

Santos R, **Usos e significados da imagem da árvore em Biologia**. In: Pombo O, Pina M e Di Marco S (Org.) *As imagens com que a Ciência se Faz*. Coleção A Imagem na Ciência e na Arte. Lisboa: Fim de Século, 2009, pp.163-194

# USOS E SIGNIFICADOS DA IMAGEM DA ÁRVORE EM BIOLOGIA

RICARDO S. REIS DOS SANTOS<sup>1</sup>

A imagem da árvore é recorrente em Biologia. Talvez porque ela representa, não apenas algo que está vivo, mas a vida no seu todo, na pujança da sua diversidade, na força da sua capacidade de multiplicação, na riqueza da sua organização, no equilíbrio da sua estrutura. Quando hoje, em Biologia, falamos em árvores, pensamos, de imediato, nas múltiplas árvores filogenéticas que ilustram as dezenas de artigos que todas as semanas são publicados<sup>2</sup> e que, com treino avançado, somos capazes de construir, com recurso a técnicas de análise molecular sofisticadas e a programas informáticos altamente competentes. Mas a árvore é uma metáfora muito antiga. Ela acompanha toda a história da Biologia e do pensamento da vida que a antecede.

## A árvore enquanto metáfora da vida

Na tradição judaico-cristã, a árvore surge como símbolo das aspirações dos mortais, tanto sob a forma de *árvore da ciência do bem e do mal*, simbolizando a consciência moral, como enquanto *árvore da vida*, simbolizando a imortalidade. É interessante notar que, neste caso, o termo árvore coloca em paralelo as virtudes da própria árvore enquanto elemento natural e as grandes aspirações humanas pela imortalidade e pela imoralidade. À árvore e ao seu poder criador está ligada a ideia de prazer e tentação. Como se pode ler no Génesis (o sublinhado é nosso): “O Senhor Deus fez desabrochar da Terra toda a espécie de árvores

---

<sup>1</sup> Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (rssantos@fc.ul.pt).

<sup>2</sup> Donoghue e Cracraft (2004) estimam que nos últimos anos se têm publicado estudos filogenéticos a uma taxa de aproximadamente 15 por dia.

*agradáveis à vista e de saborosos frutos para comer; a árvore da vida, ao meio do jardim; e a árvore da ciência do bem e do mal”* (Gn 2:9). Tentação que surge aqui como teste à capacidade do homem para resistir a algo que é, em si mesmo, irresistível. Mas a árvore tem sido também usada enquanto metáfora da produtividade. A sua arborescência oferece possibilidades múltiplas para representar hierarquias, determinar dependências e continuidades (folhas que dependem dos ramos, ramos que dependem do tronco, tronco que depende da raiz, raiz que depende da semente, semente que depende do fruto, fruto que depende da flor, flor que depende dos ramos, e assim sucessivamente), prefigurar a divisão, presumir o progresso, o desenvolvimento e o aperfeiçoamento, ilustrar a verticalidade e a simetria (Pombo, 2006, p. 297).

Na Idade Média, a árvore de Ramón Lull (1235-1315) é uma referência obrigatória. Tendo como fio condutor da sua vida a missão apostólica de converter os infiéis, Lull desenvolve um método racional de combinatória que tem por ambição encontrar uma resposta infalível para todas as questões que se possam colocar relativamente a Deus e às criaturas. Na sua obra principal, *Ars Magna*, Lull apresenta várias árvores – por exemplo, *Arbor Scientiae*, *Arbor moralis*, ou *Arbor elementalis*. E pese embora que cada uma delas tenha a sua própria configuração, todas elas obedecem a uma estrutura comum. Na *Arbor elementalis* (Fig. 1), por exemplo, se traçarmos uma linha longitudinal, em relação ao tronco, somos capazes de ver na raiz 18 predicados, nove em cada lado, e ainda seis ramos, três em cada lado, cada qual com um fruto a representar um elemento. O que importa aqui é, justamente, o regime de arborescência ordenada, sucessiva e simétrica que a árvore dá a ver (Pombo, 2006, pp. 299-300).

Na modernidade, as árvores de Claude Duret (1570-1611) levam-nos a uma outra dimensão. Na sua obra *Histoire Admirable des Plantes et Herbes...*, de 1605, Duret confere à árvore a capacidade de gerar animais espontaneamente<sup>3</sup>. Por exemplo, a árvore que gera pássaros, a árvore que

---

<sup>3</sup> A geração espontânea é um legado da Antiguidade clássica. No século XVI, por exemplo, Paracelso (1493-1541), fez várias observações sobre a geração espontânea de animais como sapos, ratos ou, ainda, tartarugas. E esta ideia estava de tal forma impregnada que, no século XVIII, dizer-se que havia árvores que davam origem a gansos era quase uma banalidade. Embora o italiano Francesco Redi (1626-1691) tivesse levado a cabo uma experiência em que demonstra que as moscas que nascem sobre a carne putrefacta têm origem nas larvas sobre ela depositadas por outras moscas e não por geração espontânea, a verdade é que só com Pasteur (1822-1895), no século XIX, é que a teoria da geração espontânea é definitivamente abandonada.

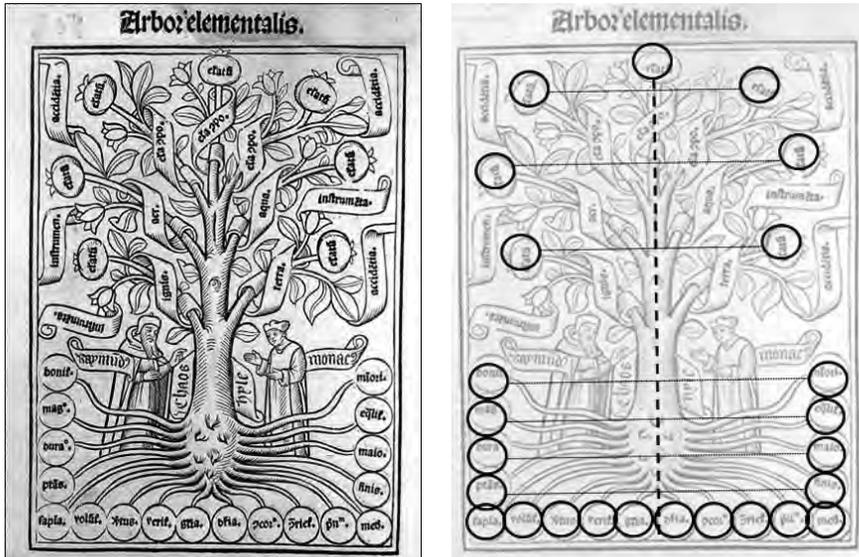


FIG. 1 – *Arbor elementalis*, de Lull (Wellcome Library, Londres)

gera peixes e, ainda, a árvore que é capaz de gerar, imagine-se, carneiros<sup>4</sup> (Fig. 2). Trata-se, claramente, de uma história que pertence ao domínio do fantástico, mas que, ainda assim, traduz o conhecimento da época. A primeira árvore que surge na obra de Duret é, justamente, a árvore da vida do Éden e todas as árvores subsequentes representam o engendramento da vida e, ao mesmo tempo, o enraizamento desta na vontade de Deus.

A par da intensa actividade classificativa, levada a cabo por Lineu (1707-1778), e que se traduziu na constituição, não de árvores da vida, mas de tabelas classificativas dos seres, a imagem da árvore surge, no século XVIII, pela mão do naturalista alemão Peter Simon Pallas (1741-1811). Numa obra intitulada *Elenchus Zoophytorum*, Simon Pallas propõe que a distribuição dos seres podia ser representada através da imagem de uma árvore. Nas suas palavras, “o sistema de corpos orgânicos é mais bem representado através da imagem de uma árvore, em que imediatamente, a partir da raiz, surgem dois troncos contíguos a representar os animais e os vegetais; o primeiro do qual vai dos moluscos aos peixes, com um grande ramo lateral de insectos a emergir entre estes, seguindo-se os anfíbios que, ao longe, sustêm os quadrúpedes, mas

<sup>4</sup> Esta ideia surge em oposição a uma outra ideia medieval, igualmente fantástica, em que os homúnculos tinham origem na raiz de uma planta, a mandrágora.



FIG. 2 – Uma das árvores da vida capaz de gerar carneiros, em *Histoire Admirable des Plantes et Herbes...* (1605), de Duret.

abaixo dos quadrúpedes devem surgir os pássaros, num ramo lateral” (Pallas, 1766, cit. em Archibald, 2008).

É, porém, no século XIX que a imagem da árvore regressa em força à biologia. Em 1801, o botânico francês Augustin Augier publica a “Arbre Botanique” (Fig. 3), onde estabelece uma relação arborescente entre os organismos (Stevens, 1983). Embora aceitasse a ideia de uma *scala naturae*, os estudos que levou a cabo em plantas permitiram-lhe representar essa organização dos seres vegetais sob a forma de uma árvore (Archibald, 2008). Do mesmo modo, o naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), nutrindo também uma especial admiração pela ideia de uma *scala naturae*, não rejeitou a evidência de uma ramificação das espécies animais. Em *Philosophie Zoologique*, de 1809, Lamarck publica um diagrama ramificado (Fig. 4), com o qual pretende mostrar a origem dos diferentes animais e assume que a transformação evolutiva é a causa dessa ramificação. Como Burkhardt (1980) assinala, já em 1802, Lamarck tinha constatado que a influência do meio ambiente não per-

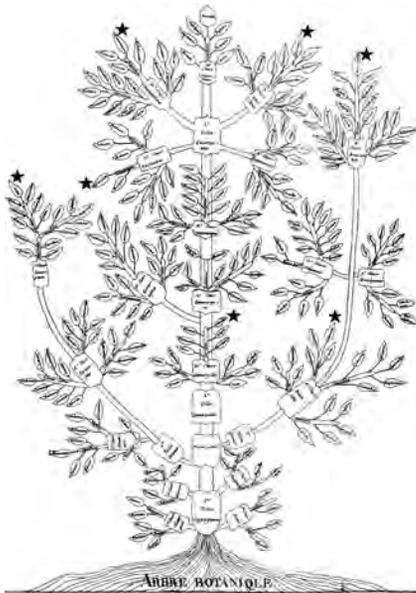


FIG. 3 - "Arbre Botanique" (1801), de Augustin Augier.

