

Dos peixes aos amniotas

Por Fernando Bilharinho – 21/11/2011

Os primeiros vertebrados (*Vertebrata/Craniata*) surgiram por volta de 530 milhões de anos atrás¹. Eram peixes. As espécies de peixes que ainda existem podem ser divididas em 3 grandes grupos: (1) os peixes cartilagosos (*Chondrichthyes*), como os tubarões e arraia (surgidos há 460 milhões de anos), (2) os peixes de nadadeiras raiadas (*Actinopterygii*), como as sardinhas e trutas (surgidos há 440 milhões de anos), e (3) os peixes de nadadeiras lobadas (*Sarcopterygii*), como os celacantos e os peixes pulmonados (surgidos há 417 milhões de anos). Existem ainda um quarto grupo, o menor grupo de peixes, o dos peixes sem mandíbulas (*Agnatha*), como o peixe-bruxa e a lampreia. É provável que o primeiro vertebrado tenha sido um peixe sem mandíbula.

Apesar do termo “peixes pulmonados” ser reservado para um grupo específico de peixes de nadadeiras lobadas, existe a possibilidade do ancestral de todos os peixes ósseos (nadadeiras raiadas e nadadeiras lobadas) ter tido pulmões. Alguns peixes de nadadeiras raiadas, como o bichir, a âmia e o peixe-agulha possuem estruturas que parecem ser pulmões e não possuem bexigas natatórias. Os pulmões proporcionam muito mais velocidade e resistência aos esforços físicos, pois fornecem um suprimento contínuo de oxigênio ao coração. Com o decorrer do tempo, e o surgimento de predadores alados, a bexiga natatória evoluiu a partir dos pulmões. Visto o risco aumentado de se ir até a superfície para respirar não teria muita vantagem ter pulmões ao invés de respirar apenas pelas guelras.

As nadadeiras lobadas foram as ancestrais dos membros. Estudos comprovam que a maioria dos ossos já estavam lá nas “gordas” nadadeiras lobadas. Bastou uma certa modulação genética para que ossos existentes se alongassem e outros surgissem para termos lindos braços e pernas².

Esses novos seres com membros e pulmões, os tetrápodes, desenvolveram-se no mar. E apenas após haverem se desenvolvido é que deixaram o mar em direção à terra. A teoria anterior, que defendia o desenvolvimento na terra firme, já está ultrapassada. Os primeiros tetrápodes surgiram há 355 milhões de anos. Nessa época, pelo cálculo dos pesquisadores, as massas de terra ainda não estavam todas unidas na Pangeia.

Os tetrápodes primitivos podiam sugar suas presas através da pressão negativa criada dentro da sua boca quando elas eram abertas. Esse é exatamente o meio que utilizavam também para fazer a água passar pelas guelras. Com o decorrer do tempo os tetrápodes perderam as guelras e começaram a respirar exclusivamente pelos pulmões. Para esvaziarem os pulmões eles utilizavam a musculatura intercostal, que ficava entre suas costelas, bem mais desenvolvidas do que as dos peixes. Eram todos grandes e hábeis caçadores de peixes.

Os primeiros tetrápodes formavam dois grupos. Um, o dos anfíbios, e o outro, o dos amniotas. Os anfíbios são carnívoros e botavam ovos. Os anfíbios nunca assumiram grandes proporções e sempre viveram próximos à água. Os ovos dos anfíbios são moles, permeáveis e envoltos numa gelatina. De seus ovos nascem pequenos girinos que respiram através de guelras. Os anfíbios, diferentemente dos peixes, são capazes de ouvir, com presença de tímpanos externos em várias espécies. A inalação do ar nos anfíbios adultos passou a ser feita por narinas valvuladas (para impedir a entrada de água) com comunicação com a cavidade bucal. Também podem respirar através da pele e da mucosa oral. Algumas espécies podem manter guelras por toda a vida. O aparelho circulatório dos anfíbios traz uma novidade, dois átrios ao invés do átrio único dos peixes³.

