

REPRESENTANDO PADRÕES FILOGENÉTICOS NA SALA DE AULA: MÓBILES COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO

Representing phylogenetic patterns in the classroom: mobiles as a tool for teaching evolution

Daubian Santos [daubians@gmail.com]
Stephanie Sampronha [stephanie.sampronha@gmail.com]
Bianca Cegolin [biancacegolin@gmail.com]
Charles Morphy D. Santos [charlesmorphy@gmail.com]
Programa de Pós-Graduação em Evolução e Diversidade
Universidade Federal do ABC
Campus Santo André, São Paulo, Brasil

Recebido em: 11/04/2025

Aceito em: 05/12/2025

Resumo

A teoria da evolução é o eixo que organiza a biologia. No entanto, este tópico ainda é frequentemente tratado no cotidiano escolar como um assunto independente. Apesar de se tratar de uma problemática estrutural, mudanças pontuais em metodologias de ensino e a utilização de conceitos-chave podem beneficiar o entendimento da teoria evolutiva. Neste artigo, propomos o uso de móveis - esculturas cinéticas compostas de materiais suspensos - como ferramenta para o ensino de evolução. Apresentamos um passo-a-passo para a montagem de um móvel utilizando materiais simples como palitos, barbantes, folhas sulfite, tesoura e cola. O resultado é uma estrutura tridimensional hierárquica que visa representar a forma de uma árvore filogenética baseada no conceito de descendência com modificação a partir de um ancestral comum. Além de possibilitar a visualização tridimensional dos padrões de relacionamento entre os organismos, essa ferramenta evidencia o pensamento em árvore, o princípio de hierarquização e a não-linearidade da evolução, dando a contextualização necessária para a compreensão profunda e integral dos conteúdos evolutivos dentro da biologia.

Palavras-chave: Pensamento em árvore, árvore filogenética, sistemática filogenética, ancestral comum.

Abstract

The theory of evolution is the central axis that organizes biology. However, this topic is still often treated in everyday school settings as an independent subject. Although this is a structural issue, targeted changes in teaching methodologies and the use of key concepts can enhance the understanding of evolutionary theory. In this article, we propose the use of mobiles—kinetic sculptures composed of suspended materials—as a tool for teaching evolution. We present a step-by-step guide for assembling a mobile using simple materials such as sticks, string, paper sheets, scissors, and glue. The result is a three-dimensional hierarchical structure designed to represent the form of a phylogenetic tree based on the concept of descent with modification from a common ancestor. In addition to enabling a three-dimensional visualization of the patterns of relationships among organisms, this tool highlights tree thinking, the principle of hierarchy, and the non-linearity of evolution, providing the necessary context for a deep and comprehensive understanding of evolutionary content within biology.

Keywords: Tree thinking, phylogenetic tree, phylogenetic systematics, common ancestor.

1 Introdução

Evolução, no contexto biológico, significa mudança dos organismos com o passar das gerações (Futuyma & Kirkpatrick, 2022). O seu entendimento é crucial para a compreensão de qualquer conceito biológico, bem como para responder às indagações sobre a origem da vida, sua diversidade, distribuição espacial e interação entre os organismos (Brasil, 1998; Santos & Calor, 2007; Futuyma & Kirkpatrick, 2022). No entanto, apesar do consenso científico sobre a centralidade da evolução no ensino de biologia, muitos educadores ainda a abordam com pouca ênfase em sala de aula. Segundo Araújo (2022), o ensino de evolução ainda está fortemente baseado na síntese evolutiva moderna, o que gera desafios pedagógicos, como o foco excessivo na seleção natural e no discurso adaptacionista, dificultando o reconhecimento da evolução como eixo estruturante da biologia.

Por possuir esse caráter essencial nos estudos da vida, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1998) recomendavam que a evolução fosse trabalhada como eixo central e unificador, compondo uma linha orientadora de todos os outros conteúdos e temas na biologia. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), o domínio dos conceitos evolutivos está entre as principais competências a serem desenvolvidas pelos estudantes (Protázio, Protázio e Lima, 2020). No Currículo Paulista de Ciências, por exemplo, uma das três unidades temáticas que se repete ao longo do Ensino Fundamental é exatamente “Vida e evolução”, na qual os estudantes são instados a compreender a vida como fenômeno natural e social, tendo em vista os processos fenômenos biológicos à luz da teoria evolutiva (São Paulo, 2019).

Entretanto, o ensino de evolução na educação brasileira tem sido, na prática, tratado de forma breve como um tópico independente no currículo científico, desvinculado de outros componentes curriculares (Santos e Calor, 2007; Santos e Klassa, 2012; Santos, Pugliese e Santos, 2019; Mendes, Rizzo e Mayrinck, 2022). Em geral, a teoria evolutiva é removida de seu contexto natural, e muitas vezes reduzida a um embate maniqueísta entre as obras de Charles Darwin e Jean Baptiste Lamarck (Almeida e Falcão, 2010). Essa abordagem fragmentada da teoria evolutiva pode impactar negativamente o entendimento dos fenômenos biológicos, tendo em vista que a biologia, atualmente, pode ser vista como uma série de integrações de diferentes campos do conhecimento (Griffiths, 2009; Araújo e Reis, 2021). A aprendizagem deficiente de evolução afeta como os estudantes compreendem o mundo natural. Esta ausência de fundamentação resulta em concepções equivocadas, como a ideia de que evolução é sinônimo de progresso linear, no qual organismos se transformam de uma condição mais simples para uma mais complexa (Santos, Pugliese e Santos, 2019). Tal concepção simplista dificulta o entendimento de que todos os organismos estão interconectados em uma grande árvore de relações evolutivas (Catley, Novick e Funk, 2012; Phillips *et al.*, 2012; Pober, 2016).