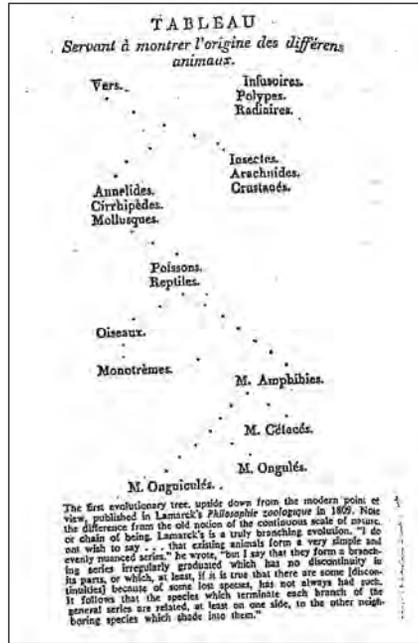


FIG. 4 - Diagrama sobre a origem dos animais (1809), de Lamarck.

mitia que as espécies animais pudessem ser dispostas linearmente, mas antes num sistema de bifurcação lateral. E, mais tarde, em *Philosophie Zoologique*, de 1809, apresenta um diagrama que se aproxima de uma árvore, embora o regime de arborescência seja reduzido à dicotomia.

É porque nesse diagrama Lamarck estabelece uma relação entre a natureza ramificada e a evolução, entendida esta enquanto mecanismo causador dessa mesma ramificação, que é possível defender que o diagrama de Lamarck pode ser, legitimamente, considerado como a primeira árvore da vida de base evolutiva (cf., por exemplo, Voss, 1952).

Ainda no século XIX, mas agora em Inglaterra, o pensamento diagramático assumiu particular importância em ornitologia, mas a imagem da árvore iria ficar de fora desse imenso esforço de representação da diversidade dos seres. De facto, os ornitologistas britânicos produziram, de forma pioneira, vários tipos de diagramas de classificação. Segundo O'Hara (1988), é possível distinguir três tipos: o sistema quinário (anos 1820-1830); o sistema de mapas (anos 1840-1850); e, finalmente, o sistema de diagramas evolutivos pós-darwinianos (a partir dos anos 1860). A Fig. 5 mostra-nos, a título de exemplo, dois diagramas onde são expos-

tas as afinidades e analogias entre ordens e famílias de algumas aves. Em ambos os casos, trata-se de um sistema quinário de classificação, isto é, um sistema circular que tem por base o número cinco. Este tipo de sistema foi desenvolvido, em 1819, pelo entomólogo William Sharpe Macleay (1792-1865), e amplamente divulgado pelos ornitólogos Nicholas Vigors (1785-1840) e William Swainson (1789-1855), seus discípulos, tornando-se muito popular durante a primeira metade do século XIX. O corpo teórico do quinarismo, digamos assim, traduzia uma visão interessante sobre a organização dos seres. De acordo com este sistema, todos os *taxa* são, naturalmente, divisíveis em cinco subgrupos, e cada subgrupo é, ainda, divisível em cinco subsubgrupos, e assim sucessivamente. Por outro lado, as afinidades entre esses *taxa* formam, naturalmente, uma cadeia circular. Quer isto dizer que se A tem afinidade com B, e B com C, e C com D, e D com E, então, E irá mostrar sempre afinidade com A, fechando assim o círculo. É justamente isto que vemos no diagrama de Vigors (Fig. 5 a). O diagrama de Swainson (Fig. 5 b) mantém essas afinidades, mas, ao mesmo tempo, torna visível as analogias (linhas pontuadas) entre os diferentes *taxa* (O'Hara, 1988).

Ao mesmo tempo que os ornitólogos britânicos se entusiasmavam com as múltiplas configurações dos seus sistemas de classificação não-arborescentes, o geólogo americano Edward Hitchcock (1763-1864) publicava *Elementary Geology* (1840), que se tornou, de imediato, muito popular e influente. Esta obra surge num contexto que estava lentamente a transformar-se. Charles Lyell (1797-1875) tinha já publicado os seus *Principles of Geology* (1830-1833), onde está consolidada a teoria do uniformitarismo. Lyell exerceu uma influência progressiva no pensamento de Hitchcock, que mantinha ainda a convicção de que o catastrofismo era o principal agente de modificação da crosta terrestre. Mas o que nos interessa em Hitchcock é a ilustração arborescente (Fig. 6) que surge nas primeiras edições (1840-1852) da sua obra intitulada *Elementary Geology*. Trata-se de um diagrama em forma de árvore onde são representados os reinos animal e vegetal. No entanto, segundo Archibald (2008), neste diagrama não está implícito qualquer raciocínio evolutivo. Aliás, Hitchcock acreditava mesmo que a evolução, enquanto mecanismo, era inconsistente com o que ele via no registo fóssil. Neste sentido, a sua posição era claramente antievolucionista. Para ele, era evidente que as coisas mudavam ao longo do tempo geológico, mas que o agente dessa mudança era Deus.

Quanto ao seu diagrama em forma de árvore, intitulado “Paleontological Chart”, Hitchcock explica-o detalhadamente. Sem procurarmos

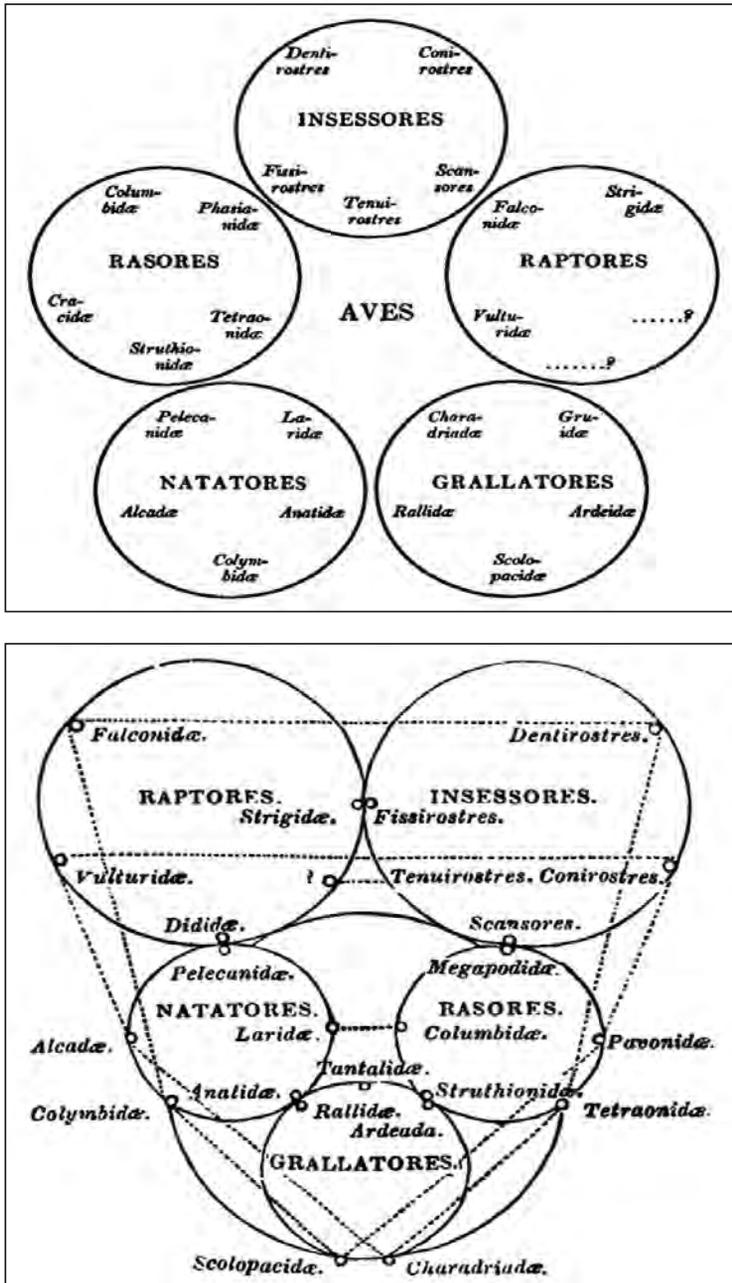


FIG. 5 – Diagrama sobre as afinidades e analogias entre algumas ordens e famílias de aves (A), segundo Vigors (1824), e (B), segundo Swainson (1836-1837) (cf. O'Hara, 1988).



coroa. No caso das plantas, são as palmeiras, com mais de mil espécies. No caso dos animais, são os mamíferos, onde, é claro, o homem ocupa o lugar de topo. Quer isto dizer que a árvore de Hitchcock se aproxima perigosamente de uma concepção quase evolucionista.

Voltemos novamente à Europa. Na linha de pensamento de Lamarck sobre a transformação das espécies, o escocês Robert Chambers (1802-1871) publicou, em 1844, a obra *Vestiges of the Natural History of Creation* que teve grande impacto na sociedade vitoriana. Nela, Chambers discorre uma série de argumentos sobre a hipótese de desenvolvimento dos reinos animal e vegetal que acompanha com um diagrama (Fig. 7). Julgamos ser bem elucidativa a explicação de Chamber sobre a significação desse diagrama:

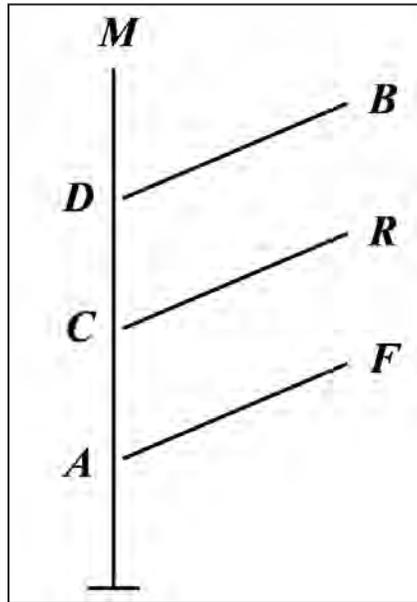


FIG. 7 - Diagrama em *Vestiges of the Natural History of Creation* (1844), de Chambers (reproduzido a partir do original).

