

## OS REINOS DA VIDA

Adaptado pela Profa. Dra. Sônia Lopes com base em trechos do livro **Cinco Reinos, um guia ilustrado dos filós da vida na Terra**, de Lynn Margulis & Karlene V. Schwartz, 2001, Guanabara Koogan.

Desde o tempo de Aristóteles até meados do século vinte, os seres vivos eram classificados em dois reinos: plantas ou animais. Desde a metade do século dezenove, contudo, muitos cientistas notaram que certos organismos, como as bactérias e os mixomicetos, diferiam das plantas e dos animais mais do que plantas e animais diferiam entre si. Outros reinos foram propostos por vários autores para acomodar esses organismos. Ernst Haeckel (1834-1919), naturalista alemão e divulgador da teoria da evolução de Darwin, por exemplo, fez várias propostas para um terceiro reino de organismos. As fronteiras do novo reino de Haeckel, o reino Protista, variaram durante o curso de sua longa carreira, mas seu persistente objetivo era colocar os organismos mais primitivos e ambíguos separados das plantas e dos animais, com a implicação de que os organismos maiores se desenvolveram a partir de ancestrais protistas. Haeckel reconheceu dentro do reino Protista as bactérias e as cianobactérias como um grande grupo que denominou Monera, diferenciado pela ausência de um núcleo celular. Contudo, a maioria dos biólogos ignorou as propostas para reinos adicionais além das plantas e animais ou as considerou curiosidades pouco importantes, um pleito especial de excêntricos.

As opiniões em relação aos reinos da vida começaram a mudar na década de 1960, principalmente devido ao conhecimento obtido pelas novas técnicas bioquímicas e da microscopia eletrônica. Essas técnicas revelaram afinidades e diferenças fundamentais no nível subcelular, que encorajaram uma enxurrada de novas propostas para sistemas de múltiplos reinos. Entre essas propostas, um sistema de cinco reinos (plantas, animais, fungos, protistas e bactérias), primeiramente proposto por Robert Whittaker em 1959, e grandemente baseado no trabalho anterior e altamente original de Robert Copeland de quatro reinos (plantas, animais, protoctistas e bactérias), tem consistentemente se sustentado por mais de três décadas. Com algumas modificações provocadas por dados mais recentes, o sistema de Whittaker é o mais usado. Resumidamente, os cinco reinos são Bacteria (com seus dois sub-reinos, Archaea e Eubacteria), Protoctista (algas, protozoários, mofos-de-lodo e outros organismos aquáticos menos conhecidos e parasíticos), Animalia (animais com ou sem coluna vertebral), Fungi (cogumelos, fungos e leveduras) e Plantae (musgos, samambaias e outras plantas portadoras de esporos ou semente). A única ameaça séria para qualquer dos esquemas de cinco reinos é

o sistema de três domínios dos microbiólogos liderados por Carl Woese da Universidade de Illinois. Usando critérios moleculares, especialmente seqüências nucleotídicas de RNA ribossômico, esses microbiólogos advogam por três grandes grupos: dois domínios (Archaea e Bacteria) consistindo em células procarióticas, e um domínio (Eukarya) contendo todos os outros organismos. Os fungos, as plantas e os animais são três dos reinos do domínio Eukarya, da mesma forma como eles estão no nosso esquema de cinco reinos. Contudo, dentro de cada um dos três domínios há numerosos reinos adicionais — muitos correspondentes aos filós no esquema de cinco reinos.

Embora sejamos profundamente devedores a Carl Woese, Mitchell Sogin (Laboratório Biológico Marinho em Woods Hole) e outros analistas de seqüências moleculares por suas contribuições inigualáveis à reorganização do mundo vivo, rejeitamos o esquema de três domínios bacteriocêntricos em bases biológicas e pedagógicas. Biologicamente, essa trifurcação falha em reconhecer a simbiogênese da célula (fusão de bactérias anteriores) como a principal fonte de inovação na evolução dos eucariontes. Ainda mais, os seus três domínios e múltiplos reinos são estabelecidos somente pelo critério das comparações de seqüências moleculares, enquanto cada reino no nosso esquema de cinco reinos só pode ser definido usando todas as características do organismo — moleculares, morfológicas e de desenvolvimento. Didaticamente, a existência de tantos reinos no sistema de três domínios destrói o propósito de uma classificação gerenciável da diversidade fundamental de nossos colegas de planeta, da qual a informação possa ser obtida pelos professores, naturalistas e outros não especialistas. Por essas razões, embora tenhamos feito extensivo uso dos dados de seqüência molecular na nossa classificação, rejeitamos o esquema que tem nesses dados o seu critério único.