Os amniotas possuem um ovo bastante diferente do ovo dos anfíbios. Esses ovos possuem anexos embrionários. Mesmo os ovos de casca mole das tartarugas permitem grande isolamento do meio ambiente e deles saem filhotes bem desenvolvidos (adultos em miniatura) capazes de respirar ar. Os répteis (incluindo as aves) desenvolveram ovos com casca dura. E os mamíferos desenvolveram todas as estruturas internas do ovo dentro de uma estrutura chamada útero⁴.

A medida que os amniotas iam se desenvolvendo seus ouvidos ficavam mais sofisticados, até, nos mamíferos apresentar os três ossículos: martelo, bigorna e estribo, esse último derivado do osso hiomandibular que ajuda a sustentar a mandíbula dos peixes. A respiração dos mamíferos ganhou um importante acessório, o músculo diafragma, muito mais eficiente do que as costelas e sua musculatura para criar uma pressão negativa dentro do tórax.

Os primeiros amniotas, como os anfíbios, viviam à beira-mar, pois também eram carnívoros e no interior dos continentes não haviam animais, apenas plantas. Os que se aventuravam para longe da água eram pequenos, pois havia pouco alimento. Na verdade, havia apenas insetos. Uma possibilidade é de que esses animais tenham começado a ingerir semente e outras partes de plantas acidentalmente junto com os insetos. Com o decorrer do tempo a simbiose com as bactérias possibilitou que enchessem seus estômagos de plantas. Era o surgimento dos herbívoros. Isso teria acontecido há 300 milhões de anos. Hoje existem cerca de 17 espécies de herbívoros amniotas para cada carnívoro.

O aumento na população de herbívoros, bem como do tamanho desses herbívoros (imaginem um imenso braquiossauro) propiciou que os carnívoros invadissem o interior dos continentes e aumentassem de tamanho (imaginem um imenso tiranossauro).

De acordo com Lynn Margulis, hoje existem cerca de 200 espécies de anfíbios e 18.500 espécies de amniotas. Os amniotas podem ser divididos em três grandes grupos: (1) os sinapsídeos, representados pelos mamíferos, (2) os para-répteis (anapsídeos), representados pelas tartarugas, jabutis e cágados, e (3) os répteis verdadeiros (diapsídeos), representados pelos crocodilos, cobras, lagartos e aves.

Da divisão acima já fica claro que, ao contrário do que até recentemente se difundia, os mamíferos não descendem dos répteis. Eles tiveram evoluções independentes. De fato, os sinapsídeos surgiram antes dos diapsídeos! E, sim, as aves são répteis!

A título de curiosidade, os répteis vivos podem ser divididos em três grupos: (1) o grupo das controversas tartarugas, jabutis e cágados (ordem *Testudinata*, com cerca de 300 espécies); (2) o grupo dos lagartos e serpentes (ordem *Squamata*, com cerca de 7.600 espécies; e (3) o grupo dos crocodilos, gaviais e jacarés (ordem *Crocodylia*, com 23 espécies). Existe ainda o pequeno grupo dos lagartos tuatara (ordem *Sphenodontia* ou *Rhynchocephalia*), com apenas duas espécies conhecidas. Esses pertencem à infraordem *Lepidosauromorpha*, a mesma das serpentes e lagartos.

Mas o que realmente atrai os curiosos são os dinossauros. Os crocodilos surgiram um pouco antes dos primeiros dinossauros verdadeiros. E os dinossauros estão mais próximos, evolutivamente falando, das aves do que dos crocodilos! Aves e dinossauros são classificados na subdivisão *Avemetatarsilia*, enquanto os crocodilos fazem parte da subdivisão *Crurotarsi*.

⁴Apesar de alguns autores classificarem os vertebrados num filo próprio, a maioria deles somente reconhece como filo o grupo que engloba todos os cordados (*Cordata*). Esse grupo surgiu um pouco antes: os anfioxos (*Cephalochordata*) há 560 milhões de anos e os tunicados (*Urochordata*) há 565

milhões de anos. A diferença mais marcante entre os grupos é a presença do crânio que protege o cérebro dos vertebrados, mas ambos possuem notocorda, apesar de essa ser rígida apenas nos vertebrados (coluna vertebral). As ascídias, o grupo mais conhecido de tunicados, são, na descrição de Richard Dawkins, “um saco cheio de água do mar acrescido de uma entranha e órgãos reprodutivos, ancorados em uma rocha”. Ainda citando Dawkins: “por menos parecida que seja uma ascídia adulta com um cordado, sua larva lembra... um girino”.