“Tem sido observado que, na reprodução dos animais superiores, o novo ser passa por estádios nos quais apresenta semelhanças com os peixes e répteis. Mas essas semelhanças não são com o peixe adulto ou réptil adulto, mas antes, com o peixe e o réptil a certa altura do seu desenvolvimento fetal; isto também é verdade para os sistemas vascular, nervoso, entre outros, igualmente semelhantes. Isto pode ser facilmente demonstrado por um diagrama. É suposto que os fetos das quatro classes avancem em condições idênticas no ponto A. Os peixes divergem aqui e seguem uma linha lateral, peculiar em si, até ao seu estado maturo F. Os répteis, aves e mamíferos seguem em conjunto até C, onde os répteis divergem da mesma forma que em A, avançando depois para o seu estado adulto R. As aves divergem em D e vão até B. Os mamíferos seguem, depois, em linha recta até ao mais alto ponto de organização em M. Este diagrama mostra apenas as principais ramificações; mas o leitor deve imaginar outras menores, representando as diferenças subordinadas das ordens, famílias, géneros, etc., caso pretenda estender esta visão a todas as variedades de seres do reino animal.” (Chambers, 1844, p. 212)

É interessante ver que Chambers centra a sua argumentação na ontogenia das espécies e que, por outro lado, a sua perspectiva de desenvolvimento mantém a ideia de progresso linear rumo à perfeição.

O biólogo britânico Alfred Wallace (1823-1913) é muitas vezes referido como o co-descobridor com Darwin da teoria evolutiva. Wallace deixou-nos textos absolutamente notáveis. Um deles é sobre aves. Publicado em 1856, *Attempts at a Natural Arrangement of Birds* surge com um corpo teórico denso e muito consistente. Como o próprio título indica, o objectivo da obra é ensaiar uma espécie de classificação natural das aves. Nela, Wallace inclui dois diagramas (Fig. 8) muito interessantes, onde pretende mostrar as afinidades de dois grupos de aves. Se compararmos este diagrama com os diagramas de Vigors e Swaisson, acima referidos, sobre as afinidades e analogias entre grupos de aves, com base no sistema quinário, ressaltam à vista diferenças fundamentais, sendo a mais óbvia a própria configuração e o lugar que o tempo nela desempenha, uma vez que a distância entre os diferentes grupos é uma distância operada pelo tempo.

Continuemos na Europa. Em *The Testimony of the Rocks* (1857), do geólogo escocês Hugh Miller (1802-1856), surgem três diagramas, representando, cada um deles, a genealogia dos animais, das plantas e, em particular, dos peixes. Reproduzimos aqui dois desses diagramas (Fig. 9), apenas para apontar algumas semelhanças e diferenças com o diagrama de Hitchcock.

Por um lado, estes diagramas mantêm, em eixo vertical, o tempo geológico, mas, em ordem decrescente. Por outro lado, as variações na abundância dos grupos não são representadas, impedindo assim que seja alguma coisa dita sobre a história desses mesmos grupos. Por conseguinte, a informação que podemos retirar destes diagramas é muito escassa. A sua observação permite-nos ficar a saber que, por exemplo, as monocotiledóneas surgiram no Carbonífero e pouco mais. O que causa estranheza é o facto de Miller ter designado os seus diagramas de genealogias. Ora, o que eles mostram é o desenvolvimento individual de cada um dos grupos sem qualquer relação entre eles.

Ainda na Europa, mas mais a leste, o paleontólogo alemão Heinrich Georg Bronn<sup>5</sup> (1800-1862) publica, em 1858, *Untersuchungen über die*

---

<sup>5</sup> Darwin leu e citou algumas obras de Bronn, que lia em francês. Por outro lado, Bronn foi quem traduziu para o alemão a primeira edição de *On the Origin of Species*, publicado em Estugarda, no ano de 1860.

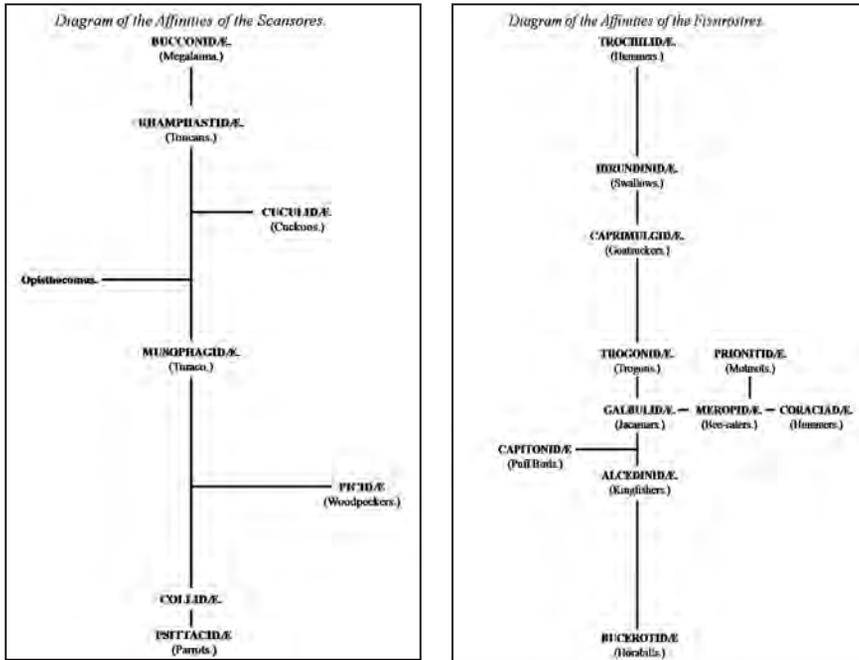


FIG. 8 – Diagramas de afinidades em dois grupos de aves, em *Attempts at a Natural Arrangement of Birds* (1856), de Wallace (reproduzido a partir do original).

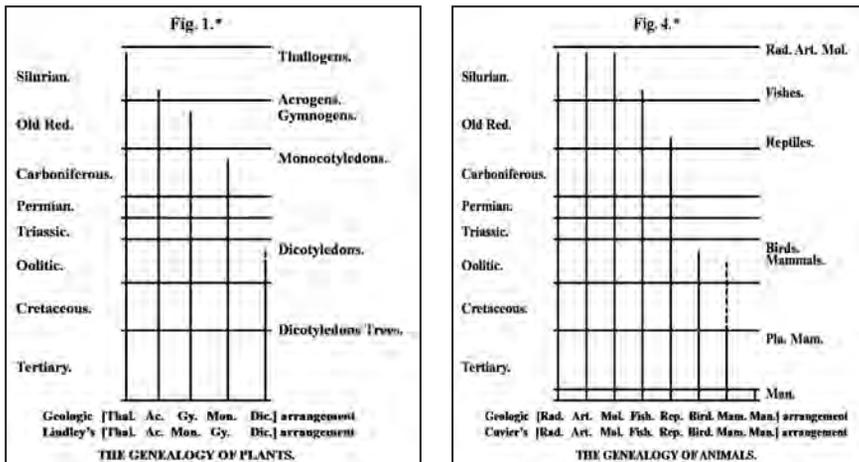


FIG. 9 – Diagramas (*The genealogy of plants*, p. 40, e *The genealogy of animals*, p. 45) em *The Testimony of the Rocks* (1857), de Miller (reproduzido a partir do original).

*Entwicklungs-Gesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erd-Oberfläche.* Nesta obra, pretendendo reforçar a ideia de

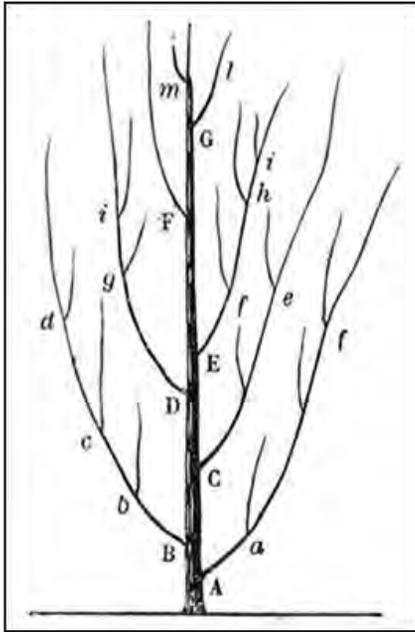


FIG. 10 – Árvore de Heinrich Bronn, publicada em 1858.

progresso dos seres, inclui a imagem de uma árvore legendada com letras (Fig. 10), de algum modo semelhante à árvore de Darwin. Ainda assim, Bronn considera que formas menos perfeitas continuam a ramificar-se, mesmo depois de formas mais perfeitas terem surgido (Archibald, 2008).

### Darwin e a árvore da vida

Em *On the Origin of Species* (1859), de Charles Darwin (1809-1882), há apenas uma única imagem – um diagrama em forma de árvore (Fig. 11). Ela ilustra, claramente, a ideia de Darwin sobre a origem das espécies a partir de espécies pré-existent. Neste sentido, este diagrama “dá a ver” os

efeitos da selecção natural sobre os descendentes de um ancestral comum, em particular, o princípio da divergência.

Com esta imagem Darwin introduziu novas instruções de leitura da metáfora da árvore, descontextualizando aquilo que podemos referir como o seu sentido óbvio desde a Antiguidade. Se, como vimos, a árvore representava uma ordem pré-estabelecida por uma entidade divina, com todos os seres a ocupar um lugar pré-determinado e para sempre, pelo contrário, a árvore darwiniana adquire uma estrutura fluida em que são as próprias espécies a determinar a sua história. Esta fluidez é operada pelo factor tempo, que serve aqui de alavanca a todo o processo. Mas há, também, o aspecto relacional. A árvore darwiniana estabelece uma relação entre os componentes. Do tronco fundamental dependem todos os ramos, e de cada ramo dependem todas as folhas. Sem tronco não haveria ramos nem folhas. É justamente esse o sentido do aspecto relacional. Sem uma espécie ancestral, não haveria todas

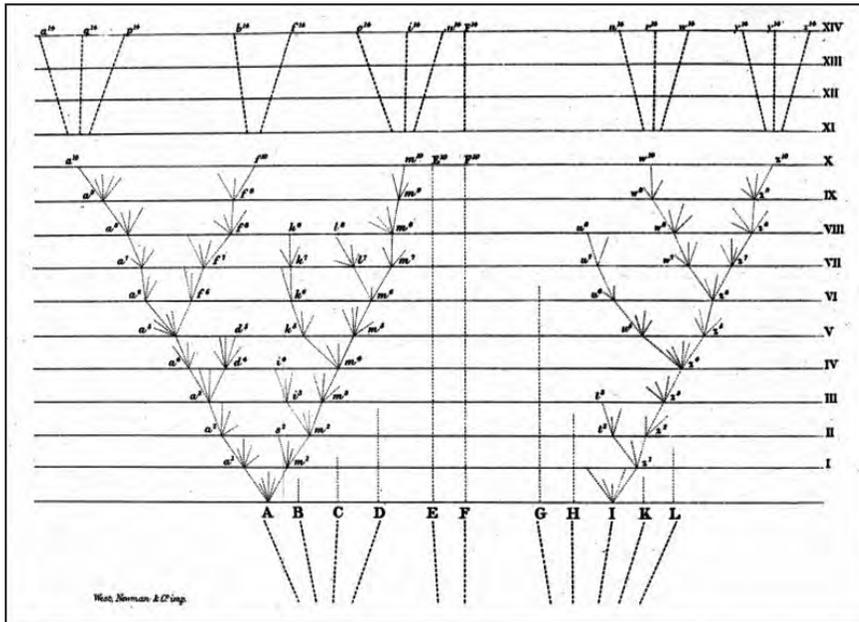


FIG. 11 – Diagrama em forma de árvore, em *On the Origin of Species* (1859), de Darwin (Wellcome Library, Londres).

as outras espécies. E se há, efectivamente, outras espécies é porque o tempo passou. E se o tempo passou, então é porque, muito provavelmente, ocorreu evolução.