## **PROTOCTISTA**

do grego *protos*, primeiro; *ktistos*, estabelecer

Os protoctistas apresentam uma grande variabilidade nas suas características de ciclo de vida — mas nenhum se encaixa na descrição de animal, planta ou fungo. O reino protoctista inclui os eucariontes microbianos (unicelulares ou de poucas células) e seus descendentes diretos multicelulares. Como os protoctistas estão agrupados nos complexos simbióticos microbianos, dos quais os animais, as plantas e os fungos foram removidos, não é de surpreender que o seu ciclo de vida

seja extraordinariamente variado. "Protistas" se referem aos menores protoctistas, mas algumas pessoas usam o termo para todos eles.

O Reino Protoctista compreende os microorganismos eucariontes e seus descendentes imediatos: todas as algas, incluindo as multicelulares, fungos amebóides (*slime molds*) e os tradicionais protozoários e outros organismos aquáticos ainda mais obscuros. Seus membros não são animais (que se desenvolvem de uma blástula), plantas (que se desenvolvem de um embrião) nem fungos (que não possuem undulipódios e se desenvolvem de esporos). Também não são protoctistas os procariontes. Todas as células protoctistas têm núcleos e outros atributos caracteristicamente eucarióticos. Muitos realizam a fotossíntese (têm plastídios), muitos são aeróbios (têm mitocôndrias) e muitos têm undulipódios [9(2)+2], com as suas bases de cinetossomo em algum estágio do seu ciclo de vida. Todos os protoctistas se desenvolveram por simbiose dentre pelo menos dois tipos diferentes de bactérias — em alguns casos, dentre muito mais do que dois. À medida que os simbiontes se integraram, um novo nível de individualidade surgiu. Muitas combinações diferentes de bactérias primitivas em consórcios simbióticos não passaram pelo teste da seleção natural. Mas aquelas que sobreviveram deram origem às linhagens modernas e atuais dos protoctistas, que podem ser classificados de acordo com a estrutura de sua organela. Na mitocôndria, por exemplo, as estruturas membranosas mais essenciais (e por isso de evolução lenta) são as cristas. Essas estruturas podem ser achatadas, tubulares ou discóides. As mitocôndrias podem estar totalmente ausentes em alguns protoctistas. Os pigmentos fotossintéticos, essenciais à função do cloroplasto, são critérios importantes, também empregados pelos taxonomistas para resolver a desconcertante diversidade do Reino Protoctista.

Os undulipódios e suas inserções, os cinetossomos sempre embutidos nas cinetídias são cruciais para uma compreensão dos protoctistas. Os undulipódios estavam presentes nos ancestrais comuns de todos os filos, mesmo antes das mitocôndrias, dado que os arqueoprotistas anaeróbios os carregavam. Seu comportamento durante a mobilidade e a reprodução está relacionado à divisão celular mitótica. Em alguns filos, todos os membros contêm undulipódios; em outros filos, eles estão ausentes, mas a maioria dos protoctistas produzem-nos e os eliminam em função de suas histórias da vida. Embora a importância dos undulipódios que se desenvolvem dos cinetossomos seja enfatizada por todos que estudam protoctistas — algólogos, zoólogos de invertebrados, microbiólogos, micólogos, parasitólogos, protozoólogos e outros —, alguns sentem que o uso do

termo "flagelo" deve ser mantido. Mas "flagelos" não têm relação alguma com estruturas rotatórias de bactérias, e assim a palavra, quando aplicada aos cílios, às caudas de espermatozóide e a outros undulipódios, é confusa.

Por que "protocista" em vez de "protista"? Desde o século dezenove, a palavra protista, usada formal ou informalmente, surgiu para denotar organismos unicelulares. Nas últimas duas décadas, contudo, a base para a classificação dos organismos unicelulares separadamente dos multicelulares se enfraqueceu. A multicelularidade se desenvolveu muitas vezes em organismos unicelulares — muitos seres multicelulares são parentes muito mais próximos de certos unicelulares do que o são de outros organismos multicelulares.