As deficiências do ensino de evolução no Brasil são multifatoriais e incluem conflitos com valores sócio-culturais e religiosos, qualidade inadequada dos livros didáticos, dificuldades na formação docente e problemas estruturais nas escolas (Andrade e Massabni, 2011; Protázio, Protázio e Lima, 2020). Esse cenário exige transformações profundas no sistema de educação brasileira. No entanto, mudanças pontuais em metodologias de ensino e a utilização de conceitos-chave sobre evolução podem funcionar como um gatilho para melhorias significativas do entendimento da teoria evolutiva (Eterovic e Santos, 2010).

Para Firreno Jr. et al. (2023), o pensamento filogenético (“tree thinking”) é um componente crítico do letramento biológico e deve ser considerado um tema central no ensino de evolução. Além de representar diretamente o princípio da ancestralidade comum – a ideia de que todos os organismos compartilham ancestrais em diferentes níveis, que é o núcleo da teoria evolutiva –, as árvores filogenéticas também podem ser utilizadas ao longo de toda a formação em biologia para ilustrar, de forma eficiente, a distribuição de características compartilhadas entre diferentes espécies (Eddy et al., 2013). Para isso, são necessários recursos didáticos, como programas de computador, estratégias

educacionais e materiais acessíveis sobre os conhecimentos filogenéticos atuais. De acordo com Araújo, Santana e Franzolin (2023), livros didáticos frequentemente apresentam conteúdos insuficientes sobre filogenética e, no Brasil, costumam conter distorções conceituais sobre conceitos relacionados às árvores filogenéticas e sua interpretação. Mesmo materiais que apresentam árvores filogenéticas tendem a tratar a diversidade da vida de forma fragmentada, abordando os grupos isoladamente e sem considerar suas relações de parentesco ou conexões históricas. Por isso, é fundamental que os professores tenham acesso a materiais e estratégias de ensino que abordem o tema de forma adequada.

Recentemente, diferentes estratégias para o ensino do pensamento em árvore têm sido discutidas (Firreno et al., 2023; Jenner, 2024; Méndez, 2025). Particularmente interessante para a proposta do presente artigo é o estudo de Laurentino et al. (2024), que sugere que árvores filogenéticas podem ser melhor compreendidas quando apresentadas em contextos cinestésicos e multissensoriais, em vez da abordagem clássica centrada na visão comumente utilizada no ensino de filogenia. Diante desse cenário, a questão que orienta esta pesquisa é se um recurso didático, como o móbil, pode efetivamente melhorar a compreensão de árvores evolutivas e mitigar concepções equivocadas persistentes entre estudantes.

Neste trabalho, discutimos o uso de móveis como sugestão de material didático a ser construído por docentes e discentes e capaz de funcionar como ferramenta para o ensino de evolução baseada no pensamento em árvore. Móveis são esculturas cinéticas compostas de materiais suspensos, originadas a partir dos trabalhos do artista estadunidense Alexander Calder no início do século XX (Barry e Rerup, 2006). Esse tipo de estrutura vem sendo utilizado como ferramentas no Ensino Fundamental, Médio e Superior (e.g., Zastavker et al., 2006; Fehlinger, Ward e Fontecchio, 2013; Chowdbury et al., 2015).

No presente trabalho, os móveis visam representar a forma de uma árvore evolutiva esquemática, especialmente válida para a discussão de biologia e evolução com estudantes do Ensino Fundamental, mas que pode ser adaptada também para componentes curriculares do Ensino Médio. O grande potencial dos móveis se dá por sua estrutura visual tridimensional que auxilia na apresentação de conceitos evolutivos abstratos, como, por exemplo, a história evolutiva ramificada das linhagens biológicas ao longo do tempo e as relações de parentesco entre os seres vivos. Este trabalho tem como objetivo investigar este recurso físico-interativo na promoção da compreensão de árvores evolutivas e na superação de concepções equivocadas sobre evolução biológica.

2. Móveis como ferramenta de ensino de evolução

O uso de estruturas tridimensionais para o ensino de evolução depende de alguns conceitos fundamentais da sistemática filogenética, área das ciências biológicas que busca reunir as espécies em árvores, também chamadas de cladogramas, com base no seu grau de parentesco evolutivo (Hennig, 1966; Brower & Schuh, 2021). Tais conceitos podem ser tratados sem o jargão científico de praxe, sendo adequados com o nível escolar em que serão trabalhados e tendo móveis como material didático de apoio. São eles:

2.1 Relações de grupos-irmãos

A comparação entre os seres vivos, sob a ótica da sistemática filogenética, ocorre através de relações de grupo-irmão, em que dois grupos estão mais próximos entre si quando comparados a um terceiro (Hennig, 1966; Brower & Schuh, 2021). Essa é a relação fundamental para se discutir o parentesco entre grupos biológicos: dois grupos são mais próximos entre si quando comparados a um terceiro grupo. Na aula, é possível ilustrar esse conceito de forma simples: dois irmãos têm parentesco

mais próximo entre si do que qualquer um deles em relação a um primo. O que explica isso é o fato dos irmãos compartilharem os mesmos ancestrais diretos (no caso, os pais) que eles não compartilham com o primo, como será discutido no tópico abaixo.

No móbile representado pela Figura 1, sapo está mais próximo de papagaio em relação a barata, ou seja, sapo é grupo-irmão de papagaio em relação à barata. A explicação evolutiva para essa relação de parentesco remete a atributos que sapos e papagaios compartilham entre si (por exemplo, a presença de ossos) que não estão presentes nas baratas.