Estes dois aspectos – fluidez e relação – acabam por constituir as novas instruções de leitura com que Darwin inverteu o sentido tradicional da metáfora da árvore. Acresce que, da mesma forma que nenhuma árvore cresce num ambiente hermético, também a árvore darwiniana depende fortemente do ambiente em que está inserida. Aliás, é o ambiente que determina o seu crescimento. Darwin introduz, assim, na equação factores externos à própria árvore. A selecção natural, enquanto mecanismo evolutivo, é o exemplo primeiro dessa componente, conferindo assim à árvore uma forma dinâmica e imprevisível. Sobretudo imprevisível. As espécies que existem podiam não existir.

Esta árvore é precedida por um célebre esboço, desenhado pelo próprio punho de Darwin, num dos seus cadernos de notas, de 1837 (Fig. 12). Do ponto de vista da sua construção diagramática, é notável a relação íntima que nela se verifica entre palavra e imagem. Do ponto

de vista do significado, trata-se de uma primeira aproximação à ideia de árvore evolutiva, na qual Darwin representa uma árvore irregularmente ramificada, anulando, assim, a ideia clássica de simetria.

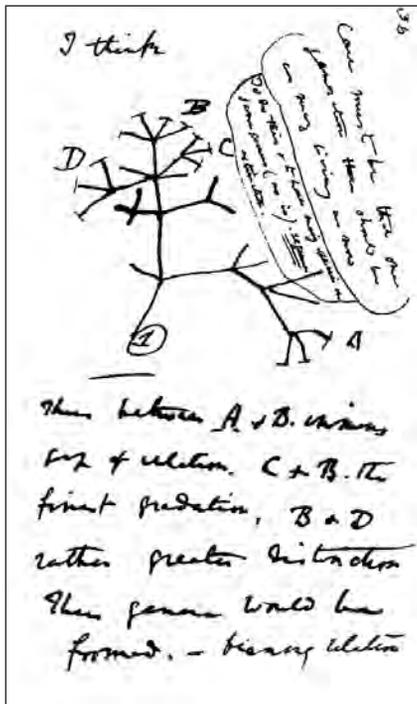


FIG. 12 – Esquema desenhado por Darwin, em *Notebook B*, 1837 (Wellcome Library, Londres).

Trata-se da árvore genealógica da humanidade (Fig. 14) que surge na obra intitulada *Anthropogenie*, de 1874. Esta árvore está, logo à partida, dividida em quatro partes (linhas horizontais, na imagem). Na porção mais baixa, os protozoários, com poucos ramos, a sugerirem menor diversidade, depois os metazoários invertebrados, os vertebrados, no topo, na parte mais ramificada da árvore, os mamíferos, com o homem em destaque. Estamos perante uma imagem repleta de significações. Por um lado, a progressão linear dos seres, por outro, a ideia de inevitabilidade do processo evolutivo que conduz ao homem.

Que a vida se faz com a aparência de uma progressão linear dos seres, tendo como fim último e inevitável o homem, é uma ideia muito antiga. A título de exemplo, refira-se o naturalista suíço Charles Bonnet

## Häckel e a árvore genealógica

O biólogo alemão Ernst Hæckel (1834-1919) terá sido, muito provavelmente, o divulgador mais obstinado da evolução, e também o que mais uso fez da imagem da árvore evolutiva. Na verdade, as suas obras estão repletas de árvores (Fig. 13) com imensos ramos rugosos e cheios de nós, mostrando a genealogia de diferentes grupos de animais.

Todos os ramos das árvores de Hæckel se orientam para cima e para fora, formando uma espécie de cone. Além do mais, a disposição dos grupos é feita por forma a reforçar a associação do baixo ao primitivo. Neste domínio, há em Hæckel uma imagem que se

Taf. III

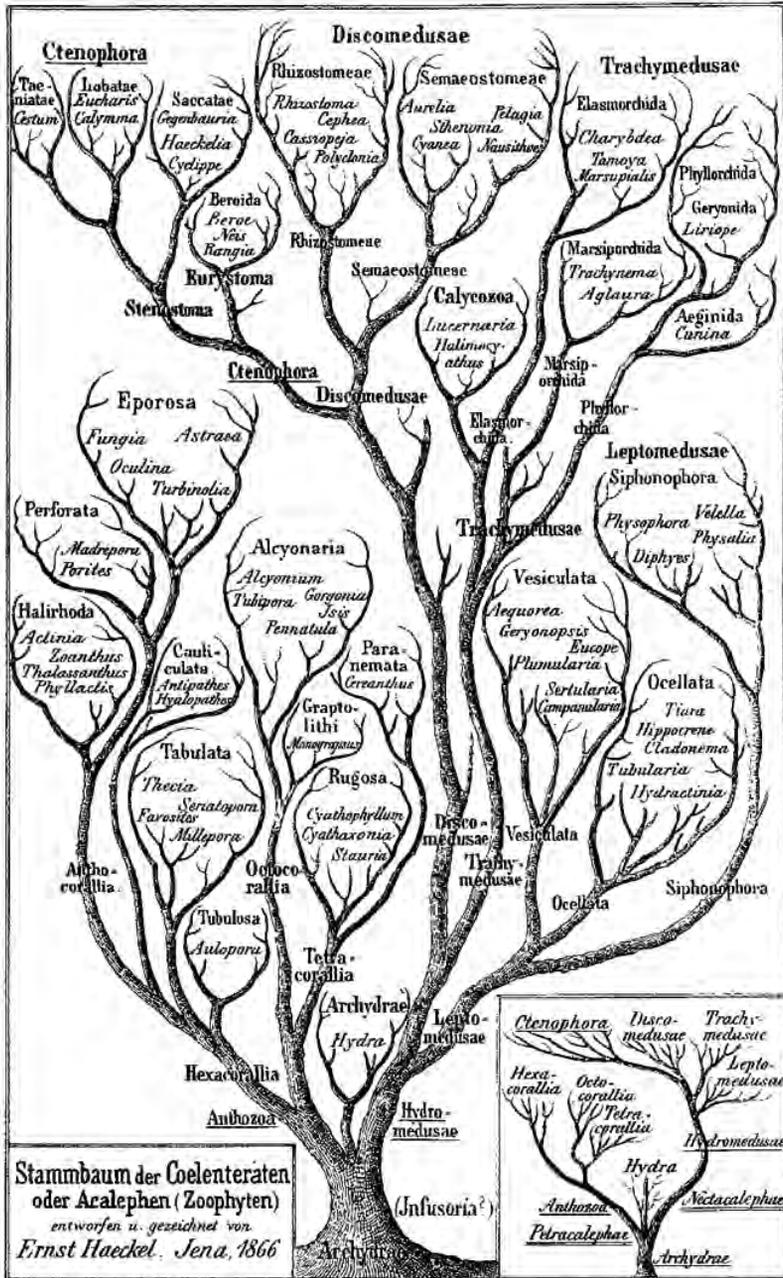


FIG. 13 - Três árvores genealógicas, de diferentes grupos de animais, em *Generelle Morphologie der Organismen* (1866), de Haeckel.



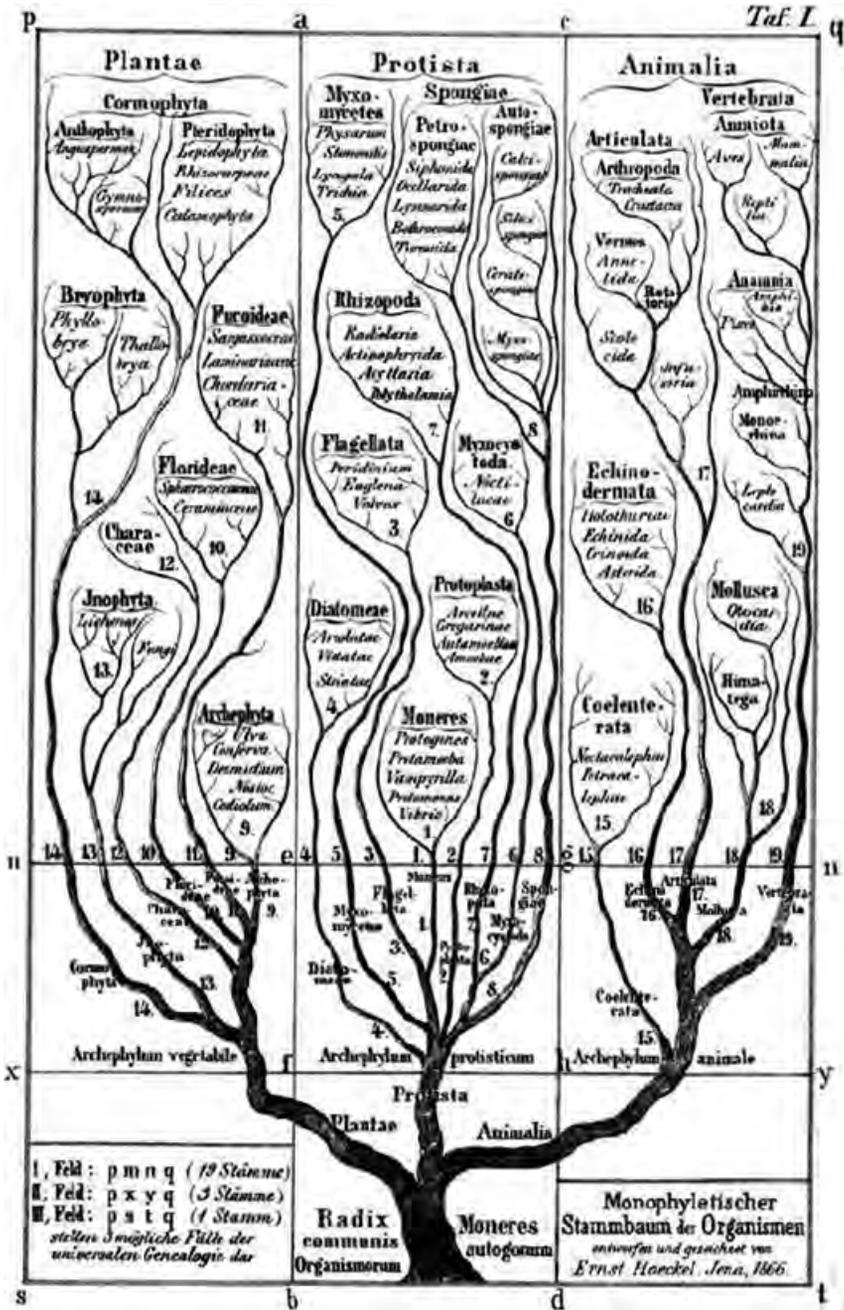


FIG. 13 (cont.) – Três árvores genealógicas, de diferentes grupos de animais, em *Generelle Morphologie der Organismen* (1866), de Haeckel.

