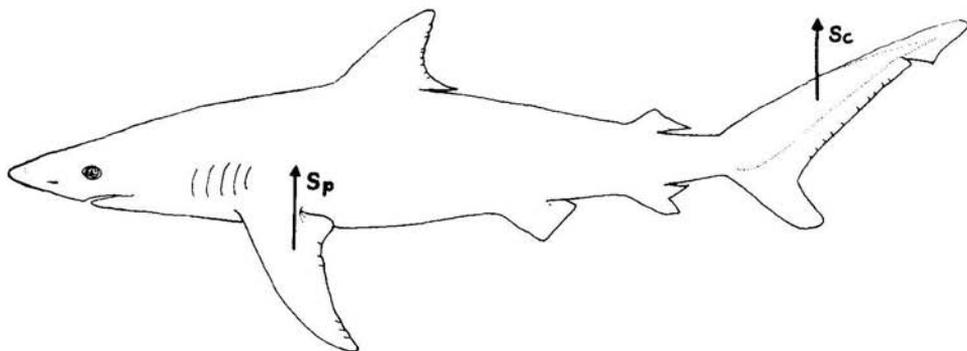


fig. 8. Vista lateral de um tubarão. A caudal heterocerca produz uma componente vertical de sustentação (S_c), compensada pela sustentação das peitorais (S_p)

As nadadeiras dorsal e anal estabilizam o corpo, impedem-no de rodar sobre si mesmo, reduzem o turbilhonamento de água, e servem de pivô ou superfície de sustentação para fazer curvas. Nos tubarões essas nadadeiras estão continuamente elevadas, mas os pei-

xes ósseos podem recolhe-las para o nado rápido ou elevá-las para fazer curvas e frear. Existem geralmente duas nadadeiras dorsais, variando este número para mais ou menos. Pode ainda estar representada por uma nadadeira contínua que se estende em todo dorso até a caudal. Alguns peixes possuem ainda atrás da dorsal uma pequena nadadeira adiposa (fam. Salmonidae, Characidae, etc.). Entre os Osteichthyes mais evoluídos, os primeiros raios dessas nadadeiras estão ossificados na forma de espinhos, que lhes dão maior rigidez, e podem ser usados também na defesa. A dorsal fica então dividida em uma porção espinhosa e uma porção mole. Certos peixes nadam por ondulações da nadadeira dorsal, como *Hippocampus* e *Gymnarchus*, da dorsal e anal, como *Mola* e *Balistes*, ou da anal como *Gymnotus*.