²De fato, a maioria dos projetos de animais surgiu há cerca de 575 milhões de anos (ediacarianos), antes da explosão cambriana. A medida que nos aproximamos da biologia evolutiva do desenvolvimento, ou “evo-devo”, isso fica cada vez mais evidente. Os animais que surgiram nessa época já tinham em seu *kit* de ferramentas vários tipos de genes *Hox*, o gene *Pax-6* e centenas de outros genes de arquitetura corporal. A evolução da morfologia não depende tanto dos genes presentes, mas do modo como são usados. Os reguladores e sinalizadores possuem papel primordial na origem das diferentes formas animais.

³O sangue pobre em oxigênio proveniente do corpo chega num átrio e o sangue rico em oxigênio proveniente dos pulmões chega em outro átrio. Dos átrios o sangue passa aos ventrículos, um que joga o sangue pobre em oxigênio para os pulmões e outro que envia o sangue rico em oxigênio para todo o corpo, incluindo o próprio coração. Esse é o coração dos mamíferos. Nos peixes existe apenas um átrio e um ventrículo (circuito único). Nos anfíbios existem 2 átrios (um que recebe o sangue do corpo e outro o dos pulmões), mas o sangue rico em oxigênio se mistura ao pobre em oxigênio no ventrículo único. Nas tartarugas, cobras e lagartos o aparelho circulatório conta com 2 átrios e 2 ventrículos, mas há uma grande comunicação entre os ventrículos (circuito duplo). Nos crocodilos a comunicação entre os ventrículos desapareceu, assim como nas aves e nos mamíferos. As aves e mamíferos possuem “sangue quente” (endotérmicos), apesar de haver uma certa variação de temperatura entre as diferentes espécies, enquanto todos os demais possuem sangue frio. Quanto aos dinossauros, certamente tinham um coração com 4 cavidades, mas se eram endotérmicos, ainda permanece o mistério.

⁴Os ovos ou zigotos são formados pelo material genético e uma bolsa com alimento, conhecida por vitelo ou saco vitelino. Esse é o ovo primitivo que é, via de regra, depositado no meio aquático por peixes e anfíbios. A quantidade de vitelo varia de acordo com as necessidades do embrião. Os mamíferos, que só precisam de alimento até a implantação no útero, a quantidade de vitelo é pequena; nos anfíbios, cujos embriões eclodem dos ovos ainda na fase larval, a quantidade de vitelo é moderada; nos répteis e aves a quantidade de vitelo é imensa, pois saem dos ovos verdadeiros “adultos em miniatura”.

Nos amniotas, que não depositam seus ovos na água, teve-se que reproduzir o ambiente aquático internamente. Seus ovos apresentam adaptações denominadas anexos embrionários. O âmnio ou bolsa amniótica é um saco d'água que, envolvendo o embrião, o protege contra choques térmicos e mecânicos. O cório é uma membrana protetora que fica entre o âmnio e a casca, além de revestir externamente as estruturas do ovo/zigoto. O alantóide é uma bolsa ligada à porção posterior do intestino do embrião que serve para armazenar as excretas do embrião, mas também fornece ar (retirado do ambiente através da casca parcialmente permeável) e absorve o cálcio da casca para que o embrião forme seu esqueleto. Nos mamíferos o cório e o alantóide unem-se ao saco vitelino para formar o cordão umbilical e a placenta. A placenta é uma estrutura que se adere à parede do útero materno e possibilita a troca de ar e fornecimento de alimento e eliminação dos resíduos metabólicos produzidos pelo feto (enviados para e retirados do ambiente fetal através do cordão umbilical).

Referências:

- Carroll S B. Infinitas formas de grande beleza – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.
Dawkins R. A grande história da evolução – São Paulo: Companhia das Letras, 2009.
Margulis L. & Chapman M J. Kingdoms & Domains - 4th edition, 2009.
Storer T I, Usinger R L, Stebbins R C, Nybakkin J W. Zoologia geral, 6ª edição – São Paulo, 2002.
Zimmer C. A beira d'água – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.
Zimmer C. O livro de ouro da evolução – Rio de Janeiro: Ediouro, 2004.