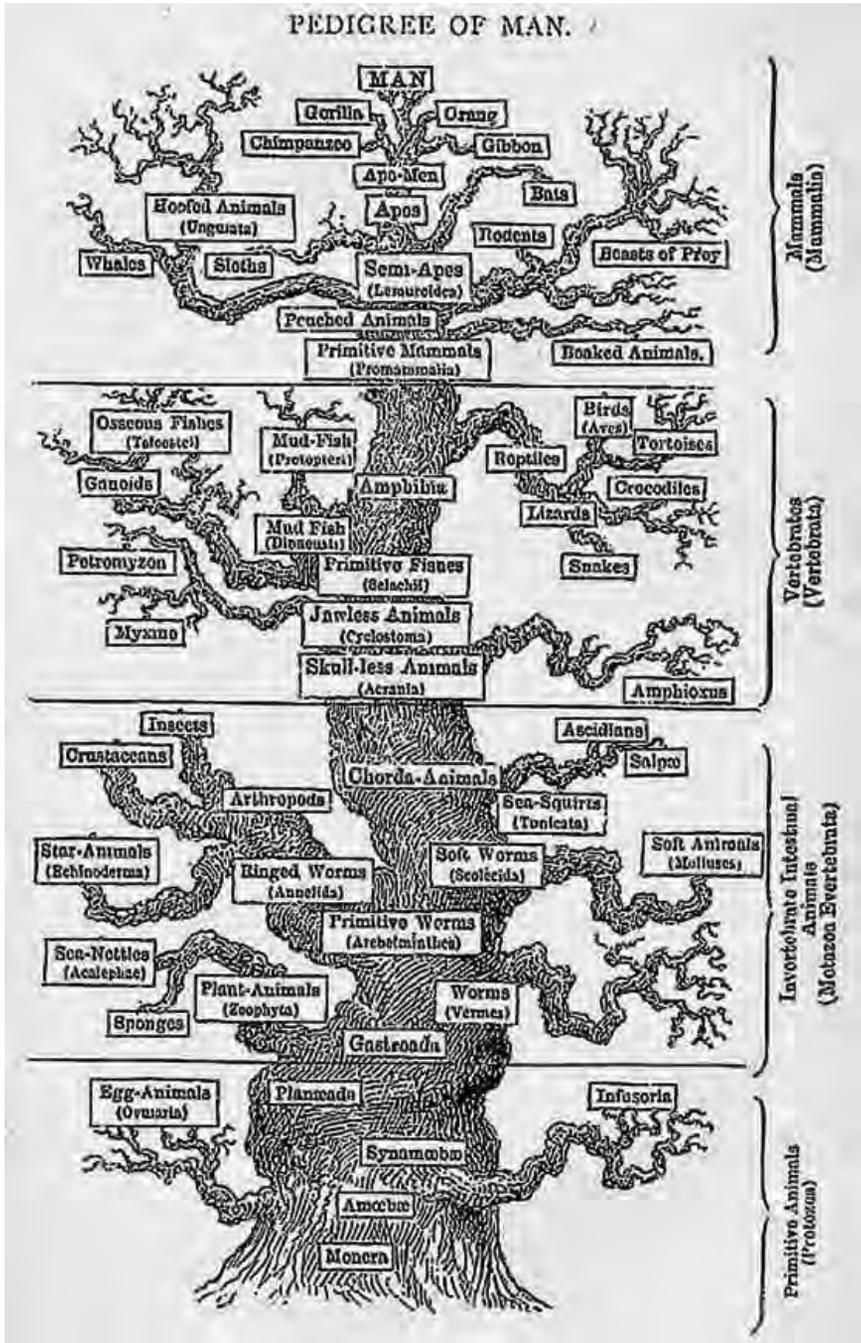


FIG. 14 – Árvore genealógica da humanidade, em Antropogenie (1874), de Hæckel.

(1720-1793) que, em 1745, apresenta uma versão modificada da *scala naturae* (Fig. 15 a), tendo por base a lógica da progressão, de acordo com uma série linear que vai do simples ao complexo, terminando no homem. Ou, então, o médico britânico Charles White (1728-1813) que, em *Regular Gradation of Man* (1799), apresenta um quadro (Fig. 15 b) em que a diversidade dos vertebrados segue um fio condutor que vai das aves até aos crocodilos e cães, passando pelos macacos, e terminando nos grupos humanos, com os caucasianos no topo.

**IDE'E D'UNE ECHELLE  
DES ETRES NATURELS.**

|                         |
|-------------------------|
| L'HOMME.                |
| Orang-Outang.           |
| Singe.                  |
| <b>QUADRUPEDES.</b>     |
| Ecureuil volant.        |
| Chauvefouris.           |
| Autruche.               |
| <b>OISEAUX.</b>         |
| Oiseaux aquatiques.     |
| Oiseaux amphibies.      |
| Poissons volans.        |
| <b>POISSONS.</b>        |
| Poissons rampans.       |
| Anguilles.              |
| Serpens d'eau.          |
| <b>SERPENS.</b>         |
| Limaces.                |
| Limaçons.               |
| <b>COQUILLAGES.</b>     |
| Vers à tuyau.           |
| Teignes.                |
| <b>INSECTES.</b>        |
| Gallinées.              |
| Tema, ou Solitaire.     |
| Polypes.                |
| <b>Orues de Mer.</b>    |
| Sensíveis.              |
| <b>PLANTES.</b>         |
| Lychens.                |
| Mossifères.             |
| Champignons, Agarics.   |
| Truffes.                |
| Coraux & Coralloides.   |
| Lithophytes.            |
| Amianthe.               |
| Talcs, Gyps, Sélénites. |
| Ardoises.               |
| <b>PIERRES.</b>         |
| Pierres figurées.       |
| CrySTALLISATIONS.       |
| <b>SELS.</b>            |
| Vitriols.               |
| <b>METAUX.</b>          |
| <b>DEMI-METAUX.</b>     |
| <b>SOUFRES.</b>         |
| Bitumes.                |
| <b>TERRES.</b>          |
| Terre pure.             |
| <b>EAU.</b>             |
| <b>AIR.</b>             |
| <b>FEU.</b>             |
| Matières plus subtiles. |

FIG. 15 a - Escala dos seres naturais, segundo Bonnet (1745).

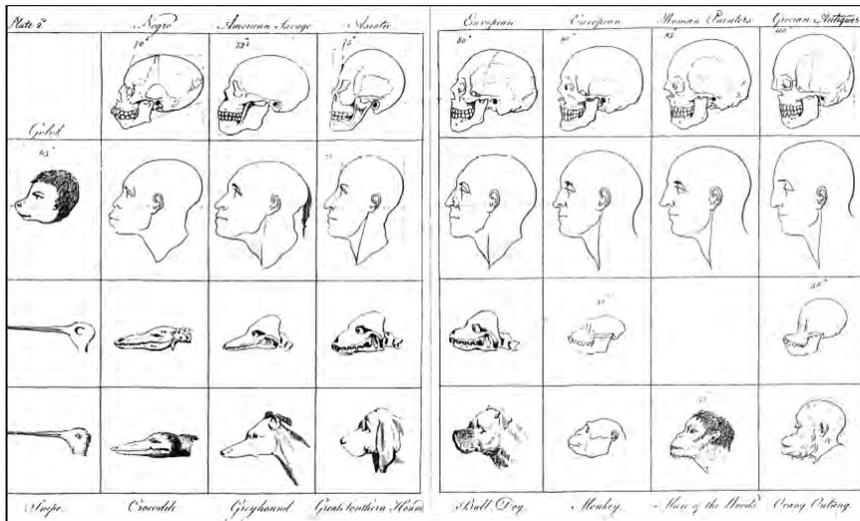


FIG. 15 b – Gradação linear dos vertebrados, segundo White (1799).

Também Darwin alude a esta visão do progresso linear, em *On the Origin of Species*. Para ele, o progresso estava relacionado com “a acumulação das variações que são úteis a cada indivíduo nas condições orgânicas e inorgânicas em que pode encontrar-se colocado em todos os seus períodos de vida” (Darwin, 1859, p. 134). Neste sentido, “cada ser (...) tende a aperfeiçoar-se cada vez mais relativamente a estas condições. Este aperfeiçoamento conduz, inevitavelmente, ao progresso gradual da organização do maior número de seres vivos em todo o mundo” (*ibid.*). Darwin admite que este é um assunto muito complicado, mas não hesita em considerar o que, por exemplo, se deve entender por um progresso da organização para o caso dos vertebrados. Nas suas palavras, “trata-se claramente de um progresso intelectual e de uma conformação que se aproxima da do homem” (*ibid.*). No entanto, ao longo do texto, Darwin vai identificando as fragilidades desta linha de pensamento, chegando mesmo a colocar a seguinte questão: “Porque é que as formas mais aperfeiçoadas não têm por toda a parte suplantado e exterminado as formas inferiores?” (Darwin, 1859, p. 135), para logo de imediato responder: “Lamarck, que acreditava numa tendência inata e fatal de todos os seres organizados para a perfeição, parece ter pressentido também esta dificuldade, que o levou a supor que as formas simples e novas são constantemente produzidas pela geração espontânea. A ciência não provou ainda o bom fundamento desta doutrina (...). Pela nossa teoria,

a existência persistente dos organismos inferiores não oferece dificuldade alguma; com efeito, a selecção natural, ou a persistência do mais apto, não obriga necessariamente a um desenvolvimento progressivo, apodera-se unicamente das variações que se apresentam e que são úteis a cada indivíduo nas relações complexas da sua existência. E, poderia dizer-se, que vantagem haveria, tanto quanto o podemos avaliar, para um animálculo infusório, para um verme intestinal, ou mesmo para uma minhoca em adquirir uma organização superior? Se esta vantagem não existe, a selecção natural melhora apenas muito pouco estas formas, e deixa-as, durante períodos infinitos, nas suas condições inferiores actuais.” (*ibid.*)

## Mereschkowsky e a árvore reticular

Em 1909, o biólogo russo Constantin Mereschkowsky (1855-1921) publica, nos *Proceedings Studies of the Imperial Kazan University*, um artigo intitulado “The theory of two plasms as foundation of symbiogenesis. A new doctrine of the origin of organisms”<sup>6</sup>. Aí introduz o conceito de simbiogénese, como sendo “a origem de organismos pela combinação ou pela associação de dois ou vários seres que entram em simbiose” (Carrapiço e Rita, 2009). Nesse artigo, à semelhança de *On the Origin of Species*, surge um diagrama em forma de árvore (Fig. 16).