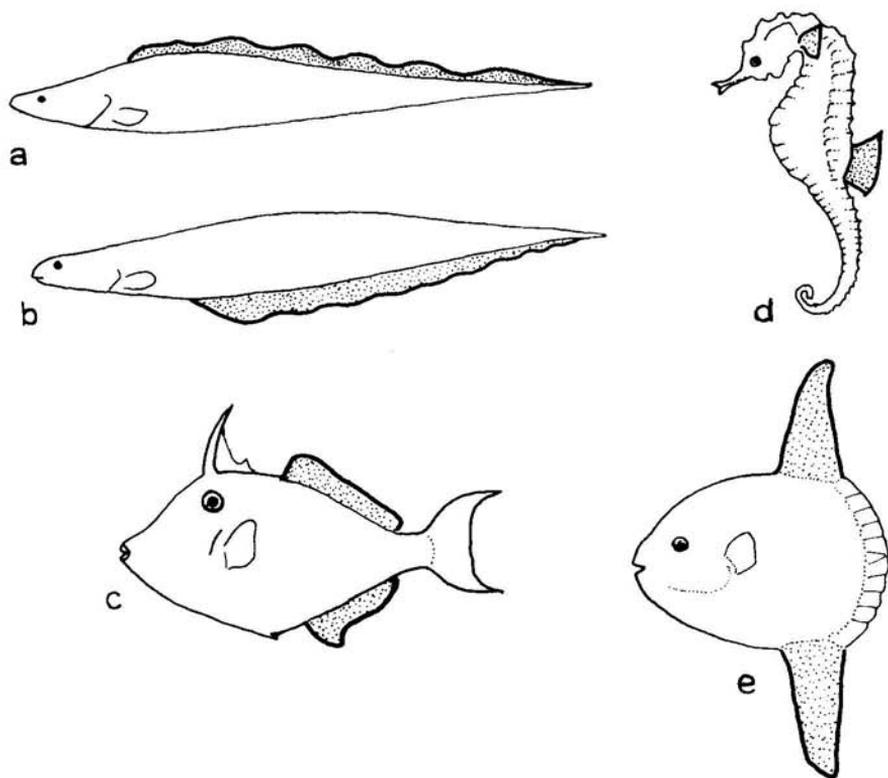


fig. 9. Natação por ondulação de nadadeiras em *Gymnarchus* (a), *Gymnotus* (b), *Balistes* (c), *Hippocampus* (d) e *Mola* (e)

A forma e posição das nadadeiras pares (peitorais e pélvicas) dependem da presença ou não de bexiga natatória, pois são essas nadadeiras que controlam os movimentos verticais. Nos tubarões as peitorais, em posição baixa no corpo, são estendidas mais ou menos horizontalmente, compensando a sustentação da caudal. Nas raias (ord. Rajiformes) são

as nadadeiras peitorais muito desenvolvidas, que constituem o elemento propulsor, produzindo ondulações que as percorrem em plano vertical, tendo o mesmo efeito das ondulações transversais dos outros peixes. Nesse caso a caudal perde o papel locomotor, estando reduzida ou ausente. A raia-viola (*Rhinobatos*), que tem a caudal bem desenvolvida, utiliza esta nadadeira nos movimentos lentos, e nos nados rápidos ondula também as pei-

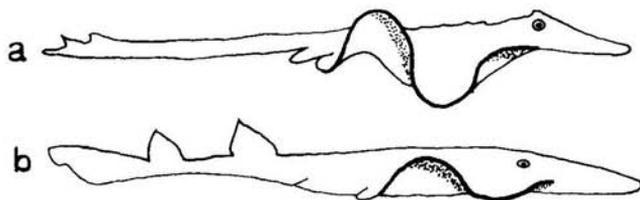


fig. 10. Ondulação das peitorais na raia (*Raja*) (a) e na raia-viola (*Rhinobatos*) (b)

torais. Nos peixes ósseos as peitorais são completamente móveis e quase sempre se retraem no nado rápido. Têm grande importância na frenagem, pois abrem-se mais ou menos em ângulo reto à direção de movimento, aumentando o arrasto e desacelerando o peixe. Quando o peixe para, as peitorais ondulam para manter o equilíbrio e compensar a força adiante produzida pelo fluxo de água que deixa as brânquias. São usadas também para subir, descer e fazer curvas, quando um leve movimento de uma só peitoral desvia a trajetória. Podem também fazer o peixe recuar, servindo-se do jato de água liberado pela abertura branquial. Nos peixes voadores (*Dactylopterus*, *Exocoetus*, *Cypselurus*) as peitorais são expandidas de modo a promover a sustentação no meio aéreo.

Nos tubarões e raias as nadadeiras pélvicas têm pouca influência na locomoção, e nos machos apresentam a estrutura modificada em órgãos intromitentes para a reprodução, chamados claspers ou mixopterígeos. Nos peixes ósseos elas controlam juntamente com as peitorais, os movimentos de subida, descida e a frenagem. Naqueles mais evoluídos, as pélvicas colocam-se em posição anterior no corpo, abaixo ou mesmo à frente das peitorais.

Muitos peixes apresentam nadadeiras modificadas, em adaptações diversas, como meios de defesa, obtenção de alimento, camuflagem ou reprodução. No cângulo (*Balistes*) os espinhos modificados da nadadeira dorsal têm um mecanismo de trava que mantém-nos em posição ereta, atuando como defesa. O peixe-pescador (*Lophius*) apresenta o primeiro raio da dorsal modificado em um filamento que se projeta sobre a boca, e em cujo extremo uma dilatação serve como isca para a captura de alimento. Como modificações associadas à reprodução temos os claspers dos Condriichthyes, já citados, e o gonopódio, estrutura intromitente formada pela nadadeira anal, encontrada nos machos da família do guarú (Poeciliidae). Outras modificações de nadadeiras que podemos mencionar são as que ocorrem em diversos peixes que vivem sob a ação de correntes ou ondas, e apresentam as pélvicas formando uma ventosa (Gobiidae); as rêmoras (Echeneidae) têm a dorsal modifi-

cada em disco adesivo com o qual se fixam em animais maiores como tubarões, tartarugas e baleias, tratando-se de um caso de locomoção passiva.

