

CLASSIFICAÇÃO DAS PLANTAS: ATUALIZAÇÕES PARA PROFESSORES DE BIOLOGIA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.641132523057>

Data de submissão: 24/07/2025

Data de aceite: 15/08/2025

Guilherme Veiga Ferreira

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciências do Solo,
Programa de Pós-graduação em Ciências
do Solo
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0009-0002-4098-4094>

Hulia Juana Scherer

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Biologia, Programa de
Pós-graduação em Agrobiologia
Santa Maria – RS
<https://orcid.org/0000-0001-6190-321X>

Nathália Mota Epifânio

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Biologia, Programa de
Pós-graduação em Agrobiologia
Santa Maria - RS
<https://orcid.org/0009-0009-4615-8755>

Liliana Essi

Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Ciências Naturais e Exatas,
Departamento de Biologia, Programa de
Pós-graduação em Agrobiologia
Santa Maria, RS
<https://orcid.org/0000-0001-5548-6448>

RESUMO: As plantas, fundamentais para a vida na Terra, têm sido negligenciadas no ensino, fato esse evidenciado de modo que muitos professores ainda utilizam sistemas de classificação e materiais didáticos desatualizados. A revisão proposta discute a “impercepção botânica”, fenômeno que descreve a dificuldade das pessoas em reconhecer a importância das plantas no ambiente, apresentando um histórico das classificações dos seres vivos, desde Aristóteles até os sistemas modernos baseados em filogenia molecular. As principais mudanças incluem a substituição do sistema de cinco reinos de Whittaker pela divisão em três domínios e a introdução de supergrupos de eucariotos, reorganizando a classificação das algas e de plantas como as arquegoniadas, gimnospermas e, principalmente, angiospermas através do sistema APG (Angiosperm Phylogeny Group) que revisou a classificação das angiospermas, eliminando a divisão tradicional entre monocotiledôneas e dicotiledôneas. Critica-se a desatualização dos materiais didáticos e a falta de exemplos de espécies nativas no ensino, sugerindo que isso contribua para o desinteresse dos alunos. Também enfatiza a importância da sistemática filogenética e da taxonomia

para o estudo da biodiversidade, destacando o poder preditivo desses sistemas. Por fim, o documento analisa como as algas são abordadas em livros didáticos do ensino fundamental e médio, apontando a persistência de classificações obsoletas e a falta de informações atualizadas. Conclui-se que é essencial atualizar os materiais didáticos voltados para a classificação das plantas e de outros grupos como as algas, de modo a promover o ensino da botânica com base em pesquisas recentes e usando uma abordagem filogenética mais precisa para melhor compreender e conservar a biodiversidade.

PALAVRAS-CHAVE: vegetais, classificação, filogenia, reinos, ensino de biologia

CLASSIFICATION OF THE PLANTS: UPDATES FOR BIOLOGY TEACHERS

ABSTRACT: Plants, which are essential to life on Earth, have been neglected in education, a fact that is evidenced by many teachers still using outdated classification systems and teaching materials. The proposed review discusses “botanical imperception”, a phenomenon that describes people’s difficulty in recognizing the importance of plants in the environment, presenting a history of classifications of living beings, from Aristotle to modern systems based on molecular phylogeny. The main changes include the replacement of Whittaker’s five-kingdom system by the division into three domains and the introduction of supergroups of eukaryotes, reorganizing the classification of algae and plants such as archegoniates, gymnosperms and, mainly, angiosperms through the APG (Angiosperm Phylogeny Group) system, which revised the classification of angiosperms, eliminating the traditional division between monocotyledons and dicotyledons. The paper criticizes the outdated nature of teaching materials and the lack of examples of native species in teaching, suggesting that this contributes to students’ lack of interest. It also emphasizes the importance of phylogenetic systematics and taxonomy for the study of biodiversity, highlighting the predictive power of these systems. Finally, the paper analyzes how algae are addressed in elementary school and high school textbooks, pointing out the persistence of obsolete classifications and the lack of updated information. It concludes that it is essential to update teaching materials focused on the classification of plants and other groups like algae, to promote the teaching of botany based on recent research and a more precise phylogenetic approach to understand better and conserve biodiversity.

KEYWORDS: plants, classification, phylogeny, kingdoms, biology teaching

INTRODUÇÃO

As plantas são seres vivos eucariontes, clorofilados e pluricelulares que habitam a face da Terra há milhões de anos. Transformaram o nosso planeta, aumentando a entrada de energia na biosfera, alterando a atmosfera e mudando para sempre os ciclos biogeoquímicos globais. A vida na Terra, como conhecemos hoje, só é possível graças às plantas.

As plantas são extremamente importantes para todos os seres vivos, inclusive para a espécie humana. Além de seu papel essencial para o equilíbrio da biosfera, as plantas são utilizadas pela espécie humana de infinitas maneiras: como alimento, remédios, para confecção de vestuário, abrigo, na ornamentação, na alimentação de animais de criação e muito mais.

Apesar de tamanha importância para a manutenção da vida no planeta, e evidente uso direto pela espécie humana, o conhecimento sobre as plantas pela população humana em geral tem sido bastante negligenciado, e embora as espécies animais sejam prontamente observadas, o mesmo não ocorre com as espécies vegetais, que passam despercebidas (SCHERER; ESSI; PINHEIRO, 2015).

Salatino e Buckeridge (2016) alertam para um fenômeno intitulado “cegueira botânica”, mais tarde substituído pelo termo “impercepção botânica” (URSI; SALATINO, 2022), que é a incapacidade de perceber as plantas no ambiente, reconhecer sua importância e apreciar as suas características.

Este desinteresse pelo estudo das plantas, inclusive por parte dos professores de Ensino Fundamental, tem causas múltiplas (CORTE; SARAIVA; PERIN, 2018), mas uma das mais importantes parece ser o tipo de ensino, tradicional, de memorização e muitas vezes desvinculado da realidade. Do ponto de vista dos professores, a carência de materiais didáticos adequados e atualizados também contribui para a perpetuação de um ensino de botânica desinteressante. São muitos os aspectos da vida das plantas que são importantes para o Ensino de Botânica. Um deles, entretanto, tem sido tema de muitas discussões e queixas sobre a dificuldade de obtenção de material didático atualizado, que é o ensino da Classificação das Plantas.

Nas últimas décadas, a classificação das plantas passou por alterações bastante significativas. Quando pensamos em plantas, é comum lembrarmos de plantas terrestres, porém, esse conceito mudou e no supergrupo arqueplastídea estão incluídas as glaucófitas, algas vermelhas, algas verdes e plantas terrestres (MACKIEWICZ; GAGAT, 2014). Dentro de grupos mais conhecidos, como as Angiospermas, novas classificações baseadas em filogenias alteraram grupos já bastante consolidados nos materiais didáticos em geral, e as atualizações de livros, sites e outros recursos não estão ocorrendo na mesma velocidade em que surgem novas publicações com atualizações.

Para os professores de Ensino Médio, acompanhar as atualizações diretamente através da leitura de artigos científicos é um grande desafio, quando não uma total impossibilidade. A barreira da língua inglesa, a dificuldade de acesso aos periódicos, a falta de tempo, num cenário de uma carga horária frente a aluno bastante elevada, e até mesmo o desinteresse pelo tema acabam contribuindo para que sigam sendo ensinadas classificações desatualizadas. Livros didáticos e sites de fácil acesso disponíveis na internet são fontes de informação amplamente usadas por estudantes e professores de Ensino Fundamental e Médio, porém é importante ter certa cautela em usar tais recursos como única fonte de informação.

Uma queixa que muitos professores de Biologia fazem, ao comentar as dificuldades no ensino da classificação biológica, é a frequente mudança nas classificações (L. Essi, com. pessoal). De fato, as últimas décadas estão sendo de muita “efervescência” nos estudos sobre a classificação dos organismos em geral, não apenas as plantas. A mudança

para o paradigma filogenético resultou na revisão e, em muitos casos modificação, do conceito de muitos grupos. Porém a Botânica nunca foi assim tão estável, estática, como se imagina. A seguir, apresentamos um breve histórico com algumas mudanças nos sistemas de classificação dos seres vivos em geral, com ênfase nas alterações para grupos algais (incluindo cianobactérias), e em seguida mudanças na classificação das plantas.