Aqui adotamos o conceito de protocista proposto em 1956 pelo botânico americano Herbert F. Copeland. A palavra foi introduzida pelo naturalista inglês John Hogg em 1861 para designar "todas as criaturas inferiores, ou seres orgânicos primários; - ambos *Protophyta*, tendo mais a natureza de plantas; e *Protozoa* tendo mais a natureza de animais". Copeland reconheceu, assim como vários acadêmicos do século dezenove, o absurdo de se referir à alga gigante pela palavra "protista", um termo que implica unicelularidade e, assim, pequenez. Ele propôs uma definição mais ampla do Reino Protocista para acomodar certos organismos multicelulares, assim como os unicelulares. O Reino Protocista assim definido também resolveu o problema de fronteiras nebulosas que surgem se os organismos unicelulares são assinalados aos reinos intrinsecamente multicelulares.

Numa tentativa de reconciliar a informação genética e ultra-estrutural com dados moleculares recentemente adquiridos, propomos aqui 30 filos protocistas. Esse número é mais uma questão de gosto do que de tradição, porque não há regras para definir os filos protocistas. Nossa classificação é questionável; por exemplo, alguns acreditam que os oomicetos, hifocitrídeos e quitrídeos, sejam realmente fungos, e que as clorófitas são plantas. Existem argumentos contra e a favor dessas visões.

Nosso sistema tem a vantagem de limitar o número de táxons mais altos e definir de forma precisa os três reinos dos organismos de maior porte. Os protocistas são aquáticos: alguns marinhos, alguns de água doce, alguns terrestres em solos úmidos e alguns parasitas ou simbióticos em tecidos de outros. Aproximadamente todos os animais, fungos e plantas — talvez todos — têm protocistas associados. Os filos, como Microspora e Apicomplexa incluem milhares de espécies, todas as quais vivem em tecidos de outros.

Ninguém sabe o número de espécies de protoctistas. Embora somente 40.000 foraminíferos extintos estejam documentados na literatura paleontológica, e mais de 10.000 protoctistas vivos estejam descritos na literatura biológica, Georges Merinfeld (Universidade de Dalhousie, Halifax, Nova Escócia) estima que haja mais de 65.000 espécies sobreviventes, e John Corliss (Universidade de Maryland) sugere que haja mais do que 250.000. O problema é que muito da diversidade dos protoctistas está nas regiões tropicais, onde os cientistas são escassos. Ainda mais, a documentação de novas espécies freqüentemente exige uma dedicação muito grande e um estudo ultra-estrutural.

Uma variação marcante na organização celular, nos padrões da divisão celular e no ciclo de vida é evidente nesse grupo diverso de micróbios eucariontes e seus parentes. Enquanto as algas são fotótrofos oxigênicos, os outros são heterótrofos que ingerem ou absorvem seu alimento. Em muitos, o tipo de nutrição varia com as condições: eles fotossintetizam quando a luz é abundante e se alimentam no escuro. Embora os protoctistas sejam mais diversos no estilo de vida e nutrição do que os animais, os fungos ou as plantas, metabolicamente são muito menos diversos do que as bactérias.

O conhecimento crescente sobre a ultra-estrutura, a genética, o ciclo de vida, o desenvolvimento dos padrões, a organização cromossômica, a fisiologia, o metabolismo, a história fóssil e especialmente a sistemática molecular de protoctistas têm revelado muitas diferenças entre eles e os animais, os fungos e as plantas. Os grandes grupos de protoctistas, descritos aqui como filos ou grupos de filos, são tão distintos a ponto de merecerem o *status* de reino nas mentes de alguns autores. Já que nenhuma pessoa ou grupo sozinho pode dominar todos os detalhes biológicos dos protoctistas, esperamos anos de discussão animada pela frente sobre sua taxonomia ótima. Com uma reverência à diversidade protoctista, um reconhecimento da sua herança eucariótica comum e um senso de humildade tanto em relação à sua complexidade quanto à nossa ignorância, apresentamos nossos 30 filos protoctistas.