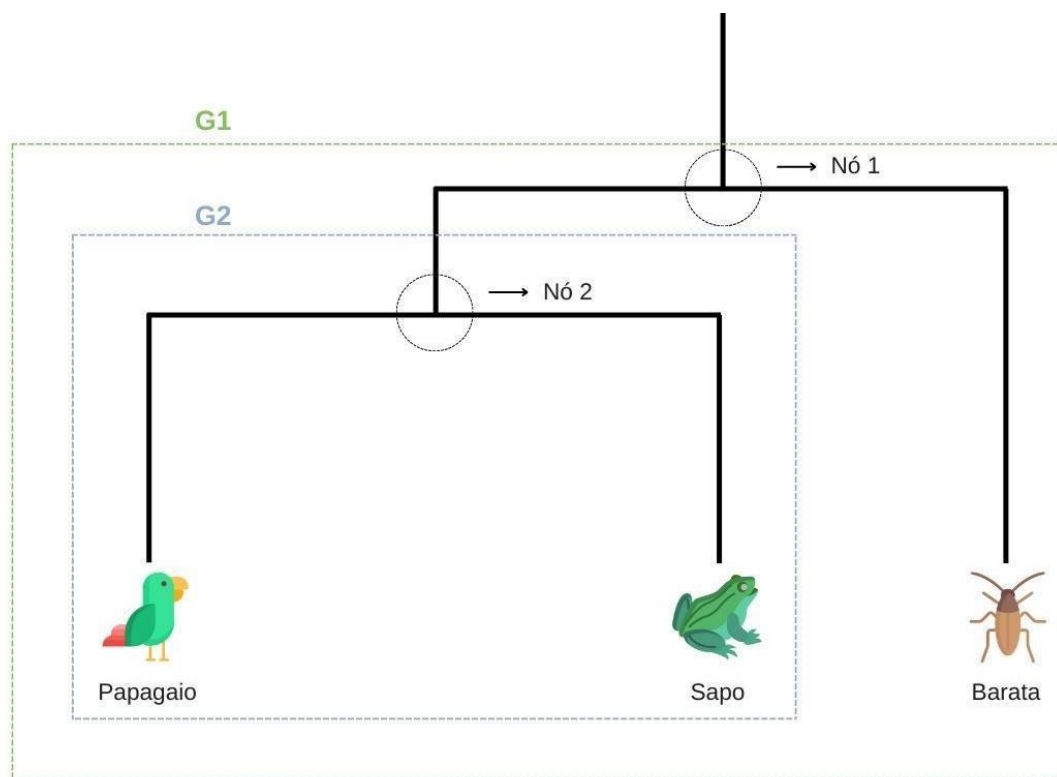


Figura 1. Esquema de um móbile representando uma filogenia dos organismos: papagaio, sapo e barata. **Fonte:** Autores. **Ícones:** Flaticon.com.

2.2 Ancestral comum

As junções entre as hastes (horizontais) e as linhas (verticais) do móbile representam os nós de uma árvore filogenética (Figura 1), que constituem os ancestrais hipotéticos comuns dos grupos dispostos nos ramos terminais. Como discutido anteriormente, o nó representa o ancestral comum compartilhado pelos terminais que a ele estão conectados, excluindo seu grupo-irmão – são os pais do exemplo anterior, compartilhados pelos irmãos e não com os primos.

A partir do ancestral, com base na estrutura do móbile, podemos identificar quais espécies estão mais próximas entre si. No caso da Figura 1, sapo e papagaio compartilham um ancestral comum exclusivo (nó 2), não compartilhado com a barata, o que indica que sapos e papagaios são grupos mais próximos entre si, evolutivamente falando.

2.3 Grupos naturais

Grupos naturais ou monofiléticos incluem o ancestral e todos os seus descendentes, os quais compartilham características exclusivas resultantes da evolução (Hennig, 1966; Brower & Schuh,

2021). Esse é o conceito fundamental da sistemática filogenética e o que correlaciona, diretamente, a estrutura hierárquica filogenética à teoria da evolução, em especial ao seu conceito de descendência com modificação a partir de um ancestral comum: Ao definir a evolução como descendência com modificação no tempo, a partir de um ancestral comum, o grupo monofilético corresponde ao conjunto total de descendentes de um ancestral comum, este incluso, que compartilha as características exclusivas resultantes da evolução; ainda que possamos reunir quaisquer espécies em um grupo, apenas aquele que se mostrar monofilético reflete a realidade da evolução e, dessa forma, é o único considerado como válido para as ciências naturais (Santos, 2008; Brower & Schuh, 2021).

Na Figura 1, existem dois grupos naturais: o primeiro (G1) inclui o ancestral representado pelo nó 1 e todos os organismos (sapo, papagaio e barata) – por consequência também inclui o ancestral representado pelo nó 2; o segundo (G2) inclui o ancestral representado pelo nó 2, além de sapo e papagaio. Um grupo formado pela barata e pelo papagaio, por exemplo, não seria considerado natural, justamente porque eles não compartilham um ancestral comum exclusivo.

2.4 Evolução ramificada vs linear

A percepção sobre a evolução biológica ainda carrega forte herança de concepções equivocadas e progressivas, visto que a iconografia clássica da evolução – a marcha progressiva dos hominídeos – continua presente na realidade escolar e disseminada pelo senso comum (Padian, 2013; Santos, Pugliese e Santos, 2019; Ferguson et al., 2022), permeando a mídia, propagandas, camisetas e mesmo em capas de livros sobre o tema. Essa perspectiva é explícita na imagem de primatas em fila indiana, iniciada por um chimpanzé ou um *Australopithecus afarensis*, culminando no *Homo sapiens*, sugerindo a visão distorcida de que a evolução é um processo contínuo de aperfeiçoamento com o passar do tempo e transformação de uma espécie em outra, o que dá suporte à equívocos como a ideia de que “o homem veio do macaco” (Santos, Pugliese e Santos, 2019).