BREVE HISTÓRICO DAS CLASSIFICAÇÕES DOS SERES VIVOS

Os seres vivos são muito diversos em tamanho, estrutura, modo de vida, história evolutiva, e por isso sua classificação geral sempre foi um verdadeiro desafio. Aristóteles foi um dos primeiros a tentar organizar os seres vivos. Ele propôs a divisão dos mesmos em dois reinos: animais e plantas, sendo que essa classificação se baseou predominantemente em observações de habitat e diferenças morfológicas. As algas estão no reino das plantas em sua classificação (GOLOLOBOVA; BELYAKOVA, 2023).

Carolus Linnaeus (1707-1778), fundador da taxonomia e nomenclatura binomial, contribuiu de forma significativa para a classificação dos organismos no mundo, em particular, na taxonomia vegetal. No sistema Lineano, as algas formavam uma ordem separada, *Algae*, dentro da classe *Cryptogamia* do reino vegetal. Combinando todas as algas em um único grupo.

Mais tarde, Ernst Haeckel (1834-1919) concluiu que muitos organismos, como bactérias, protozoários, algas e fungos, se diferem de animais e plantas. Com base neste fato, Haeckel combinou os organismos em um reino separado: *Protista*. Assim, criou e isolou mais um reino de organismos altamente heterogêneos, resultando em sua classificação de três ramos incluindo os *Protista*, as *Plantas* e os *Animais*. As algas foram classificadas parcialmente como plantas e parcialmente como protistas no sistema de Haeckel.

Robert H. Whittaker (1969) propôs um sistema de classificação que permaneceu aceito e foi disseminado por muito tempo. O sistema incluía cinco reinos: *Monera* (procariotos), *Protista* (organismos eucarióticos, principalmente unicelulares), *Plantae* (eucariotos multicelulares autotróficos), *Fungos* (eucariotos multicelulares osmotróficos) e *Animalia* (eucariotos multicelulares fagotróficos). As algas foram divididas entre os três primeiros reinos do sistema Whittaker.

Em meados do século 20, métodos de microscopia eletrônica foram desenvolvidos e usados para estudar estruturas celulares, marcando um passo importante no desenvolvimento da biologia. Características ultraestruturais passaram a ser usadas em taxonomia e reconstruções filogenéticas. Além disso, a medida que os métodos de genética molecular passam a ser usados para estudar as relações de organismos, mudanças dramáticas foram feitas para a classificação dos seres vivos (principalmente, eucariotos), incluindo as algas (GOLOLOBOVA; BELYAKOVA, 2023).

Em 1990, Woese, Kandler e Wheelis (1990), fizeram mudanças significativas na classificação dos seres vivos, principalmente em relação às bactérias, no qual as reestruturou e definiu que o reino Monera fosse substituído por Bactéria e Arqueobactéria (ambos procariotos), assim o nome Monera caiu em desuso. Além disso, sugere a disseminação do reino Protista em seus respectivos grupos dentro de eucariotos. Com isso, três principais ramos da árvore da vida foram criados: Bactéria (antigo Monera), Arqueobactéria e Eucariotos, sendo essa classificação usada até a data da redação deste capítulo.

Simpson e Roger (2002) foram os primeiros a propor que vários supergrupos fossem isolados em eucariotos. Os seis grupos isolados em seu trabalho são Opisthokonta, Plantae, Chromalveolata, Cercozoa, Amoebozoa e Excavata. Vários grupos de algas pertencem a quatro dos supergrupos.

Em 2007, Burki *et al.* (2007) mostraram que o supergrupo Rhizaria (antigo Cercozoa) está intimamente relacionado com Stramenopila e Alveolata, que são os dois clados principais do supergrupo Chromalveolata. Essa relação deu motivo para combinar os três grupos em um único grupo, SAR (Stramenopila + Alveolata + Rhizaria). Além disso, isolou os grupos Cryptophytas e Haptophytas que também estavam em Chromalveolata e substituiu o nome do reino das Plantas para Archaeplastida.

Um dos últimos trabalhos sobre a classificação de eucariotos (Burki; Roger e Brown, 2020) propõe que o supergrupo SAR devesse incluir o grupo Telonemia, assim o grupo passou de SAR para TSAR. Cryptophytas e Haptophytas continuam isoladas, praticamente monofiléticas. Archaeplastida, une os grupos Chloroplastida (algas verdes + plantas terrestres), Rhodophyta (algas vermelhas), e Glaucophyta (algas azuis). O supergrupo Amorphea agrupa Opisthokonta (animais, fungos e seus respectivos parentes unicelulares) com os protistas amebóides de Amoebozoa (por exemplo, *Amoeba* e seus parentes). Assim como o TSAR, o grupo CRuMs representa um novo supergrupo proposto nomeado como um acrônimo de seus membros constituintes: collodictyonids (sin. diphylleids) + Rigifilida + Mantamonas.

O grupo Discoba inclui Euglenozoa e Heterolobosea, mais os grupos flagelados heterotróficos Jakobida e Tsukubamonas. Metamonada, compreende inteiramente protistas anaeróbios, incluindo vários protozoários de vida livre, simbiontes intestinais (especialmente de insetos comedores de madeira) e muitos parasitas (por exemplo, *Giardia*, *Trichomonas*). Os Hemimastigotas são protozoários de vida livre com dois flagelos. Além dos grupos listados acima, existem vários táxons aparentemente pobres em espécies para os quais as análises filogenômicas falharam até agora em fornecer uma colocação filogenética convincente. Esses chamados 'táxons órfãos' incluem Ancoracysta, Picozoa, Malawimonada e Ancyromonadida (= Planomonadida), todos protozoários de vida livre.

Essa complexa modificação da filogenia dos seres, principalmente dos grupos algais se dá majoritariamente devido ao processo de endossimbiose que esse grupo sofreu de forma não monofilética, ou seja, de forma resumida, o cloroplasto dos diferentes grupos algais foi adquirido de forma não única (em vários momentos) na história evolutiva, assim, contam com dados moleculares distintos e histórias evolutivas distintas.

A tabela a seguir (Tab. 1) apresenta de forma resumida as classificações descritas acima, com destaque para os grupos com representantes algais, que passaram por muitas modificações recentes. Do mesmo modo, a Figura 1 mostra exemplares de organismos algais (incluindo cianobactérias).

Autor	Ano	Classificação da Vida
Aristóteles		Animais e Plantas*.
Carolus Linnaeus	1735	Animais e Plantas (Algas + Cryptogamia).
Ernst Haeckel	1866	Protista*, Animais, Plantas*.
Robert H. Whittaker	1969	Monera (procariotos)*, Protista*, Plantas*, Fungos e Animais.
Simpson e Roger	2002	Bactéria*, Archeobactéria (ambos procariotos), Opisthokonta, Plantas*, Chromalveolata*, Cercozoa*, Amoebozoa e Excavata*.
Burki et al.	2007	Bactéria*, Archeobactéria (ambos procariotos), Opisthokonta, Amoebozoa, Archaeplastida*, SAR*, Cryptophytas*, Haptophytas*.
Burki et al.	2020	Bactéria*, Archeobactéria (ambos procariotos), TSAR*, Haptista*, Cryptista*, Archaeplastida*, Amorphae, CRuMs, Discoba*, Metamonada, Hemimastigophora e outros grupos órfãos.

Tabela 1: Histórico da evolução dos sistemas de classificação dos seres vivos. *Grupos com representantes algais. Fonte: autores.