Por forma a determinar, com maior clareza, as suas significações, valerá a pena compará-lo com o primeiro esboço de árvore de Darwin (Fig. 17). Logo à partida, há duas diferenças substanciais. A primeira relaciona-se com os pontos de origem. No diagrama de Mereschkowsky surgem representados, não um, mas dois pontos que dão origem a duas linhas evolutivas distintas de organismos igualmente distintos. A segunda diferença diz respeito ao facto de na árvore de Mereschkowsky se estabelecer uma ligação horizontal que cruza, ou se atravessa, entre essas duas linhas evolutivas. Estamos perante duas diferenças muito relevantes que reflectem uma mudança complexa no modo de pensar a evolução.

---

<sup>6</sup> Este artigo foi republicado, em 1910, nos *Biologisches Centralblatt* (Leipzig: Verlag von Georg Thieme), sob o título *Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlechter der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen* [A teoria dos dois plasmas como fundadora da simbiogénese, uma nova doutrina sobre a origem dos organismos].

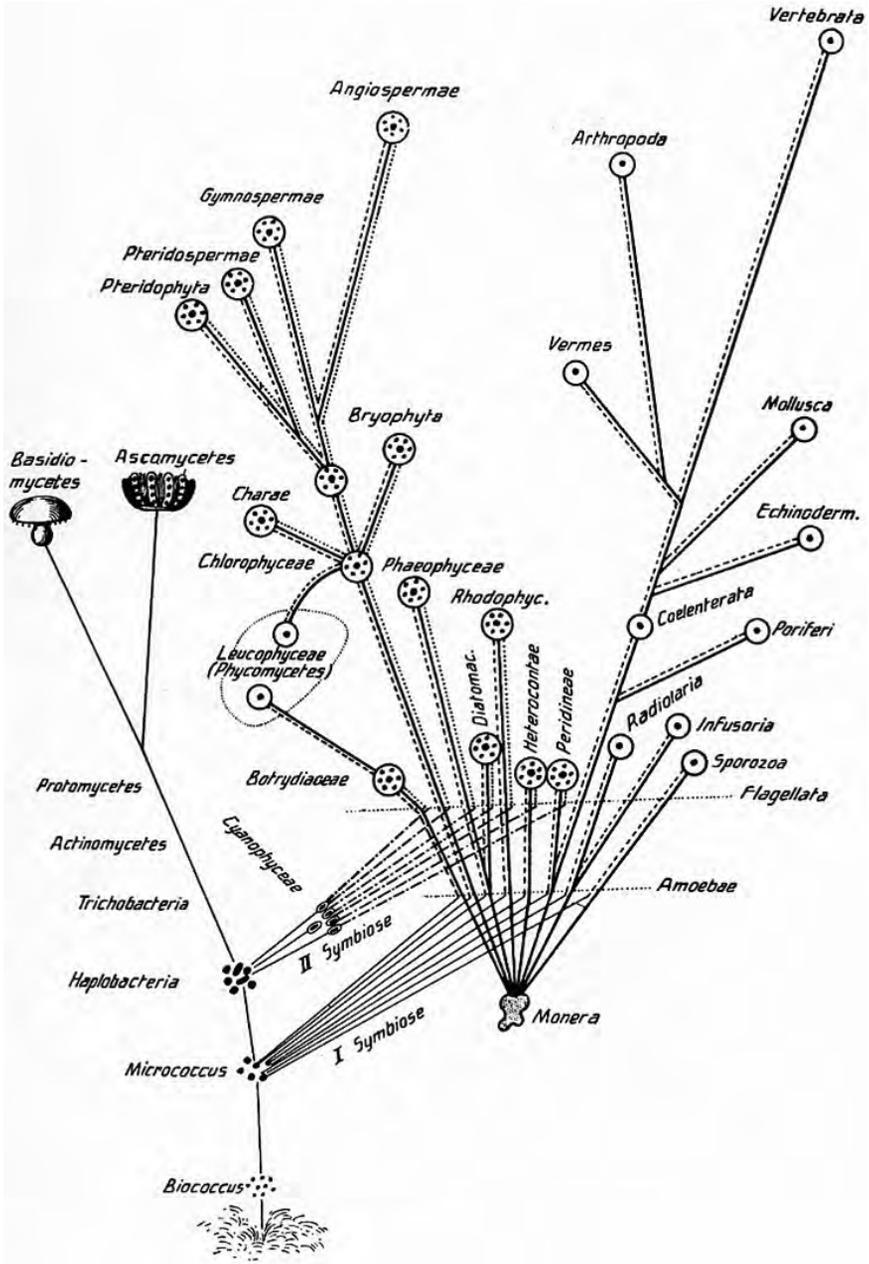


FIG. 16 – Diagrama em *Theorie der zwei Plasmaarten*, de Mereschkowsky (1910).

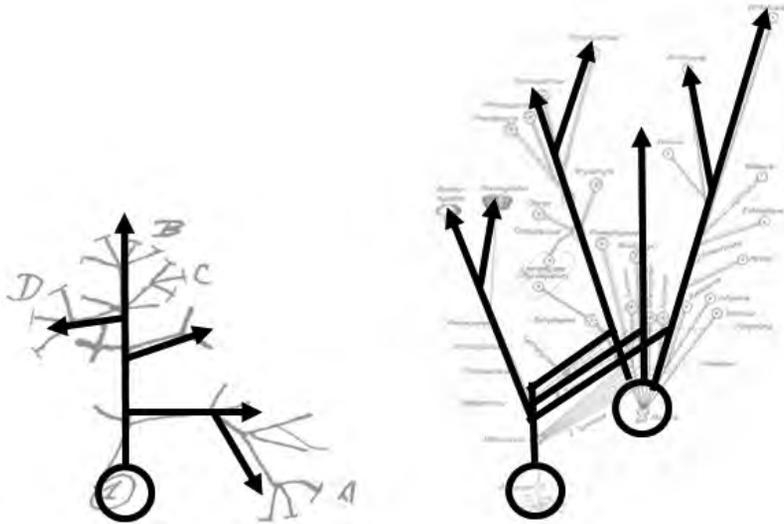


FIG. 17 – Análise comparativa entre a árvore de Darwin (à esquerda) e a árvore de Mereschkowsky (à direita).

A simbiogénese tinha sido já aflorada por Mereschkowsky num artigo, de 1905, intitulado “Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche”, onde, pela primeira vez, defende que os cloroplastos tinham tido origem a partir de cianobactérias de vida livre (Carrapiço e Rita, 2009). Neste sentido, a simbiogénese deve ser entendida enquanto um mecanismo capaz de produzir variedade. Esta variação tem origem na fusão horizontal de duas ou mais entidades distintas, resultando daqui uma nova entidade – o simbioma – com capacidades diferentes dos seus componentes quando individualizados (Carrapiço e Rita, 2009). Este mecanismo tem implicações profundas na representação da história evolutiva dos seres e, conseqüentemente, na configuração geométrica da árvore da vida. Por conseguinte, a árvore de Mereschkowsky assume um aspecto reticular, em oposição ao aspecto ramificado da árvore darwiniana.

### A árvore filogenética

É usual considerar-se que as árvores evolutivas, como iconografia-padrão da filogenia, foram introduzidas por Hæckel (Gould, 1995). Mas, como esclarece Dayrat (2003), Hæckel nunca considerou as suas árvores

como sendo filogenéticas. Tais árvores eram manifestamente genealógicas e distintas daquilo que ele próprio designava por filogenia. Dayrat (2003) defende ainda que Hæckel retirou de Darwin a ideia segundo a qual os sistemas naturais podem ser representados como uma árvore genealógica. Porém, diz Dayrat, as suas árvores não são propriamente darwinianas, e a sua construção foi influenciada, sobretudo, pelos trabalhos de Goethe e Lamarck. Por outro lado, Archibald (2008) afirma que Hæckel foi directamente influenciado pelos trabalhos de Bronn. No entanto, até aos anos 30 do século XX, o conceito de filogenia não estava ainda teoricamente consolidado.

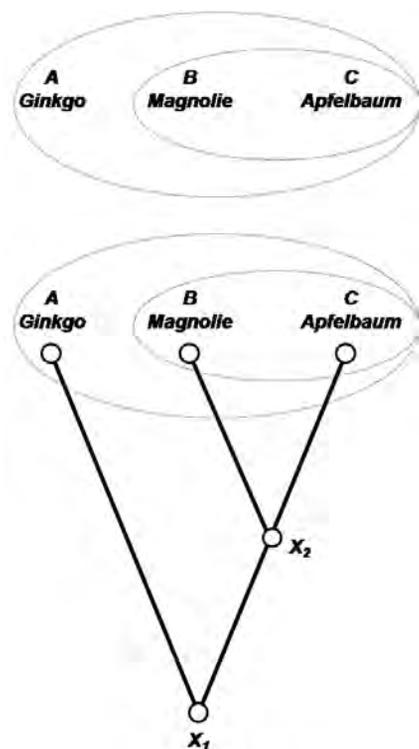


FIG. 18 – Diagrama a ilustrar o conceito de relação filogenética, de Zimmermann (1931) (reproduzido a partir do original).