É fundamental entender que, durante a evolução, organismos “mais primitivos” não são substituídos por outros “mais evoluídos” (Figura 2A) em uma progressão linear. A interpretação correta da evolução ramificada, portanto, não-linear, pode ser vista na Figura 2B, com diferentes possibilidades de representação das relações de parentesco entre abelhas, peixes, sapos e gatos. Essa árvore possui um ancestral (nó 1) entre todos os organismos, outro ancestral (nó 2) compartilhado por peixe, sapo e gato e ainda outro ancestral (nó 3) compartilhado apenas por sapo e gato. Não existe transformação linear em que a abelha se torna um peixe, que se transforma em sapo e esse em gato, como na Figura 2A.

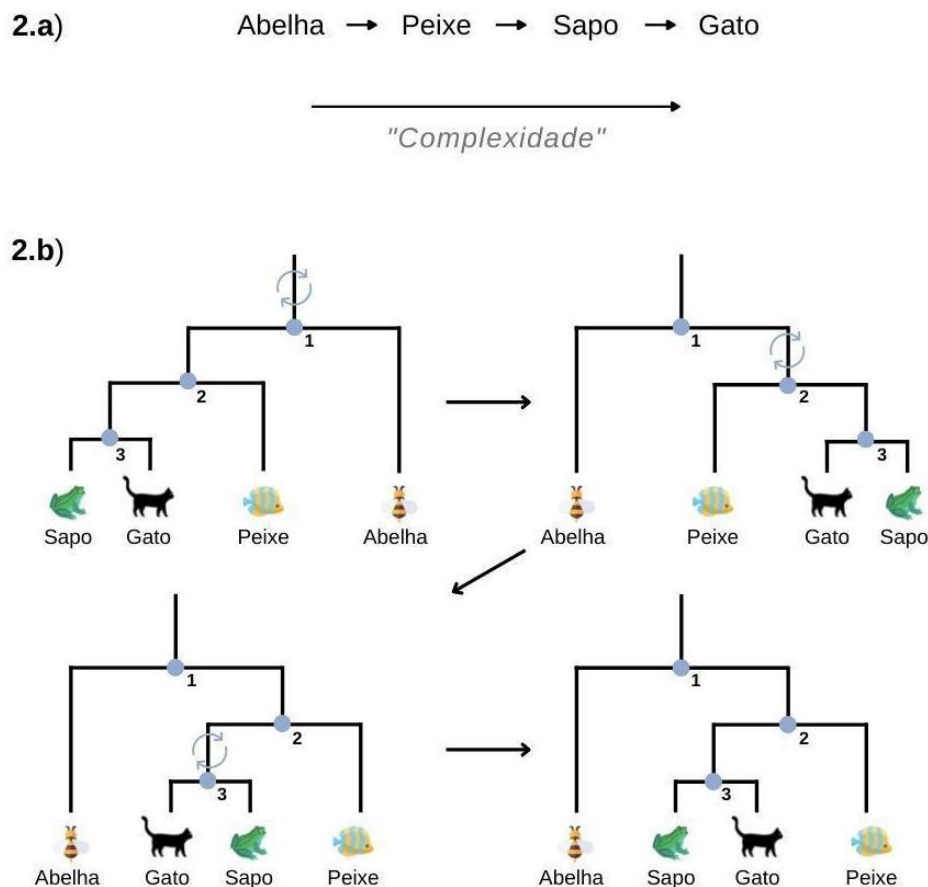


Figura 2. Representações de hipóteses evolutivas dos organismos: sapo, gato, peixe e abelha. **A.** Representação linear equivocada da evolução. **B.** Evolução ramificada evidenciando a rotação dos nós.

Fonte: Autores. **Ícones:** Flaticon.com.

3 Material e Métodos: construção de móveis

Aqui apresentamos uma alternativa para montagem do móbil, utilizada como recurso didático em uma abordagem investigativa de ensino, que pode ser feita em conjunto com estudantes durante uma aula voltada ao tema das relações evolutivas entre os organismos (Figura 3). O modelo sugerido tem grande potencial de funcionalidade pela adaptabilidade e baixo custo. O móbil utiliza os seguintes materiais: palitos de churrasco, barbante, folha sulfite, tesoura e cola.

3.1 Procedimento

A Figura 3 mostra as instruções passo-a-passo para a construção de um móbil:

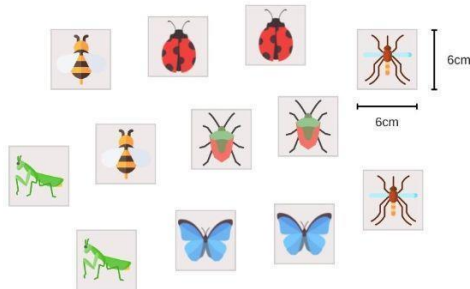
- Passo 1. Escolher a árvore filogenética que será utilizada como base para construção do móbil. Essa hipótese base pode ser adaptada de livros-textos ou artigos de divulgação científica, dependendo do objetivo a ser alcançado na aula, contanto que as relações de parentesco sejam mantidas sem mudança de posições dos grupos que farão parte da árvore.
- Passo 2. Definir os grupos biológicos que serão utilizados no móbil (que chamaremos de totens). Os totens são definidos como a representação de uma espécie – grupo vivente ou extinto – que ficarão dispostos nas extremidades verticais do móbil. Para construir os totens, desenhe, imprima ou escreva suas representações gráficas (desenhos, imagens, fotos, nomes

ou silhuetas) em duas cópias – para serem vistas frente e verso – de mesmo tamanho. Para melhorar a acessibilidade, impressões em 3D, modelos, ou até mesmo textos escritos em braile cumprem o mesmo objetivo. A construção dos tótems pode integrar elementos criativos e expressivos dos estudantes, permitindo personalização e maior engajamento afetivo e cognitivo. Sugerimos o tamanho de 6x6cm cada.