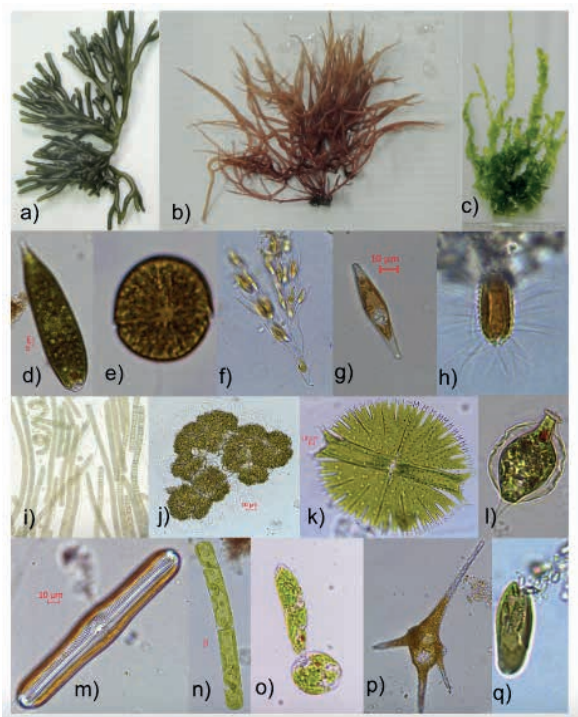


Figura 1: Imagens de diferentes grupos algais (incluindo cianobactérias). Algas verdes: a e c (Ulvaes); j (Trebouxiales); k (Desmidiáles) e n (Zygnematales). Alga vermelha: b (Gracilariales). Euglenozoa: d, l e o (Euglenales). Dinoflagelados: e (Gymnodiniales) e p (Peridinales). Algas douradas: f (Chromulinales) e h (Synurales). Diatomáceas: g (Cymbellales) e m (Naviculales). Cianobactéria: i (Spirulinales). Criptista: q (Cryptomonadales).

BREVE HISTÓRICO SOBRE OS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE PLANTAS

Ao longo da história, foram sendo produzidos três tipos principais de sistemas de classificação das plantas: artificiais, naturais e filogenéticos (BARROSO, 1978). O *sistema artificial* clássico foi o sistema sexual de Linneu, nos anos de 1700, que se baseava em um número reduzido de caracteres da planta, como o número e disposição de estames, colocando plantas diferentes em um mesmo grupo. Acreditava que gêneros e espécies eram entidades reais e que representavam hierarquias diferentes na organização da natureza; enfatizou que caracteres de flores e frutos deveriam ser utilizados para diferenciar gêneros e utilizou caracteres vegetativos para distinguir espécies. Os gêneros atuais são construídos nas bases assentadas por Linneu (JUDD; CAMPBELL; KELLOG *et al.*, 2009).

Os *sistemas naturais*, anos 1600 a 1700, se baseavam na afinidade natural entre as plantas, tendo relação com a organização do vegetal, ficando lado a lado plantas semelhantes, como o Sistema de Jussieu, que ordenava as plantas de acordo com o número de cotilédones, estrutura das sementes e vários caracteres vegetativos e reprodutivos; assim dividiu-as em monocotiledôneas e dicotiledôneas (BARROSO, 1978). Já os *sistemas filogenéticos* se baseiam na variabilidade das espécies e suas relações evolutivas, levando em consideração plantas atuais e plantas ancestrais. Inicialmente, eram utilizados caracteres morfológicos para a construção destes sistemas, e atualmente se faz uso extensivo de informações genéticas para indicar proximidade entre os grupos de vegetais; sendo mais aceita nos dias de hoje. Num contexto mais amplo, a teoria da evolução proposta por Charles Darwin em 1859 permitiu uma compreensão mais clara da origem da diversidade biológica, mas só passou a interferir na construção de classificações biológicas a partir da década de 1950 (AMORIM, 2002).

Os primeiros sistemas baseados em filogenia visavam representar os grupos de forma condizente com sua história evolutiva, entretanto não necessariamente seguiam uma metodologia padronizada para a inferência da história evolutiva. Sistemas como de August Wilhelm Eichler (1839-1887), Adolph Engler (1844-1930), Charles Bessey (1845-1915), Armen Takhtajan (1910-1909), Arthur Cronquist (1909-1992) e Rolf Dahlgren (1932 - 1987) adotaram diferentes critérios para inferir as relações entre os grupos. Foi só mais tarde que se passou a utilizar critérios mais padronizados para a inferência filogenética, a partir do trabalho publicado pelo entomologista Willi Hennig (HENNIG, 1966). Assim, os sistemas filogenéticos mais atuais se baseiam em critérios bastante distintos dos primeiros sistemas entendidos como filogenéticos.

Para o maior grupo de plantas viventes, as Angiospermas, houve diversas propostas diferentes de classificação. Um dos sistemas mais populares, o Sistema de Cronquist, separava as Angiospermas em duas classes Magnoliopsida (dicotiledôneas, em outros sistemas) e Liliopsida (monocotiledôneas em outros sistemas), com o objetivo de retratar as

afinidades evolutivas (FORZZA *et al.*, 2010). Mais recentemente surgiu, para angiospermas, o sistema proposto por um grupo autointitulado APG (*Angiosperm Phylogeny Group* - Grupo de Filogenia das Angiospermas), uma associação de cientistas propondo uma classificação integrada e dinâmica que refletiria as descobertas da filogenia molecular. Até o momento, foram quatro as publicações do grupo: APG (1998), APG II (2003), APG III (2009) e APG IV (2016). Embora inicialmente as propostas de APG tenham sido recebidas com desconfiança, atualmente seu sistema é o mais utilizado.

De acordo com esse sistema, as Angiospermas são divididas em três clados maiores e mais diversificados (Magnoliídeas, Monocotiledôneas e Eudicotiledôneas) e três clados menores, inicialmente tratados como “famílias basais”, mas que são linhagens que se separaram sucessivamente e menos diversificadas atualmente (Figura 2). No caso do clado das Chloranthales, seu posicionamento ainda está em discussão (APG IV, 2016). Assim, desaparece a divisão em “monocotiledôneas” e “dicotiledôneas”, ainda tão presente em livros didáticos e sites de educação.

Nesta proposta, o grupo das monocotiledôneas é monofilético, e recebeu, posteriormente, um nome no nível de superordem: Liliales (CHASE; REVEAL, 2009). As dicotiledôneas, entretanto, são um grupo parafilético com relação às monocotiledôneas, e por isso o grupo foi segregado em vários outros grupos menores.

CLASSIFICAÇÃO ATUAL DAS ANGIOSPERMAS: EXISTE ALGO CHAMADO “DICOTILEDÔNEA”?

As Angiospermas formam o maior grupo de vegetais, tendo como principal característica a presença de flores e frutos envolvendo as sementes. Na antiga classificação das Angiospermas, o Sistema de Jussieu (anos de 1600), ordenou as plantas de acordo com o número de cotilédones, dividindo-as em monocotiledôneas e dicotiledôneas. Mais tarde, 1763, uma nova versão foi publicada, pelo sobrinho de Jussieu, Antoine Laurent de Jussieu, propondo a classificação das plantas em acotiledôneas, monocotiledôneas e dicotiledôneas – este grupo subdividido em apetalae, petalae, monopetalae, polypetalae e diclinae – usando como base caracteres da corola (BARROSO, 1978).

No Sistema de Engler, anos de 1800, baseado na classificação de Eichler, monocotiledôneas são tratadas primeiramente mais primitivas do que dicotiledôneas; após, as monocotiledôneas aparecem depois das dicotiledôneas. Ao longo do tempo, o número de cotilédones foi utilizado em várias classificações, sendo uma característica importante para diferenciar os grupos.

Nos sistemas filogenéticos atuais, não se aceita o nome “Dicotiledôneas” para nenhum dos grupamentos, pois a filogenia demonstrou que suas plantas formam um grupo parafilético, e a tendência atual é se aceitar apenas táxons que representem grupos monofiléticos; como é o caso confirmado para as monocotiledôneas. De acordo com a

Sistemática filogenética um grupo monofilético contém um ancestral e todos os seus descendentes; e grupo parafilético inclui um ancestral comum e alguns, mas não todos, descendentes desse ancestral (JUDD; CAMPBELL; KELLOG *et al.*, 2009).