O primeiro contributo consistente veio de um botânico alemão, Walter Zimmermann (1892-1980), num artigo, de 1931, intitulado “Arbeitsweise der botanischen Phylogenetik und anderer Gruppierungswissenschaften”. Zimmermann estabelece, nesse artigo, os conceitos básicos dos estudos filogenéticos. E, nesse mesmo artigo, podemos encontrar uma árvore (Fig. 18) que representa, de forma exemplar, a noção central das relações filogenéticas, isto é, uma relação que é definida em termos do ancestral comum.

Por conseguinte, na árvore de Zimmermann, as espécies B e C estão filogeneticamente mais relacionadas do que em relação à espécie A, uma vez que B e C partilham um ancestral comum mais recente ( $X_2$ ).

Porém, é com a publicação, em 1966, da obra *Phylogenetic Systematics*, do entomólogo Willi Hennig (1913-1976), que a teoria filogenética se posiciona como um método científico coerente, consistente e de grande aplicação. Há duas ideias centrais na obra de Hennig. Por um lado, a circunscrição dos sistemas de

de

classificação a grupos monofiléticos (isto é, clados, ou ramos individuais da árvore), por outro lado, a ideia de que as características derivadas, que Hennig designou por sinapomorfias, são, elas próprias, prova evidente da existência de clados (Donoghue e Cracraft, 2004).

O passo seguinte foi o desenvolvimento de algoritmos, por forma a estabelecer informaticamente as relações entre as espécies. Não demorou muito para que novas metodologias computacionais fossem desenvolvidas e aplicadas a bases de dados reais.

Um outro aspecto, igualmente significativo, foi a entrada em cena dos estudos filogenéticos, com base em dados moleculares, em particular, sequências de DNA, o que permitiu reconfigurar a posição relativas das espécies na grande árvore da vida.

Refiram-se, ainda, a título de exemplo, as árvores de Whittaker e de Woese (Fig. 19). Robert Whittaker (1920-1980), botânico norte-americano, desenvolveu, em 1969, um sistema de classificação baseado nos critérios de nutrição, nível de organização e interação com o meio ambiente, do qual resultou um sistema de cinco reinos, sendo aqui o reino a categoria taxonómica maior. Pouco tempo depois, em 1977, o microbiólogo norte-americano Carl Woese (n. 1928) desenvolveu uma técnica de análise filogenética de uma sequência genética muito particular, o RNA ribossomático 16S. Pela aplicação desta técnica, Woese *et al.* (1990) chegou a uma árvore da vida bem diferente da de Whittaker. Esta árvore mostra-nos a vida representada em três domínios, categoria esta superior à do reino. Por seu lado, a árvore da vida de Woese mostra-nos, também, que os domínios *Archea* e *Eucarya* partilham um ancestral comum, mais recente do que em relação ao domínio *Bacteria*, estando, por isso, mais próximos, do ponto de vista filogenético (Woese, Magrum e Fox, 1978; Woese, Kandler e Wheelis, 1990).

## Reconstrução da árvore filogenética

A reconstrução das relações filogenéticas entre as espécies tem sido um dos grandes desafios da Biologia. Um exemplo eloquente é a árvore da vida (Fig. 20) de Ciccarelli *et al.* (2006). Num artigo publicado na prestigiada revista *Science*, é-nos apresentada uma árvore com a forma circular. Esta árvore causa uma estranheza imediata. É uma árvore, mas não tem o aspecto de uma árvore. É um círculo, mas, ainda assim, é uma árvore.

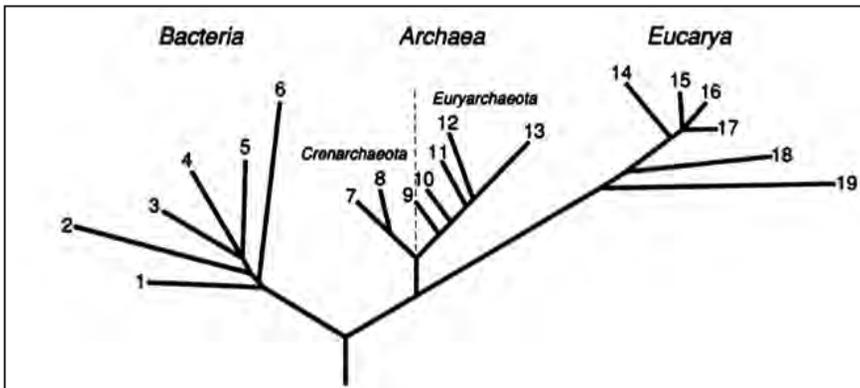
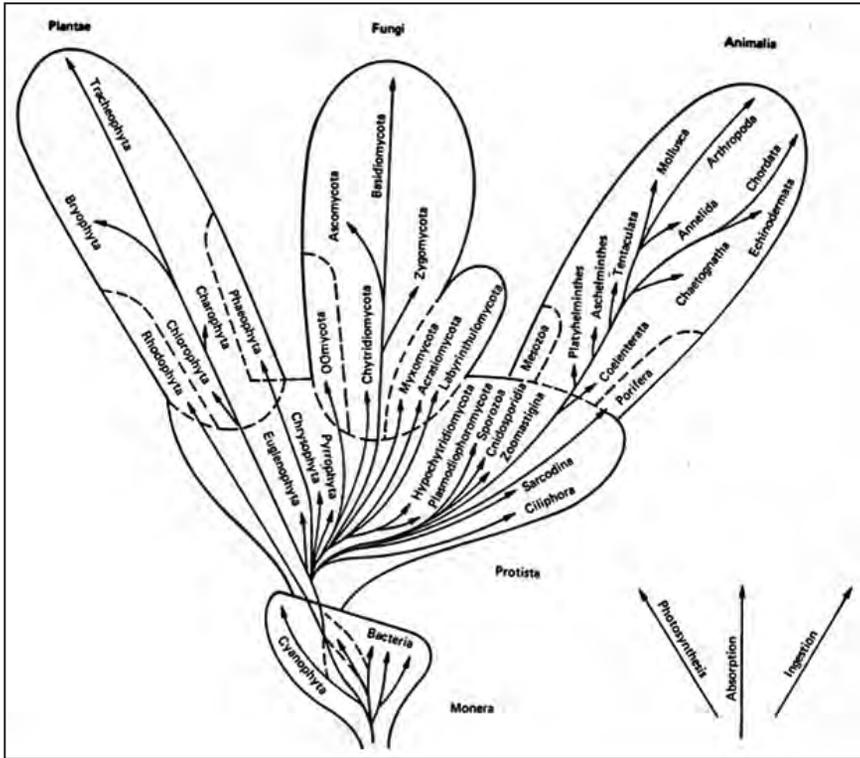


FIG. 19 – (A) Árvore da vida de Whittaker (1969), representando os cinco reinos da vida e (B) árvore da vida de Woese (1990), representado os três domínios da vida.

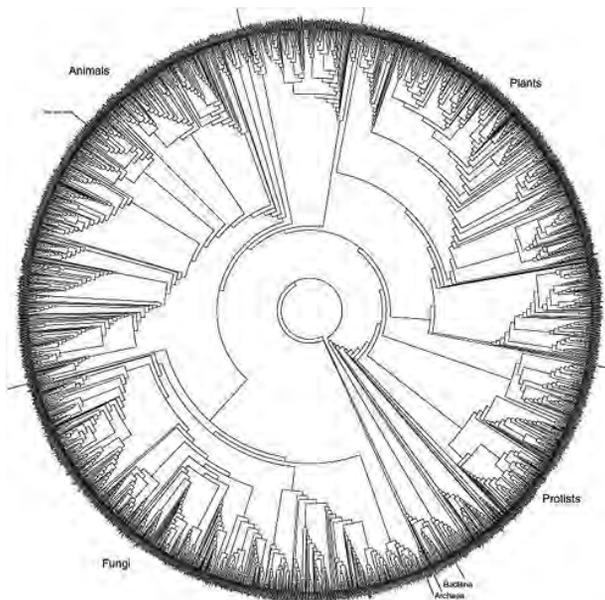


FIG. 20 – Versão simplificada da árvore da vida reconstruída, segundo Ciccarelli *et al.* (2006).

O regresso ao círculo merece análise cuidadosa. As semelhanças mais evidentes entre a árvore e o círculo relacionam-se com o ponto de origem e com a divergência. Em ambos os casos, o ponto de partida é apenas um ( $n$ ) e, para cada linha temporal ( $t + 1$  e  $t + 2$ ), o número de espécies é sempre maior do que um ( $n > 1$ ). Também em ambos os casos, o ambiente exterior determina a transformação da imagem. O percurso de cada elemento constitutivo da árvore ou do círculo é sempre divergente e resultante de uma dilatação da forma. No que toca às diferenças, no caso da árvore, o seu crescimento está localizado, sobretudo, ao nível da copa. A exterioridade determina o seu crescimento e, por conseguinte, a copa pode assumir múltiplas formas, mais ou menos irregulares, por meio de um plano de arborescência. Por outro lado, este crescimento é semi-radial, crescente e obrigatoriamente vertical. Por exemplo, o ponto A está mais relacionado, do ponto de vista evolutivo, com o ponto B do que com o ponto C (Fig. 21).

Este modelo de árvore reproduz, assim, os pressupostos do cone da diversidade crescente. A vida começa com o que é simples e restrito, e progride, sempre na vertical, para cada vez mais (Gould, 1995). No caso

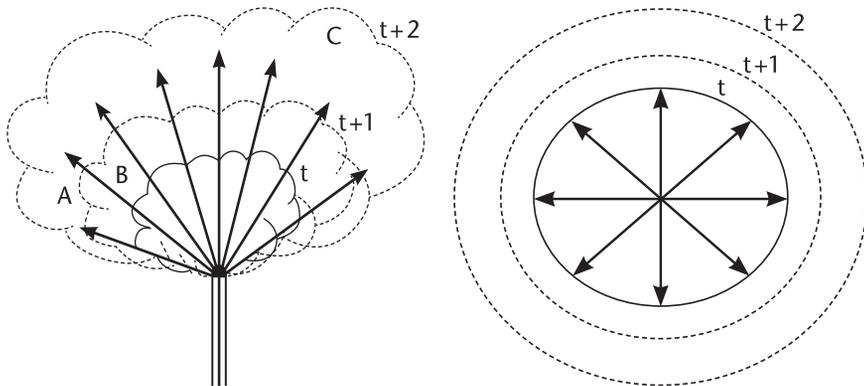


FIG. 21 – Esquema ilustrativo do crescimento da árvore (A) e do círculo (B).

do círculo, a estranheza surge pela sua simetria e ausência de hierarquia. Em cada linha temporal existem espécies. Podem ser mil ou um milhão. Não interessa. Existem. No entanto, no círculo reconhece-se o enclausuramento de todas as espécies que existem ou já existiram, enclausuramento esse que pode ser encarado como uma espécie de memória histórica do próprio círculo. Na verdade, o círculo pode ser pensado de modo a que a determinação interna dos elementos constitutivos do círculo prevaleça sobre o seu próprio enclausuramento (Pombo, 2006). O crescimento do círculo é radial, irradiação essa que se faz do centro para a periferia. Há, portanto, uma dilatação do círculo, que não é nem crescente nem vertical, mas que se afasta do centro de uma forma uniforme (Fig. 21 b, representada pelas setas).