- Passo 3. Siga as posições da árvore filogenética que está sendo utilizada como evidência primária, substituindo as hastes (horizontais) por palitos e as linhas (verticais) pelos barbantes. Conte quantos palitos serão utilizados a partir da árvore filogenética escolhida e adicione outros dois palitos para a base. Para fazer a base, posicione os dois palitos em forma de X e amarre-os com barbante. A determinação do comprimento dos barbantes vai depender do alinhamento dos tótems dependurados nas extremidades verticais do móbile na mesma altura. Por isso, disponha a estrutura do móbile em uma superfície plana (como uma mesa, por exemplo) para fazer esse planejamento. Em seguida, prenda com nós os barbantes nos palitos.
- Passo 4. Cole a extremidade solta dos barbantes entre as duas cópias dos tótems (frente e verso) como mostra a Figura 3. Tome sempre o cuidado de deixar os tótems alinhados.
- Passo 5. Pendure a base em X do móbile de forma que a estrutura fique livre para movimentação. Ajuste a posição dos nós dos barbantes nos palitos — para esquerda ou para a direita — em busca do equilíbrio da estrutura. Em seguida, ajuste o tamanho dos palitos cortando as pontas (se for necessário).

Dependendo do tamanho do móbile (quantidade de palitos, barbantes e totens) pode ser difícil encontrar um equilíbrio, problema esse que pode ser solucionado com objetos que possam fazer peso e alterar o centro de gravidade da estrutura, como moedas, massinha ou cliques de papel.

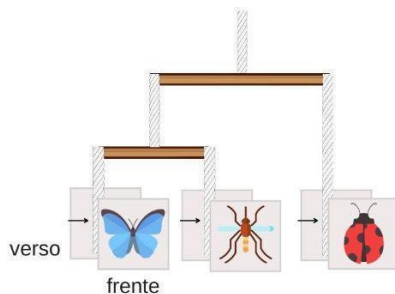
PASSO-A-PASSO

Como construir móveis**01** Escolha uma árvore filogenética e defina os grupos/organismos**02** Totens

Para construir os totens, desenhe, imprima ou escreva os grupos/organismos em 2 cópias

03 Filogenia

A partir da filogenia escolhida, substitua as hastes por palitos e as linhas por barbantes.

**04** Montagem

Cole a extremidade de cada barbante entre as cópias dos totens.

05 Equilíbrio

Ajuste a posição dos nós dos barbantes para equilibrar o móvel, e em seguida o tamanho dos palitos.

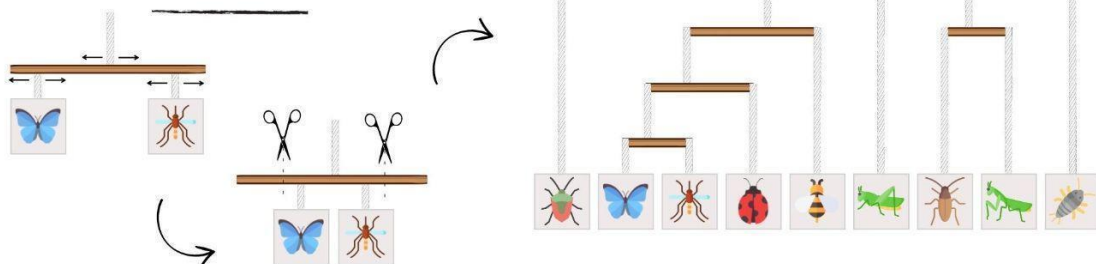


Figura 3. Sugestão de construção de um móvel com instruções passo-a-passo. **Fonte:** Autores. **Ícones:** Flaticon.com.

4 Resultados

A partir dos passos identificados acima, construímos um móbile (Figura 4) para representar, de forma sintética, as relações de parentesco entre diferentes ordens de insetos, a saber: traças (ordem Zygentoma), louva-deuses (Mantodea), baratas (Blattodea), gafanhotos (Orthoptera), borboletas (Lepidoptera), moscas (Diptera), besouros (Coleoptera) e marias-fedidas (Hemiptera). O padrão identificado segue o consenso entre as hipóteses filogenéticas para a classe Insecta (Grimaldi, 2023), que pode ser representado na seguinte notação parentética: (Zygentoma, (((Lepidoptera, Diptera), Coleoptera), Hemiptera), (Orthoptera, (Blattodea, Mantodea)))).



Figura 4. Foto do móbile representando exemplo real de filogenia de insetos. **Fonte:** Autores.

A principal vantagem da utilização de um móbile como o da Figura 4 é o fato dos seus nós não serem fixos, permitindo rotatividade entre os agrupamentos. Esta rotação reflete um ponto crucial da evolução: a sua não linearidade. Mesmo com a rotação dos nós do móbile, as relações de parentesco não mudam. Não importa qual a posição dos organismos no espaço, teremos sempre a mesma estrutura hierárquica de relações de parentesco a partir do ancestral em comum: moscas e besouros sempre compartilharão um ancestral comum exclusivo, não compartilhado com seu grupo-irmão imediato, as borboletas; o grupo formado por moscas, besouros e borboletas sempre compartilhará

um ancestral comum exclusivo não compartilhado com seu grupo-irmão imediato, as marias-fedidas, e assim por diante (Figura 5). Visto que o móbile se pauta pelo pensamento em árvore, refuta-se a ideia de evolução linear.