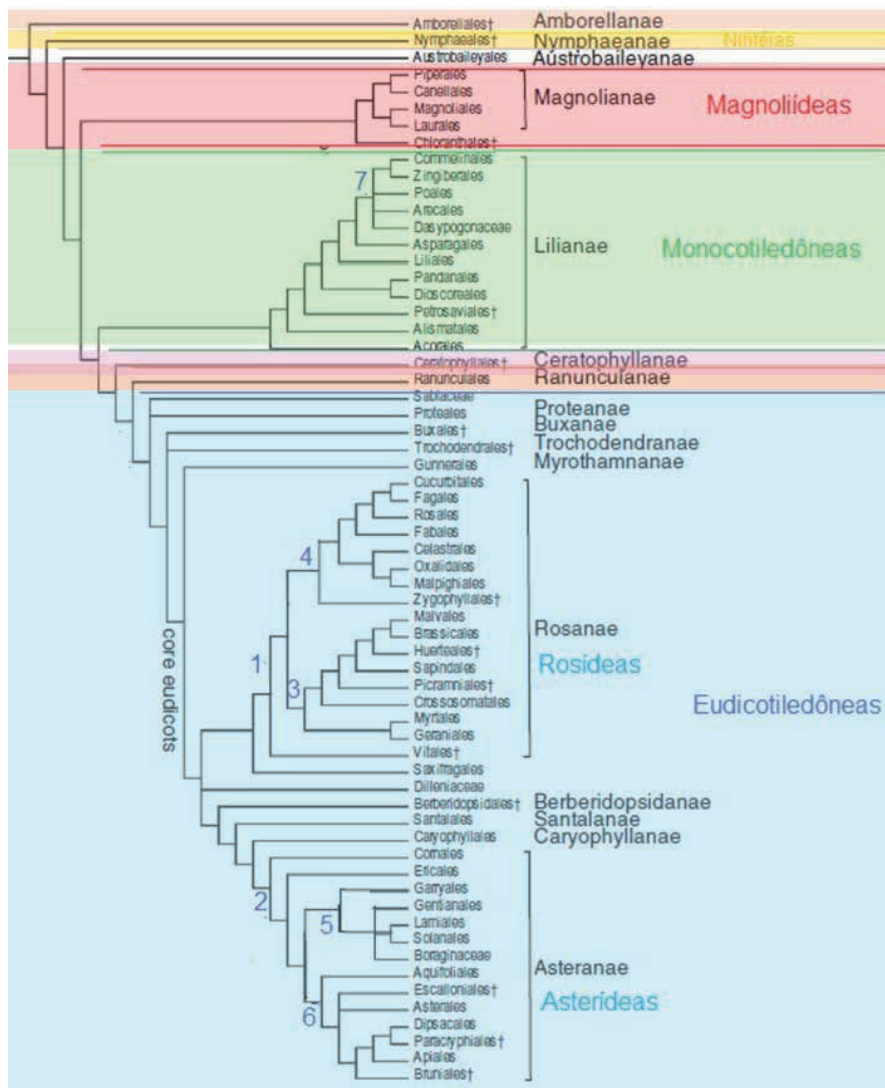


Figura 2: Filogenia das Angiospermas, conforme APG III, adaptada de Chase e Reveal (2009). Os principais grupos foram sombreados com cores diferentes, para destaque. Notar que não há um grupo monofilético correspondente às antigas dicotiledôneas, mas vários clados distintos, alguns menos diversificados (por exemplo, as ninféias, em amarelo) outros mais diversificados, como as magnoliídeas (em vermelho) e as eudicotiledôneas, em azul. No grupo das eudicotiledôneas são destacados alguns clados, como o clado das rosídeas (superordem Rosanae), o qual inclui as malvídeas (3) e fabídeas (4); o clado das asterídeas (2), o qual inclui as lamídeas (5) e campanulídeas (6). O grupo das monocotiledôneas (superordem Liliaanae) é monofilético. Inclui gramineas, palmeiras, bromélias e outros. Na imagem, é destacado o clado das comelinídeas (7).

Desde 1998, na primeira versão do Sistema APG, dois clados aparecem divergindo cedo na filogenia das angiospermas: as Paleoervas, que são basicamente formadas por famílias herbáceas, e as Magnoliídeas (Magnolianaes, para Chase e Reveal, 2009), compostas por famílias predominantemente arbóreas relacionadas com as Magnoliaceae. O maior clado das antigas dicotiledôneas foi denominado de eudicotiledôneas (MARTINS-DA-SILVA *et al.*, 2014).

Mais tarde, com o auxílio dos estudos em filogenética, foi notada diferença na estrutura externa de grãos de pólen, sendo monossulcados em monocotiledôneas e trissulcados em eudicotiledôneas. O estudo em grãos de pólen se deve a Palinologia, área científica que tem olhar para microestruturas e microrganismos fósseis ou contemporâneos, de paredes orgânicas quimicamente muito resistentes (SIMÕES; VAZ, 2017).

Mesmo com a publicação do termo Eudicotiledôneas desde o APG I (1998), agora, ainda há na educação básica, materiais didáticos que abordam o termo “Dicotiledôneas”. O ensino desatualizado contribui para o atraso na disseminação do conhecimento, em especial na área de Botânica, que é negligenciada no ensino fundamental e médio.

A CLASSIFICAÇÃO ATUAL DAS ARQUEGONIADAS E GIMNOSPERMAS VIVENTES

Assim como na classificação das Angiospermas, têm ocorrido muitos avanços e mudanças na classificação de outros grupos de plantas terrestres (*land plants*) ou embriófitas. Musgos, hepáticas e antóceros figuram entre as plantas avasculares de Pyrame de Candolle, enquanto samambaias, licófitas, cavalinhas e as gimnospermas são alocadas entre as plantas vasculares. No sistema de classificação de Engler, as embriófitas (Embryophytae) são separadas em Embryophytae asiphonogamae Archegoniatae (as chamadas arquegoniadas, subdivididas em Bryophyte e Pteridophytae) e Embryophytae siphonogamae Spermatophytae (as espermatófitas, subdivididas em Gimnospermae e Angiospermae). De certo modo, a nomenclatura difundida por Engler se popularizou, e os nomes propostos, adaptados à língua portuguesa, têm funcionado quase como nomes populares para tais plantas. É bastante fácil imaginar o que seria uma “pteridófita”, uma “briófita”, uma “gimnosperma” e uma “angiosperma”. Destes quatro grupos, entretanto, apenas um resistiu ao desafio do avanço do conhecimento, e se mantém, por ser considerado monofilético: o grupo das angiospermas. Os demais, passaram e ainda vem passando por muitas modificações.

No momento presente, pteridófitas, briófitas e gimnospermas são todos considerados grupos merofiléticos, tratados como grados, mas não clados. Tais nomes possuem, portanto, apenas um valor histórico, não representam táxons aceitos. As “briófitas” são tratadas como três linhagens bem distintas: as hepáticas (Marchantiophyta), os antóceros (Anthocerotophyta) e os musgos (Bryophyta s.s.). Já as “pteridófitas” vêm sendo tratadas

como duas linhagens principais: as licófitas (Lycopodiophyta) e as monilófitas (Monilophyta). Estas últimas, são divididas em quatro grupos: Psilotopsida, Marattiopsida (samambaias euesporangiadas), Polypodiopsida (samambaias leptoesporangiadas) e Equisetopsida (cavalinhas).

Com relação às gimnospermas, são quatro as linhagens atualmente mais aceitas: Coniferophyta (coníferas), Cycadophyta (cicadófitas), Ginkgophyta (Ginkgo) e Gnetophyta (gnetófitas). Aqui, também, o termo “gimnosperma” tem apenas um valor histórico, e não corresponde mais a nenhum grupo aceito nos sistemas de classificação.

No caso do ensino sobre o conteúdo de Arquegoniadas e Gimnospermas, o principal problema não parece ser a desatualização dos sistemas de classificação utilizados, mas a carência de uso de exemplos de espécies nativas do Brasil, o que acaba deixando o ensino descontextualizado. Dos quatro filós de gimnospermas, apenas um não possui representantes nativos (Ginkgophyta). Um dos poucos exemplos de gimnosperma nativa que é apresentado é o da Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze). A maior parte dos exemplos em livros didáticos e sites é de espécies exóticas, em especial espécies do hemisfério norte. Veja alguns exemplos de espécies nativas na Figura 3.