Performances da natação - Como regra geral quanto maior o peixe, maior é a velocidade que desenvolve. É claro que a velocidade dependerá de seu modo de vida e suas relações ecológicas. Assim os peixes predadores são geralmente rápidos, e aqueles que realizam migrações devem ter boa velocidade de cruzeiro. Já os peixes que nadam entre pedras e corais devem ter boa aceleração e manobrabilidade.

As velocidades de cruzeiro, que se mantem constantes por longos períodos, variam de 3 a 6 vezes o comprimento do peixe (L) por segundo. Durante impulsos curtos e bruscos a velocidade de 10 L/seg. mantem-se por 1 segundo, uma de 5 L/seg. durante 10 segundos e uma de 4 L/seg. durante 2 segundos, com dados tomados em Gobiidae, no peixe dourado (*Carassius*) e na truta (YOUNG, 1971). As medições de velocidade nos peixes são difíceis de se efetuar, e embora existam aparelhos de laboratório construídos para tal finalidade, não se pode confiar na precisão dos resultados. Como dados de velocidade máxima obtidos em laboratório temos de 1,5 a 1,8 km/h para a truta (*Salmo*), 6 km/h para o dourado (*Coryphaena*) e 12 km/h para o atum (*Thunnus*). Esses resultados são extremamente baixos quando comparados a outros obtidos na natureza, que são respectivamente 8 km/h, 60 km/h e 64 km/h (LAEGLER, BARDACH & MILLER, 1962).

Os peixes que sobem os rios para reproduzir-se, como o salmão do Pacífico (*Onchorhynchus*), devem dispor de grande eficiência natatória, não só para vencer as longas distâncias de migração (até 1600 km), mas também para saltar cascatas de até 5 metros de altura. Nessas ocasiões o salmão acelera rapidamente o nado, e com um forte golpe de cauda penetra no meio aéreo.

Vimos que associadas à grande diversidade de formas e hábitos entre os peixes, existem inúmeras maneiras diferentes de natação, com diferentes performances. Certos peixes são mais eficientes e velozes, outros têm incrível capacidade de manobra; alguns podem se lançar ao ar em vôo planado, enquanto outros desviaram-se tanto da forma comum que perderam a mobilidade. São tantos os casos particulares de locomoção entre os peixes, que torna-se impossível descrevê-los ou mesmo mencioná-los neste trabalho. Procuramos pois, uma visão geral dos mecanismos básicos de natação, e das estruturas a ela relacionadas.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- ALEXANDER, R. McN. 1967. *Functional Design in Fishes*. London, Hutchinson Univ. Lib., 160 p.
BAER, J. G. 1964. *Comparative Anatomy of Vertebrates*. London, Butterworths, 193 p.
BERTIN, L. 1961. Modifications des Nageoires. In: GRASSÉ, P. P., *Traité de Zoologie*. Paris, Masson et Cie. v. 13, fasc. 1, p. 748-782.
LAEGLER, K. F., BARDACH, J. E. and MILLER, R. R. 1962. *Ichthyology: The Study of Fishes*. London, John Wiley & Sons, 545 p.
NORMAN, J. R. 1975. *A History of Fishes*. 3ª Ed., London, Ernest Benn Lim., 467 p.

- OEMICHEN, É. 1961. Locomotion des Poissons. In: GRASSÉ, P. P., *Traité de Zoologie*. Paris, Masson et Cie. v. 13, fasc. 1, p. 818-853.
- PARKER, T. J. and HASWELL, W. A. 1962. *A Text-Book of Zoology*. 7ª Ed., London, MacMillan, v. 2, 952 p.
- ROMER, A. S. 1973. *Anatomia Comparada* (Vertebrados). Mexico, Ed. Interamericana, 435 p.
- YOUNG, J. Z. 1971. *La Vida de los Vertebrados*. Barcelona, 660 p.
- WHITEHEAD, P. J. 1976. *Ainsi vivent les Poissons*. Paris, Elsevier, 160 p.

Ricardo de Souza Rosa
Departamento de Biologia
C.C.E.N.
Universidade Federal da Paraíba
58.000 – João Pessoa – PB – Brasil