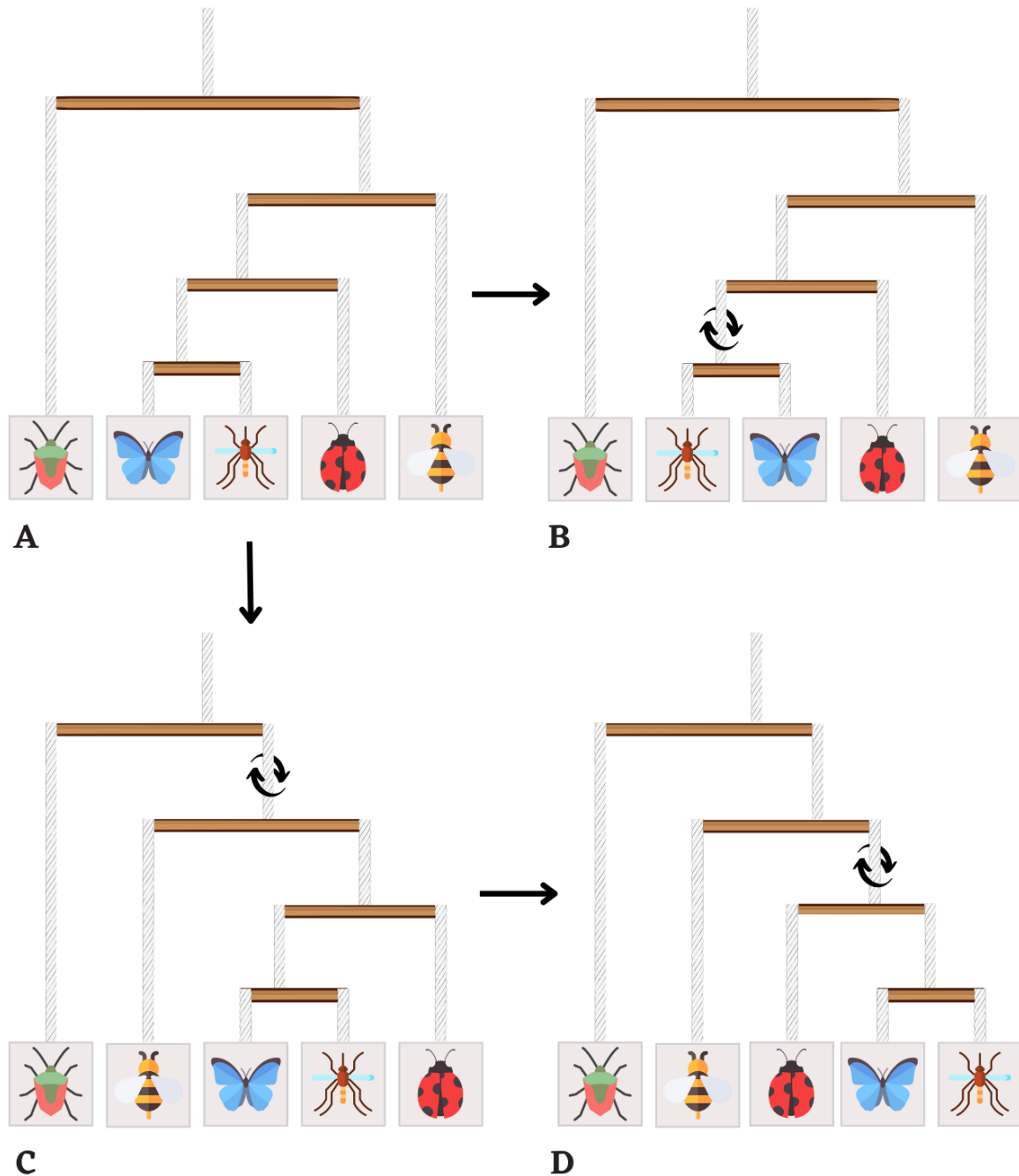


Figura 5. A rotação dos nós não altera as relações de parentesco. **A.** Padrão inicial mostrando as relações de parentesco entre grupos de insetos pterigotos (com asas). **B.** Rotação do nó que altera a posição de mosquitos e borboletas. **C.** Rotação do nó que altera a posição das abelhas. **D.** Rotação do nó que altera a posição dos besouros. **Fonte:** Autores. **Ícones:** Flaticon.com.

O móbile da Figura 4 tem como foco os insetos e poderia servir de fundamentação para uma aula de introdução à entomologia. Seguida à apresentação do padrão de relações entre as diferentes ordens, poderiam ser discutidos os atributos comuns em cada nó (por exemplo, o que separa os Zygentoma dos demais grupos de insetos na árvore é a ausência, nas traças, de asas, característica essa compartilhada por todas as outras ordens de insetos, chamados de pterigotos).

Os organismos escolhidos para compor a estrutura de um móbile podem se ajustar aos interesses de cada aula e a diferentes escalas. Pode-se escolher grupos muito diferentes (plantas, animais, fungos, microrganismos) para uma noção mais ampla de diversidade ou espécies semelhantes de um grupo específico (como insetos, vertebrados e primatas) para discussões mais refinadas sobre as relações de parentesco. Grupos hierárquicos como filos, classe, ordens e famílias também podem ser utilizados dependendo dos assuntos trabalhados nos diferentes níveis escolares.

A construção do móbile em relação aos materiais e a escolha dos organismos/grupos biológicos a serem utilizados depende do objetivo, criatividade e necessidade do professor, sendo uma ferramenta flexível que se adapta a qualquer contexto escolar. Como mencionado acima, a árvore filogenética que será utilizada como base para a construção do móbile deverá ser consolidada na literatura, podendo ser obtida de livros-texto mais técnicos ou artigos de divulgação derivados destes. As adaptações que se fizerem necessárias, portanto, deverão ser fiéis às relações de parentesco apresentadas na árvore filogenética original. A partir daí, os conceitos de sistemática e evolução podem ser trabalhados de forma fundamentada.