Figura 3: Fotos de representantes nativos de Arquegoniadas, Gimnospermas e Angiospermas. a. *Marchantia* sp. (uma hepática, Marchantiophyta). População com gametófitos. b. *Anthoceros* sp. (Anthocerotophyta). Gametófitos e esporófitos. c. *Campylous* sp. (um musgo, Bryophyta s.s.). Gametófitos. d. *Dicksonia sellowiana* Hook. (xaxim, Monilophyta, Polypodiopsida). Esporófito. e. *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (pinheiro-do-Paraná, Coniferophyta). Esporófito. f. *Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado, Angiospermae, Rosanae). Esporófito em flor. g. *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn. (capim-dos-pampas, Lilianae, Angiospermae). Esporófito em flor. Dimensões das espécies apresentadas: a – c: plantas avasculares com até 2 cm. d. samambaia com cerca de 2 m. e. indivíduos com cerca de 8 m (podem atingir 20-40 m de altura). f. detalhe de ramos de um indivíduo com cerca de 4 m. g. touceira de indivíduos com cerca de 2 m de altura. Fotos: L. Essi

A IMPORTÂNCIA DA FILOGENIA E DOS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

Biodiversidade, ou diversidade biológica, é a variedade de vida existente na natureza. Dito isso e, sabendo do potencial que o nosso planeta possui em abrigar vida, sejam elas microscópicas ou macroscópicas das mais diversas formas, organizações anatômicas, fisiológicas e relações ecológicas, é possível pressupor a sua importância para com a sociedade humana. Ela garante o equilíbrio e funcionamento de todo um sistema complexo de inter-relações que acontecem a todo momento, inclusive enquanto você lê esse texto e, esse entendimento se faz extremamente necessário frente aos danos que a biodiversidade do planeta vem sofrendo ao longo dos anos.

Muitas espécies já foram extintas no decorrer da história evolutiva, seja pelo processo de seleção natural, catástrofes e/ou ação antrópica, sendo outras, ainda desconhecidas e permanecem no anonimato da ciência. É sabido que aquilo que não é conhecido é ignorado e, conseqüentemente, não protegido e esquecido. Com isso, muitas espécies importantes ainda são desconhecidas pela maioria da população, e poucos trabalhos voltados ao conhecimento da biodiversidade são realizados.

A riqueza de conhecimento que as ciências biológicas possuem é imensurável, sendo esses, revistos, retestados, reformulados e renovados diariamente nas produções científicas. Dentre esses conhecimentos, a Sistemática Filogenética e a Taxonomia são fundamentais para estudos com a biodiversidade. A Taxonomia inclui todo o processo de descrição, nomenclatura, identificação e a classificação dos seres vivos, agrupando-os ou não em grupos pertencentes a uma mesma escala, nível ou ranking com base em características em comum (somatório de características morfológicas e moleculares) (SIMPSON; ROGER, 2010).

A Sistemática Filogenética tem como papel a organização da biodiversidade como um todo, relacionando e correlacionando informações sobre todos os organismos vivos, sendo diretamente ligada a taxonomia correta dos seres vivos (SIMPSON; ROGER, 2010). A filogenia, ou estudo da história evolutiva, pode ser reconstruída ou inferida pela Sistemática, através de estudos de todos os dados disponíveis, desde os organismos fósseis até as sequências de material genético, morfológico e ecológico (JUDD; CAMPBELL; KELLOG, 2009). Ou seja, para a filogenia é preciso considerar o princípio da evolução (SEBASTIANI; MARQUES; SOUZA *et al.*, 2022), sendo uma das características que conferem autonomia à Biologia (MAYR, 2005).

É graças aos estudos em sistemática filogenética que é possível hipotetizar e confirmar relações de parentesco entre organismos e, assim, predizer possíveis características que o mesmo tem/teria devido ao conhecimento geral do grupo, afinal, por estar associado a um deve, por obrigatoriedade, compartilhar certas características. Além disso, pela filogenia, é possível saber a história evolutiva das espécies, evidenciando uma verdadeira árvore da vida da origem da biodiversidade no nosso planeta, corroborando para

estudos evolucionistas e antropológicos. Assim, se torna impossível falar de biodiversidade e preservação ambiental sem abordar a ligação direta que as mesmas possuem com os estudos em Taxonomia e Sistemática Filogenética.

Podemos nos perguntar: mas por que simplesmente não seguimos usando sistemas antigos? Por que os sistemas filogenéticos são melhores?

A escolha de um sistema de classificação é uma decisão do usuário. Entretanto, é sabido que os sistemas de classificação mais novos usam ferramentas de investigação mais completas e modernas, e, portanto, tendem a ser mais aprimorados com relação aos sistemas antecessores. Mas uma grande vantagem deste tipo de sistema em comparação com os outros é seu enorme poder de predição. Ou seja, o sistema não serve apenas para “acomodar” as espécies que vão sendo descritas, mas permite predizer novas espécies, padrões, usos potenciais, pois além de organizar informações, é um sistema que fornece informações novas ao usuário.

CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS E AS ALGAS NO MEIO DISSO

Com o desenvolvimento da ciência moderna e do avanço dos estudos filogenéticos, a biodiversidade passou a ser muito mais estudada e melhor compreendida (MAMMOLA *et al.*, 2023). Entretanto, o foco dos estudos e atenção dedicada a cada espécie é desigual, assim, conhecemos melhor um grupo seletivo de espécies do que outras (JARIC *et al.*, 2022; WILSON *et al.*, 2007). Por exemplo, estudos de conservação direcionados para os vertebrados são maiores do que em outros animais (CARDOSO *et al.*, 2011a; CARDOSO *et al.*, 2011b; LEATHER, 2013), plantas (ADAMO *et al.*, 2022; BALDING; WILLIAMS, 2016) ou fungos (OYANEDEL *et al.*, 2022; SILLS *et al.*, 2021). tendo como possível justificativa para isso, caracteres estéticos (ADAMO *et al.*, 2021; BORGI *et al.*, 2014; WARD *et al.*, 1998), popularidade (CORREIA *et al.*, 2016; MAMMOLA *et al.*, 2020) e proximidade filogenética com humanos (MIRALLES; RAYMOND; LECOINTRE, 2019).

Em relação as algas, também é visível essa discrepância no interesse de estudo, sendo com muita frequência, ignoradas, seja pela sociedade civil - desinformação no ensino básico (CASTRO *et al.*, 2017; URSI *et al.*, 2017) - ou até mesmo dentro da academia (REVIERS, 2006). A desinformação sobre o tema algas se origina desde a taxonomia dos grupos, história evolutiva, relações ecológicas, biotecnologia e seu potencial alimentício (LIMA; GHILARDI-LOPES, 2022). Assim, as instituições de ensino apresentam materiais desatualizados em relação ao conhecimento científico atual, gerando um ciclo de desinformação e descaso com um grupo tão diverso e importante como são as algas.

Esse descaso pode ser justificado pela própria forma que os professores foram expostos ao conteúdo e seus materiais durante a sua formação inicial, somado a interesses pessoais de cada um e a constante busca por informações atualizadas, sendo, muitas vezes, complexa de ser entendida e repassada (LIMA; GHILARDI-LOPES, 2022). Muitos

trabalhos já discutem essa deficiência no ensino de biodiversidade, seja no enfoque evolutivo (CALOR; SANTOS, 2007), no ensino de Botânica (BIZOTTO; GHILARDI-LOPES; SANTOS, 2016) e em especial no caso das algas.

Ainda hoje é possível encontrar em livros didáticos a classificação dos seres vivos baseada em cinco reinos (WHITTAKER, 1969), no qual as algas são apresentadas como pertencentes a dois reinos: Protista e o das Plantas, todavia essa classificação é obsoleta desde 1990, com a proposta dos três domínios da vida (WOESE, KANDLERT; WHEELIS, 1990). Atualmente, as algas possuem linhagens tanto no domínio das bactérias quanto dos eucariotos (BURKI *et al.*, 2020).

Desta forma, as algas não formariam um grupo natural na Biologia, e sim um grupo polifilético, e apenas as algas vermelhas, as algas glaucófitas e as algas verdes estariam próximas filogeneticamente ao grupo das plantas.

Podemos considerar que o distanciamento entre os conceitos das algas já descobertos e os que ainda são ensinados em muitas salas de aula pode ser um fator que dificulta o aprendizado dos estudantes. Além da precariedade de informações repassadas, muitos que decidirem optar por seguir carreira acadêmica se depararam em algum momento com o assunto “alga” em concursos públicos e seleções, como resultado, não possuem a base necessária sobre esse grupo e muitos menos sobre o arcabouço de pesquisas envolvendo as algas.

Dito isso, é fundamental o ensino correto das classificações e dos conceitos das algas e demais organismos. É papel das organizações institucionais prover ensino de qualidade através do desenvolvimento de materiais didáticos atualizados. Além do fomento em pesquisa para o desenvolvimento desses materiais de ensino, assim como a sua divulgação para a sociedade escolar e civil.