É muito provável que Ciccarelli e seus colaboradores tenham optado pelo círculo, apenas por uma questão de gestão do espaço. No entanto, este modelo contraria frontalmente os pressupostos tradicionais da árvore, na medida em que dispensa a ideia de hierarquia, opção esta que é corroborada pela atribuição da designação de “árvore da vida” a algo que é efectivamente um círculo.

## Conclusão

Para lá de todas as variações e múltiplas possibilidades formais das árvores evolutivas, a iconografia da árvore aponta para um modelo de arborescência simétrica divergente. Quer isto dizer que as árvores evo-

lutivas reproduzem, implicitamente, uma regularidade subjacente, um arbusto vigoroso e disciplinado que se ramifica, de modo organizado, sem que os seus ramos se toquem. Neste sentido, é possível dizer que a metáfora da árvore recusa a possibilidade de uma ramificação desordenada, de uma confusão de formas e tamanhos. A metáfora da árvore transporta consigo a ideia de ordem e de progresso do simples e pouco para o mais e melhor. Digamos que há na árvore qualquer coisa da *scala naturae*. Como se a progressão linear e hierarquizada dos seres estivesse, de alguma forma, impregnada na metáfora da árvore. Não é, pois, de espantar que, para lá das múltiplas possibilidades formais das árvores evolutivas, a árvore tenha permanecido enquanto modelo de uma diversidade crescente, ordenada, disciplinada e simétrica, que se tenha perpetuado como cânone das representações da história evolutiva dos seres.

Terá Mereschkowsky rompido com esse modelo? Será, efectivamente, a árvore reticulada por si proposta uma representação esquemática de uma interpretação evolutiva não-darwiniana sobre a origem das espécies? Ou, pelo contrário, a sua árvore é ainda, ao fim e ao cabo, expressão das múltiplas possibilidades da árvore que nunca quisemos ver, possibilidades essas que produzem, ao mesmo tempo, uma abertura capaz de sugerir estratégias para futuras investigações e de propor novas geometrias para a árvore da vida?

É certo que Mereschkowsky colocou novos desafios teóricos, não apenas sobre as metodologias de análise filogenética, mas também sobre conceitos que tomávamos como certos (por exemplo, conceito de espécie, especiação, unidade e níveis de selecção, mecanismos de produção da variação, entre outros). Por outro lado, como vimos, a recente reconstrução circular das relações filogenéticas entre os seres vivos rompe também com o modelo clássico de árvore, e rompe no lugar porventura mais decisivo: a eliminação da hierarquia.

Porém, como mostra Rose (1999), “existe ainda algo de profundamente cultural em relação à biologia evolutiva (...). Através da linguagem, das ideias, dos quadros, dos modelos, acima de todas as metáforas que a biologia evolutiva utiliza, a cultura regressa em toda a sua força”. Assim sendo, haverá talvez que reconhecer que a árvore, enquanto imagem, mantém uma impregnação cultural imensa. Impregnação essa que passa, na maior parte dos casos, totalmente despercebida, e que por isso nos leva a reproduzir continuamente erros de interpretação. Quase como se fôssemos levados por uma espécie de obediência cega a um modelo no qual o progresso é previsível e se faz à custa de uma estranha obstinação pela perfeição.

## Agradecimentos

Este trabalho é devedor do contributo e da orientação eloquente da Prof. Doutora Olga Pombo. As suas sugestões, os seus comentários e as suas correcções, a par com os seus constantes incentivos, foram absolutamente decisivos.

## Bibliografia

- ARCHIBALD, J. D. (2008), “Edward Hitchcock’s Pre-Darwinian (1840) ‘Tree of Life’” in *Journal of the History of Biology*. DOI 10.1007/s10739-008-9163-y
- AUGIER, A. (1801), *Essai d’une Nouvelle Classification des Végétaux*. Bruyset Aîné, Lyon.
- BONNET, C. (1745), *Traité d’Insectologie; ou observations sur les pucerons*. Durand, Paris.
- BROON, H. (1858), *Untersuchungen über die Entwicklungs-Gesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erd-Oberfläche*. E. Schweizerbart’sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- BURKHARDT, R. W. (1980), “The Zoological Philosophy of J. B. Lamarck”. Introdução a LAMARCK, J. B. (ed.), *Zoological Philosophy: An Exposition with Regard to the Natural History of Animals*. University of Chicago Press, Chicago.
- CARRAPIÇO, F. e RITA, O. (2009), “Simbiogénese e Evolução” in LEVY, A., CARRAPIÇO, F., ABREU, H. e PINA, M. (eds.), *Evolução. Conceitos e Debates*. Esfera do Caos, Lisboa.
- CHAMBERS, R. (1844), *Vestiges of the Natural History of Creation*. John Churchil, Londres.
- CICCARELLI, F. D., DOERKS, T., VON MERING, C., CREEVEY, C. J., SNEL, B. e BORK, P. (2006), “Toward Automatic Reconstruction of a Highly Resolved Tree of Life” in *Science*, 311: 1283-1287.
- DARWIN, C. (1837), *Notebook B*. Disponível em “The Complete Work of Charles Darwin Online”, <http://www.darwin-online.com>
- DARWIN, C. (1859), *On the Origin of Species by means of natural selection, or the preservation of the favoured races in the struggle for life* (trad. para português por Joaquim Sá Mesquita Paul. 2009, Lello Editores, Lisboa).
- DAYRAT, B (2003), “The Roots of Phylogeny: How did Hæckel build His tree?” in *Syst. Biol.* 52 (4): 515-527.
- DONOGHUE, M. e CRACRAFT, J. (2004), “Charting the Tree of Life” in CRACRAFT, M. e DONOGHUE, M. (eds.), *Assembling the Tree of Life*. Oxford University Press, Nova Iorque.
- DURET, C. (1605), *Histoire Admirable des Plantes et Herbes esmerveillables et miraculeuses en Nature, mesmes d’aucunes qui sont vrais zoophytes ou plant’ animales, plantes et animaux tout ensemble pour avoir vie végétative, sensitive et animale*. Nicolas Bvon, Paris.

- GOULD, S. J. (1995), *A Vida é Bela. Xisto de Burgess e Natureza da História*. Gradiva, Lisboa.
- HÆCKEL, E. (1866), *Generelle Morphologie der Organismen: allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch Begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie*. Georg Reimer, Berlin.
- HÆCKEL, E. (1874), *Anthropogenie: Keimes- und Stammes-Geschichte des Menschen*. Engelmann, Leipzig.
- HENNIG, W. (1966), *Phylogenetic Systematic*. University of Illinois Press, Urbana, IL.
- HITCHCOCK, E. (1840), *Elementary Geology*. J. S. & C. Adams, Amherst.
- LAMARCK, J. B. (1809), *Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. Dentu, Paris.
- LINNÉ, C. (1735), *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis*.
- MERESCHKOWSKY, C. (1910), *Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlechter der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen*. Biologisches Centralblatt.
- MILLER, H. (1857), *The Testimony of the Rocks; or, the Geology in its bearings on the two Theologies, Natural and Revealed*. Gould Lincoln, Boston.
- O'HARA, R. J. (1988), "Diagrammatic Classifications of Birds, 1819-1901: Views of the Natural System in 19th-century British Ornithology" in OUELLET, H. (ed.), *Acta XIX Congressus Internationalis Ornithologici*. National Museum of Natural Sciences, Ottawa.
- PALLAS, P. S. (1766), *Elenchus zoophytorum sistens generum adumbrations generaliores et specierum cognitarum succinctas descriptions, cum selectis auctorum synonymis*. Apud Petrum van Cleef, The Hague.
- POMBO, O. (2006), *Unidade da Ciência. Programas, Figuras e Metáforas*. Editora Duarte Reis, Lisboa.
- ROSE, M. (1999), *Mystery of mysteries: is evolution a social construction?* Harvard University Press, Cambridge, MA (trad. para português por Ana Paula Tanque e Maria Serrano. 2002, Quasi Edições, Vila Nova de Famalicão).
- STEVENS, P.F. (1983), "Augustin Augier's 'Arbre Botanique' (1801). A Remarkable Early Botanical Representation of the Natural System" in *Taxon*, 32: 203-211.
- SWAISON, W. (1836-1837), *On the Natural History and Classification of Birds*. Longman, Londres.
- VIGORS, N. A. (1824), "Observations on the Natural Affinities that connect the Orders and Families of Birds" in *Trans. Linn. Soc.*, 14: 395-517.
- VOSS, E. G. (1952), "The History of Keys and Phylogenetic Trees in Systematic Biology" in *Journal of the Scientific Laboratory of Denison University*, 43: 1-25.
- WHITE, C. (1799), *An Account of the Regular Gradation in Man, and in Different Animals and Vegetables; and from the Former to the Latter*. Londres.
- WHITTAKER, R. (1969), "New concepts of kingdoms or Organisms: Evolutionary relations are better represented by new Classifications than by the traditional two Kingdoms" in *Science*, 163: 150-160.

- WOESE, C. e FOX, G. (1977), "Phylogenetic Structure of the Prokaryotic Domain: the Primary Kingdoms" in *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 74: 5088-5090.
- WOESE, C., MAGRUM, L. e FOX, G. (1978), "Archaeobacteria" in *J. Mol. Evol.*, 11: 245-251.
- WOESE, C., KANDLER, O. e WHEELIS, M. (1990), "Towards a Natural System of Organisms: proposal for the Domains Archaea, Bacteria and Eucarya" in *Proc. Nat. Acad. Sc. USA*, 87: 4576-4579.
- ZIMMERMANN, W. (1931), "Arbeitsweise der botanischen Pylogenetik und anderer Gruppierungswissenschaften" in ABDERHALDEN (ed.), *Handbuch der biologischen Arbeitmethoden*. Urban & Schwarzenberg, Berlin.