5 Discussão

Como afirmam Baum, Smith e Donovan (2005), assim como estudantes de geografia aprendem a ler mapas, os de biologia devem aprender a interpretar árvores filogenéticas. O uso do móbile ilustra e ajuda o professor a explicar os padrões hierárquicos dicotômicos, sob a luz de uma estrutura conceitual evolutiva, ramificada e hierárquica. Ao ser utilizado como ferramenta de ensino de evolução na forma de árvore filogenética, o móbile serve como estrutura que representa, fisicamente, o pensamento em árvore a partir de uma perspectiva evolutiva ramificada não-linear. O pensamento em árvore funciona como um pano de fundo para o entendimento de qualquer área da biologia, pois fornece a contextualização histórica comparativa necessária para a compreensão profunda e integral dos conteúdos biológicos tomados em uma chave de interpretação evolutiva, e não simplesmente descritiva; novos materiais e ferramentas educacionais deveriam, portanto, considerar a importância de árvores filogenéticas e as especificidades do raciocínio em árvore no contexto do ensino (Araujo, Santana e Franzolin, 2023).

A evolução é muitas vezes associada a uma perspectiva linear e progressiva (Santos, Pugliesi e Santos, 2019; Dawson, 2024). Entender as relações de parentesco entre as diferentes formas orgânicas do planeta demonstra claramente que as linhagens não se encaixam em uma regra de complexidade crescente (Brigandt, 2013). O conjunto dos organismos existentes hoje na Terra possui uma origem em comum, que remonta ao último ancestral comum universal mais recente. As populações se ramificaram ao longo do tempo, mudando e se adaptando em suas especificidades fisiológicas, comportamentais, genéticas e ambientais. Sendo assim, nenhuma espécie representa o ápice ou pináculo da evolução (Santos, Pugliesi e Santos, 2019). A natureza ramificada e hierárquica da vida, representada pelo pensamento em árvore, leva em conta a história de cada organismo e suas possíveis conexões evolutivas (Velasco, 2010). Conceber a hierarquia da natureza é um passo importante para nos aceitarmos como parte integral do mundo natural. Com base nesse raciocínio, é possível compreender como nossa espécie é evolutivamente próxima das demais espécies da Terra (Omland, Cook e Crisp, 2008).

Os conceitos-chave tratados nas seções acima são facilmente aplicados ao móbile, em especial a ideia de grupos-irmãos e ancestrais comuns compartilhados. Além disso, o móbile é uma ferramenta que pode ser construída em colaboração entre estudantes e professores, colocando o primeiro como um agente ativo de seu próprio aprendizado (Vasconcelos, Praia e Almeida, 2003; da Conceição, 2025). O uso deste tipo de criação tem o potencial de enriquecer o aprendizado (Mortimer, 1996).

Estruturas cinéticas como móveis têm sido utilizadas em diferentes estratégias de ensino. Zastavker et al. (2006) descrevem uma série de cursos integrados desenvolvidos para ingressantes universitários partindo do tema comum "estruturas cinéticas" para potencializar o ensino de matemática (cálculo e equações diferenciais ordinárias), física (cinética e dinâmica do movimento linear e rotacional, termodinâmica e fluidos) e engenharia voltada a projetos. Fehlinger, Ward e Fontecchio (2013) propuseram estratégias voltadas ao ensino de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics, sigla em inglês para Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática) para estudantes de Ensino Fundamental e Médio. Estruturas cinéticas digitais também vêm sendo utilizadas para o ensino de computação paralela, aproveitando a experiência da interatividade (Chowdbury et al., 2015).

Como discutido, o móvel pode ser adaptado às realidades de diferentes idades e níveis do ensino, podendo ser trabalhado desde os primeiros anos do Fundamental até a apresentação dos grupos biológicos e hipóteses filogenéticas que permeiam as discussões no Ensino Médio. É uma ferramenta visual tridimensional através da qual o professor explora os padrões evolutivos de forma palpável e visual (Ballen, 2017). O fato do móvel ser construído com a participação direta e colaborativa entre professores e estudantes faz com que ele seja adaptável para diferentes faixas etárias e níveis de ensino. Para os anos iniciais do Ensino Fundamental, por exemplo, podem ser utilizados grupos mais amplos e facilmente reconhecíveis, como mamíferos e aves; para os anos finais, a ênfase pode ser em linhagens evolutivas mais específicas, como insetos, vertebrados ou mesmo toda a árvore da vida.

A abordagem proposta aqui pode ter limitações, ainda que contornáveis. A depender do público-alvo, é fundamental maior cuidado do professor com a montagem e o equilíbrio dos móveis. Ainda, restrições de tempo em sala de aula podem tornar a experiência pouco atrativa, demandando, portanto, planejamento prévio e adequado para que a atividade cumpra com seu objetivo. Se os conceitos básicos já tiverem sido discutidos em sala de aula (o que recomendamos ao se tratar de uma ferramenta), um período de 2-4 horas é suficiente para a montagem de um móvel em uma turma de 20-30 estudantes (o trabalho em grupo deve ser também estimulado para a execução da atividade). Caso os conceitos não tenham sido abordados anteriormente em sala de aula, o docente pode discutir os aspectos conceituais simultaneamente à montagem do móvel com os estudantes.

Entendemos que um dos conceitos mais fundamentais do móvel como ferramenta para o ensino de evolução seja o de rotação dos nós da árvore. Também aqui é importante que o professor discuta profundamente a ideia de grupos-irmãos e ancestrais comuns, o que vai, efetivamente, demandar do docente uma formação prévia em sistemática filogenética. Há inúmeros artigos sobre o tema voltados diretamente para o uso de árvores filogenéticas no ensino de biologia (e.g., Santos e Calor, 2007, Santos e Klassa, 2012; Santos, Pugliesi e Santos, 2019; Araújo, Santana e Franzolin, 2023; Firreno et al., 2023; Jenner, 2024; Laurentino et al., 2024; Méndez, 2025), ainda que parte significativa da bibliografia seja encontrada apenas em inglês.