COMO É ABORDADO O CONTEÚDO DAS ALGAS NO ENSINO MÉDIO

Como visto anteriormente, muitos sistemas para classificar os seres vivos já foram usados e adaptados ao longo dos anos, sendo que o sistema mais difundido no ensino da Biologia e Evolução é o dos cinco reinos de Whittaker (1969), que classifica e organiza toda a vida em Plantas, Fungos, Animais, Protistas e Monera. Nessa proposta, as algas são apresentadas como pertencentes aos reinos Protista, das Plantas e Monera.

Porém, vale lembrar que essa classificação é de 1969, desse modo, já existem vários sistemas de classificação mais atualizados e melhor informativos do que esse. Então por qual motivo ainda se ensina algo obsoleto? Esse sistema de ensino está favorecendo quem? É necessário o ensino com informações atualizadas, ainda mais para a área da sistemática filogenética.

De forma a exemplificar essa desinformação, foram analisados livros didáticos do ensino fundamental e médio guiados pela curiosidade de “como é ensinado a filogenia e como as algas estão classificadas nesses livros?”. Com isso, os livros analisados foram:

- a) Moderna Plus: Ciências da natureza e suas tecnologias (O Conhecimento Científico; Universo e Evolução; Água e Vida);

- b) Biologia: os seres vivos (volume 2: ensino médio) de Vivian L. Mendonça;

- c) Ciências Vida e Universo: 6, 7 e 9º ano de Leandro Godoy.

- a) Moderna Plus: Ciências da natureza e suas tecnologias (O Conhecimento Científico; Universo e Evolução; Água e Vida).

Segundo a coleção de livros da Moderna Plus, a filogenia tem como objetivo o estudo das relações de parentesco entre as espécies, visto que, segundo a teoria evolucionista, todos os organismos vivos possuem algum grau de familiaridade um com o outro.

Para isso, são escolhidos caracteres de diagnóstico de semelhança entre os grupos, que podem ser tanto morfológicos quanto moleculares, sendo que esse último vem ganhando destaque nas últimas décadas. Assim, através desses caracteres, é possível confirmar o grau de semelhança entre os grupos de organismos e assim traçar a história evolutiva da vida e sua biodiversidade.

Como resultado da filogenia (estudo evolutivo de um organismo ou grupo de organismos) podem ser criados cladogramas, que nada mais são do que um tipo de árvore filogenética no qual obrigatoriamente um clado tem que dar origem a dois cladões descendentes, ou seja, cada organismo (ou grupo de organismos) selecionará duas espécies novas como descendentes.

A coleção Moderna Plus estudada adota a divisão dos seres vivos em seis grandes grupos: Bactérias, Archea, Protista, Fungos, Plantas e Animais. Segundo eles, as algas estão dentro do grupo Protista, sendo organismos eucarióticos e fotossintetizantes, unicelulares ou multicelulares, compreendendo diversas linhagens.

Ademais, eles defendem a ideia de que a presença de pigmentos para além da clorofila é um dos critérios para separar os diferentes grupos de algas: algas verdes (clorófitas), algas marrons (feófitas), algas vermelhas (rodofitas), algas douradas (crisófitas), além de outros grupos como diatomáceas, euglenóides e dinoflagelados.

A partir da leitura da seção “A diversidade das algas”, que conta com duas páginas de informação, é possível perceber o nível de desinformação e desvalorização a respeito desse grupo tão complexo e diverso. A seção conta com informações equivocadas, pelo fato de já adotar um sistema de classificação não atualizado e, assim, colocando todas as algas em um grupo no qual nem todas fazem parte (unindo grupos procariotos com eucariotos, por exemplo). Somado a isso, afirmações como “...o corpo das algas multicelulares é chamado de talo” sugere uma interpretação errônea a respeito de organismos unicelulares x multicelulares. Os autores também não se preocuparam em explicar os diferentes grupos das algas e suas peculiaridades, citando o nome de grandes grupos, apenas, como diatomáceas, algas verdes, euglenóides, dinoflagelados, algas marrons, algas douradas e algas vermelhas.

Além disso, comenta um pouco sobre a reprodução das algas de forma assexuada e sexuada, focando nas do gênero *Ulva* e sua alternância de geração. Porém cada grupo possui sua particularidade e a reprodução pode variar pouco ou totalmente, dando uma ideia subvalorizada que a reprodução da *Ulva* é a mais importante ao ponto de ser generalizada.

Por fim, a coleção foi lançada em 2020 e, embora pudesse ser compreensível não abordar a classificação de vida lançada no mesmo ano, não justifica ser escolhida para ser trabalhada, visto que houve outras classificações mais atualizadas que poderiam ter sido usadas, evidenciando mais uma vez o descaso na atualização das informações no ensino escolar.

b) Biologia : os seres vivos (vol. 2) de Vivian L. Mendonça.

Segundo o livro de Vivian, a sistemática filogenética é o estudo das relações evolutivas entre as espécies, a fim de estimar o parentesco evolutivo da biodiversidade da Terra. A unidade de classificação biológica é a espécie, sendo um conjunto de organismos semelhantes e que compartilham diversas características exclusivas deles como resultado do processo evolutivo. Essas características podem ser, entre outras, anatômicas, fisiológicas, comportamentais e moleculares. Espécies próximas evolutivamente são agrupadas em gêneros, os gêneros em famílias, as famílias em ordens, as ordens em classes, as classes em filos (ou divisões, em Botânica) e os filos em reinos. Além disso, aborda o crescente uso de uma outra categoria superior: domínio, sendo uma categoria de classificação mais ampla, baseada em critérios mais abrangentes.

Nesse contexto, desenvolveu-se a sistemática filogenética, ou cladística, proposta na década de 1960 pelo biólogo alemão Willi Hennig e atualmente utilizada pelos biólogos. Podemos citar uma diferença entre a tradicional classificação com base no sistema de Lineu, e a cladística usando os “peixes” como exemplo. Tradicionalmente, os peixes eram classificados como uma classe, dentro do subfilo dos vertebrados. Segundo a análise filogenética, os animais conhecidos como peixes não descendem de um único grupo ancestral comum e exclusivo e, por isso, não compõem uma categoria de classificação. Existem diversos grupos, ou táxons, de animais popularmente conhecidos como peixes, cada um deles definido por seu ancestral comum e exclusivo.

A sistemática filogenética trouxe, assim, reformulações no conceito de espécie e nas categorias superiores de classificação. Como essa é uma área relativamente recente da Biologia, e como surgem novos dados para análise a cada dia, as classificações dos seres vivos têm sofrido grandes mudanças, em todos os níveis hierárquicos.

Ainda segundo a autora, a cladística utiliza de cladogramas para representar as informações de parentesco. Sendo que nessa análise comparativa são consideradas todas as variações referentes a todas as características. Assim, procura-se definir qual seria a condição primitiva (presente no ancestral) e a novidade evolutiva (condição derivada presente no descendente). Ademais, a autora aborda o conceito de grupos irmãos, grupo monofilético e parcimônia.

A autora utiliza a classificação do Robert, porém com adaptações feitas por (MARGULIS; SCHWARTZ, 1998) para classificar os seres vivos, sendo que essa se baseia na hipótese dos cinco reinos: Monera, Protista, Fungos, Plantas e Animais, e os vírus não estão incluídos. Desse modo, o reino Monera é composto por bactérias e cianobactérias. Os eucariotos são classificados em protista (vários grupos algais aqui), fungos, plantas e animais. Porém, a autora não deixa de comentar a respeito das mudanças que a sistemática vem sofrendo, abordando a classificação dos três domínios e a classificação variada das algas, tendo representantes tanto no reino das plantas, bactérias e outros grupos, dependendo da classificação escolhida.

Sobre o reino Monera, as cianobactérias (também chamadas de algas por alguns autores) são apresentadas e conceituadas como bactérias autotróficas, que apresentam um tipo específico de clorofila e realizam fotossíntese de modo semelhante à fotossíntese de plantas e demais algas.

Além disso, há evidências de que os cloroplastos, organelas responsáveis pela fotossíntese nas células de plantas e algas, tenham se originado de cianobactérias primitivas que passaram a viver em simbiose com células eucarióticas. Apesar de unicelulares, a maioria das espécies das cianobactérias ocorre na forma de colônias. É possível encontrar cianobactérias em diversos ambientes: na água doce, no mar, no solo, na superfície úmida de rochas ou troncos.

Sobre o reino Protista, a autora o conceitua como sendo o grupo dos organismos eucariontes uni ou multicelulares sem tecidos, enquadrando assim, protozoários e algas, sendo as algas seres autótrofos e protozoários não. As algas possuem pigmentos diversos, responsáveis pelas diferentes cores que as algas podem ter, mas entre esses pigmentos, está sempre presente a clorofila *a*, necessária para a realização da fotossíntese.

As algas unicelulares são encontradas no ambiente terrestre úmido e no aquático, ocorrendo em maior quantidade neste último. No ambiente aquático, pertencem geralmente ao fitoplâncton e, como produtores que são, situam-se na base de numerosas cadeias alimentares. Calcula-se que a maior parte do gás oxigênio liberado por fotossíntese, em todo o planeta Terra, seja proveniente das algas unicelulares presentes no fitoplâncton. As algas multicelulares vivem em ambiente aquático, principalmente fixas a um substrato, como areia e rochas.

A autora também conceitua os grandes grupos das algas, Euglenófitas, Dinoflagelados, Diatomáceas, Feofíceas, Rodofíceas, Clorofíceas mostrando características morfológicas gerais de cada um e compara os pigmentos fotossintetizantes e substância de reserva entre cada grupo.

Assim, após a leitura de quatro páginas que apresentam informações a respeito das algas e cianobactérias, é possível notar uma tentativa da autora de tentar minimizar a distância da sua classificação com as mais recentes, inclusive comentando sobre as diferenças que as classificações atuais trazem a respeito do seu assunto.

A autora consegue trazer termos técnicos mais corretos a respeito das organizações celulares das cianobactérias, como colônias e filamentos e procura exemplificar melhor os grandes grupos das algas e suas relações com impactos ambientais e cadeia trófica.

Por fim, se tratando de um livro lançado em 2016, quatro anos antes da coleção do Moderna Plus, embora também traga uma classificação antiga, procurou evidenciar outros sistemas de classificação e abordou o assunto de uma forma mais detalhada. Todavia, muitas informações a respeito dos grupos não foram tratadas, inclusive a parte de reprodução das algas e demais características morfológicas e socioambientais que já eram conhecidas na época.

c) Ciências Vida e Universo: 6, 7 e 9º ano de Leandro Godoy.

De forma semelhante ao livro da Vivian, essa coleção aborda o mesmo sistema de classificação dos cinco reinos de Robert adaptado por Lynn Margulis e Karlene Schwartz (MARGULIS; SCHWARTZ, 1998) para classificar os seres vivos, sendo que essa se baseia na hipótese dos cinco reinos: Monera, Protista, Fungos, Plantas e Animais.

A coleção aborda o assunto ‘Algas’ em meia página, conceituando apenas que são organismos uni ou pluricelulares, fotossintetizantes e importantes para a cadeia alimentar e produção de oxigênio, não mencionando os grandes grupos ou qualquer outra informação a respeito, ficando evidente o total descaso sobre o assunto abordado.

Além disso, não foram encontrados resultados para a busca das palavras “filogenia”, “cladograma”, “sistemática” e “taxonomia”, concluindo, assim, que ou essa informação é ocultada pelo autor, ou dá a entender que o ensino fundamental não precisa saber dos conceitos e do “peso” desses termos.

Vale destacar também que essa coleção foi lançada em 2018, então poderia contar com um conteúdo mais completo e adaptado para o ensino fundamental, porém não é isso que encontramos.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, é possível perceber que ainda há um longo caminho para os novos conhecimentos sobre filogenia e classificação de plantas chegarem da forma adequada nas escolas ou livros didáticos, sobretudo a respeito dos grupos de algas. Além disso, é preciso que os resultados de pesquisas atuais sejam utilizados na produção dos materiais didáticos que serão implementados nos próximos anos na educação básica para que os estudantes tenham acesso a este conhecimento. Também, é necessário que os educadores do nível fundamental e médio busquem materiais para além dos livros didáticos/apostilas, e assim contribuam com a chegada ágil de informações novas para o processo de ensino-aprendizagem nas escolas.

Espera-se que esse trabalho possa contribuir com conhecimentos que auxiliem os professores e na reflexão sobre como abordar este aspecto do estudo das plantas, que é apenas uma das muitas abordagens sobre esses seres fabulosos. Por fim, fica o apelo dos autores para um olhar mais atento aos grupos de seres vivos negligenciados, em especial de algas e pequenas plantas em nosso dia a dia, que deixamos passar despercebidos.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An ordinal classification for the families of flowering plants. **Annals of the Missouri botanical Garden**, p. 531-553, 1998.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2003.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP *et al.* An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016.

ADAMO, M.; CHIALVA, M.; CALEVO, J. *et al.* Plant scientists' research attention is skewed towards colourful, conspicuous and broadly distributed flowers. **Nature Plants**, v. 7, n. 5, p. 574–578, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00912-2>

ADAMO, M.; SOUSA, R.; WIPF, S. *et al.* Dimension and impact of biases in funding for species and habitat conservation. **Biological Conservation**, v. 272, n. 109636. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109636>

AMABIS, J. M. *et al.* **Ciências da natureza e suas tecnologias: Água e vida**. São Paulo: Editora Moderna. p. 15-17. 2020.

AMABIS, J. M. *et al.* **Ciências da natureza e suas tecnologias: O Conhecimento científico**. São Paulo: Editora Moderna. p. 64-69. 2020.

AMABIS, J. M. *et al.* **Ciências da natureza e suas tecnologias: Universo e Evolução**. São Paulo: Editora Moderna. p. 108-110. 2020.

AMORIM, D. S. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. -- Ribeirão Preto: Editora Holos. 156p, 2002.

AURÉLIEN, M.; RAYMOND, M.; LECOINTRE, G. Empathy and compassion toward other species decrease with evolutionary divergence time. **Scientific Reports**, v. 9, n. 19555. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56006-9>

BALDING, M.; WILLIAMS, K. J. Plant blindness and the implications for plant conservation. **Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology**, v. 30, n. 6, p. 1192–1199. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12738>

- BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, v. 4, 1978.
- BIZOTTO, F. M.; GUILARDI-LOPES, N.P.; SANTOS, M. D. A vida desconhecida das plantas: Concepções de alunos do Ensino Superior sobre evolução e diversidade das plantas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 15, n. 3, p. 394-411, 2016.
- BORGI, M.; COGLIATI-DEZZA, I.; BRELSFORD, V. *et al.* Baby schema in human and animal faces induces cuteness perception and gaze allocation in children. **Frontiers in psychology**, v. 5, p. 411. 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00411>
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BURKI, F.; ROGER, A. J.; BROWN, M. *et al.* The New Tree of Eukaryotes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 35, n. 1, p. 43–55. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.008>
- BURKI, F.; SHALCHIAN-TABRIZI, K.; MINGE, M. *et al.* Phylogenomics Reshuffles the Eukaryotic Supergroups. **PLOS ONE**, v. 2, n. 8, p. 790. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000790>
- CALOR, A. R.; SANTOS, C. M. D. **Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I**. Ciência & Ensino, v. 1, n. 2, p. 1–8. 2007.
- CARDOSO, P.; BORGES, P.; TRIANTIS, K. *et al.* Adapting the IUCN Red List criteria for invertebrates. **Biological Conservation**, v. 144, n. 10, p. 2432-2440. 2011a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.06.020>
- CARDOSO, P.; ERWIN, T.; BORGES, P. *et al.* The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological Conservation**, v. 144, p. 2647–2655. 2011b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.07.024>
- CASTILHO R. **Plantas: Características, funções e os 4 tipos**. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/plantas/#:~:text=As%20plantas%20s%C3%A3o%20organismos%20protetores,participam%20do%20ciclo%20da%20%C3%A1gua>> Acesso em: 15 Jul 2023.
- CHASE, M. W.; REVEAL, J. L. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 122-127. 2009. DOI:10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x
- CORREIA, R. A.; JEPSON, P. R.; MALHADO, A. C. *et al.* Familiarity breeds content: assessing bird species popularity with culturomics. **PeerJ**, v. 4, p. 1728. 2016. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.1728>
- CORTE, V. B.; SARAIVA, F. G.; PERIN, I. T. D. A. L. **Modelos didáticos como estratégia investigativa e colaborativa para o ensino de botânica**. Revista pedagógica, v. 20, n. 44, p. 172-196. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22196/rp.v20i44.3871>.
- FORZZA, R. C., org., *et al.* INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil [online]**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Introdução: às angiospermas do Brasil, v. 1, p. 78-89. 2010.

- GODOY, P. LEANDRO. **Ciências vida & universo: 6 ano.**º1 ed. p. 90-100, 166-183. São Paulo: FTD. 2018. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/slideshow/cienciasvidaeuniversomp6pdf/263705962#4>> Acesso em: 31 jan. 2025.
- GODOY, P. LEANDRO. **Ciências vida & universo: 7 ano.**º1 ed. p. 104-115. São Paulo: FTD. 2018. Disponível em: <https://issuu.com/editoraftd/docs/ciencias-vida-e-universo-mp-7_divulgacao> Acesso em: 31 jan. 2025.
- GODOY, P. LEANDRO. **Ciências vida & universo: 9 ano.**º1 ed. p. 134-152. São Paulo: FTD. 2018. Disponível em: <https://issuu.com/editoraftd/docs/ciencias-vida-e-universo-mp-9_divulgacao> Acesso em: 31 jan. 2025.
- GOLOLOBOVA, M.; BELYAKOVA, G. Position of Algae on the Tree of Life. **Doklady Biological Sciences**, v. 507, p. 312–326. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0012496622060035>
- GONÇALVES, S. C.; HAELEWATERS, D.; FURCI, G. *et al.* Include all fungi in biodiversity goals. **Science** (New York, N.Y.), v. 373, n. 6553, p. 403. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abk1312>.
- HENNIG, W. **Phylogenetic Systematics**. University of Illinois, 1966. Disponível em: <https://archive.org/details/hennig-phylogenetic-systematics-1966/mode/2up> Acesso em: 27 Jan 2025.
- JARIĆ, I.; ROLL, U.; BONAIUTO, M. *et al.* Societal extinction of species. **Trends in ecology & evolution**, v. 37, n. 5, p.411–419. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.12.011>
- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOG, E. A. *et al.* **Sistemática Vegetal – Um enfoque filogenético**. Editora Arned. 2009.
- LEATHER, S. R. Institutional vertebratism hampers insect conservation generally; not just saproxylic beetle conservation: Institutional vertebratism hampers insect conservation generally; not just saproxylic beetle conservation. **Animal Conservation**, v. 16, n. 4, p. 379–380. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/acv.12068>
- LIMA, G.; GHILARDI-LOPES, N. “Algas” nos projetos pedagógicos de curso de instituições de ensino superior brasileiras. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, p. 1103–1121. 2022. DOI: <https://doi.org/10.46667/renbio.v15i2.695>
- LINNÉ, C. VON. **Caroli Linnaei, Sveci, Doctoris Medicinae systema naturae, sive, Regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, & species**. Apud Theodorum Haak: Ex Typographia Joannis Wilhelmi de Groot. 1735. Disponível em: <<https://www.biodiversitylibrary.org/item/15373>> Acesso em: 31 jan. 2025.
- LOPES S.; ROSSO S. **Componente Curricular Biologia**, Bio. Manual do Professor 1º Ano Ensino Médio. 3ª edição. Editora Saraiva, São Paulo, 2017.
- MACKIEWICZ, P.; GAGAT, P. Monophyly of Archaeplastida supergroup and relationships among its lineages in the light of phylogenetic and phylogenomic studies. Are we close to a consensus? **Acta Societatis Botanicorum Poloniae**. v. 83, n. 4, p. 263–280. DOI: 10.5586/asbp.2014.044
- MAMMOLA, S.; ADAMO, M.; ANTIĆ, D. *et al.* Drivers of species knowledge across the Tree of Life. **bioRxiv**. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1101/2023.03.27.534304>

MAMMOLA, S.; RICCARDI, N.; PRIÉ, V. *et al.* Towards a taxonomically unbiased European Union biodiversity strategy for 2030. **Proceedings. Biological sciences**, v. 287, n. 1940, p. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2166>

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. **Five Kingdoms: Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth**. 3ª edição ed. New York: W.H.Freeman & Co Ltd, 1998. Disponível em: <https://archive.org/details/B-001-014-329/page/IV/mode/2up> Acesso em: 10 Jul 2023.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. *et al.* **Noções morfológicas e taxonômicas para identificação botânica** – Brasília, DF: Embrapa. v. 111 p.: il. Color. 2014.

MAYR, R. E. **Biologia, Ciência única**: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras. 2005. MORAES, P. L. “**Reino Plantae**”; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/reino-plantae.htm> Acesso em: 15 Jul 2023.

OYANEDEL, R.; HINSLEY, A.; DENTINGER, B. *et al.* A way forward for wild fungi in international sustainability policy. **Conservation Letters**, v. 15. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/conl.12882>

PIRANI, J. R. **Sistemática**: tendências e desenvolvimento, incluindo impedimentos para o avanço do conhecimento na área. P. 1-15; s.d. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/1.7.3_997.pdf/134241f0-ad63-40df-b55c-e48c675a2057?version=1.0 Acesso em: 27 Jan 2025.

REVIERS, B. **Biologia e filogenia das algas**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2006.

SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. “**Mas de que te serve saber botânica?**”. Estudos avançados, v. 30, n. 87, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/z86xt6ksbQbZfnzvFNnYwZH/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 23 Jun 2023.

SCHERER, H. J.; PINHEIRO, D. K.; ESSI, L. O conhecimento da biodiversidade: um estudo de caso com estudantes de graduação de uma universidade brasileira. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 49–58. 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236130818904>

SEBASTIANI, R.; MARQUES, J. K.; SOUZA, I. A. *et al.* Phylogenetic Systematics in educational journals. **Research, Society and Development**, 11(13), e350111334971. 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.34971>

SIMÕES, M. M. M.; VAZ, C. **Palinologia como ferramenta para a reconstituição da história geológica da Bacia Carbonífera de Moatize (Karoo, Moçambique)**. Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. 2017.

SIMPSON, A. G. B.; ROGER, A. J. Eukaryotic Evolution: Getting to the Root of the Problem. **Current Biology**, v. 12, n. 20, p. R691–R693. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(02\)01207-1](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(02)01207-1)

SIMPSON, M. G. **Plant systematics**. Editora Elsevier. 2010.

URSI, S. *et al.* Conhecimento Pedagógico do Conteúdo “Algas” de estudantes de licenciatura em Biologia. 2017. **Anais**. Florianópolis: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2017. Acesso em: 01 fev. 2025.

URSI, S.; SALATINO, A. Nota Científica – É tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: impercepção botânica como alternativa para “cegueira botânica”. **Boletim de Botânica**, v. 39, p. 1-4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v39p1-4>

MENDONÇA, L. VIVIAN. **Biologia: os seres vivos**. São Paulo: Editora AJS. 3. ed. v. 2. p. 14-21; 64-66 2016. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/2016-biologia-v-02-vivian-l-mendonapdf/263838412>> Acesso em: 01 fev. 2025.

WARD, P.; MOSBERGER, N.; KISTLER, C. *et al.* The Relationship between Popularity and Body Size in Zoo Animals. **Conservation Biology**, v. 12, p. 1408–1411. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1998.97402.x>

WHITTAKER, R. H. New concepts of kingdoms or organisms. Evolutionary relations are better represented by new classifications than by the traditional two kingdoms. **Science** (New York, N.Y.), v. 163, n. 3863, p. 150–160. 1969. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150>

WHITTAKER, R. H. New Concepts of Kingdoms of Organisms. **Science**, v. 163, n. 3863, p. 150–160. 1969. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.163.3863.150>

WILSON, J.; PROCHES, S; BRASCHLER, B. *et al.* The (bio)diversity of science reflects the interests of society. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 5. DOI: <https://doi.org/10.1890/060077.01>

WOESE, C. R.; KANDLER, O.; WHEELIS, M. L. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 87, n. 12, p. 4576–4579. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.87.12.4576>

ZAMAN, W. *et al.* Predicting potential medicinal plants with phylogenetic topology: Inspiration from the research of traditional Chinese medicine. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 281, p. 114515, 2021. DOI: [doi: 10.1016/j.jep.2021.114515](https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114515)