Atualmente, há muitas abordagens didáticas para o ensino de filogenias, desde softwares para montagem de árvores até recursos digitais como o OneZoom (<https://www.onezoom.org/>), para visualização de relações de parentesco. A barreira do idioma e problemas infraestruturais, como de conexão à internet, torna os conteúdos disponibilizados online sobre filogenias de difícil acesso aos estudantes brasileiros, notadamente de escolas públicas. Os diferenciais da proposta do móvel apresentada aqui são seu baixo custo, visto que os materiais necessários são acessíveis para a maioria das escolas e a possibilidade de os estudantes participarem efetivamente da construção da ferramenta didática, reforçando seu caráter lúdico e personalizado. Ainda, a própria estrutura física do móvel ajuda a desconstruir a ideia de evolução linear progressiva, uma vez que assume, a priori, a estrutura hierárquica ramificada como a que melhor representa a realidade da evolução a qual, desde Darwin (1859), é definida como descendência com modificação a partir de um ancestral comum. O fato de

os nós do móbile girarem livremente é outro ponto fundamental para reforçar o conceito de grupo-irmão e ancestralidade comum.

Como apontam Santos, Pugliese e Santos (2019), o material imagético sobre evolução por vezes reforça visões hierárquicas equivocadas, perpetuadas por representações visuais como a marcha do progresso, que se inicia com um organismo simples e culmina no *Homo sapiens* branco europeu. Infelizmente, a ampla difusão dessas imagens em livros, filmes, mídias digitais e materiais didáticos ainda influencia negativamente muitos educadores. A perpetuação de discursos de superioridade humana por meio de interpretações incorretas da evolução colabora para o avanço de ideologias discriminatórias, como racismo e xenofobia, além de reforçar visões negacionistas da evolução (Cantens, 2025). Nesse sentido, é urgente o desenvolvimento e utilização de estratégias didáticas que refutem peremptoriamente a ideia da existência de “espécies superiores” e suas implicações sociais. A proposta aqui apresentada tem a intenção de colaborar com esse esforço de formação, desconstruindo conceitos equivocados de evolução progressiva em direção à maior complexidade e levando, necessariamente, à origem do *Homo sapiens* branco e europeizado, visão essa reforçada por iconografias equivocadas como a que é perpetuada há tempos, tanto na mídia quanto em materiais educacionais (Santos, Pugliese e Santos, 2019). O móbile parte da premissa fundamental de que a melhor representação da evolução é uma estrutura ramificada que se baseia nos conceitos de grupo-irmão e descendência com modificação a partir de um ancestral comum, falseando, portanto, a ideia de que existem espécies ou populações superiores, visto que todos os componentes da biota terrestre se relacionam entre si em algum nível.

6 Considerações finais

Árvores filogenéticas são uma das ferramentas com maior poder de previsão na biologia moderna. Podem orientar o professor antes e durante as aulas permitindo ao estudante visualizar os padrões hierárquicos entre os grupos biológicos sob o prisma de uma estrutura conceitual evolutiva. A representação em árvore propõe uma linguagem visual acessível que permite ao estudante tornar mais palpáveis conceitos abstratos como ancestralidade comum e grupos-irmãos. A aplicabilidade da ferramenta proposta neste artigo, o móbile, permite explorar tanto esta faceta visual (a estrutura hierárquica da evolução, pautada nos grupos-irmãos e ancestrais comuns) como os conceitos subjacentes (descendência com modificação, grupos monofiléticos, evolução ramificada).

No entanto, só a presença de árvores filogenéticas em aulas e livros didáticos não é suficiente. Muitas vezes em tais representações estão embutidos problemas conceituais graves, como o reforço à ideia de evolução linear e progressiva. Aqui entram as vantagens de se utilizar estruturas tridimensionais como móveis no ensino de evolução. O conceito de ancestralidade comum, que fundamenta a representação das relações de parentesco, pode ser tratado através dos móveis desde o ensino fundamental sem a utilização de termos técnicos e jargão científico, como proposto aqui. Construídos em colaboração entre professores e estudantes, os móveis permitem a visualização no espaço de árvores filogenéticas, e tornam o ensino de evolução de fato calcado na realidade dos padrões evolutivos de descendência com modificação a partir de ancestrais comuns.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Max M. Fuhlendorf pela fotografia do móbile. O trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (2017/16305-6, DS), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (Código de financiamento 001) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (304027/2022-7, CMDS).

Referências bibliográficas

- Almeida, A. V. de, & Falcão, J. T. da R. (2010). As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de Biologia no Brasil. *Ciência & Educação*, 16(3), 649–665. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000300010>
- Andrade, M. L. F. de, & Massabni, V. G. (2011). O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. *Ciência & Educação*, 17(4), 835–854. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>
- Araújo, L. A. L. (2022). The centrality of evolution in biology teaching: Towards a pluralistic perspective. *Journal of Biological Education*, 56(1), 109–120. <https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1757486>.
- Araújo, L. A. L., & Reis, C. R. M. (2021). Evolutionary pluralism and the ideal of a unified biology. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 28(2), 1–18. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-59702021000200004>.
- Araujo, L. A. L., Santana, C. M. B. & Franzolin, F. (2023). Brazilian teachers' views and experiences regarding teaching biodiversity in an evolutionary and phylogenetic approach. *Evolution: Education and Outreach*, 16, 11. <https://doi.org/10.1186/s12052-023-00191-9>
- Ballen, C. J., Wieman, C., Salehi, S., Searle, J. B., & Zamudio, K. R. (2017). Enhancing diversity in undergraduate science: Self-efficacy drives performance gains with active learning. *CBE-Life Sciences Education*, 16(4), ar56. <https://doi.org/10.1187/cbe.16-12-0344>
- Barry, D., & Rerup, C. (2006). Going mobile: Aesthetic design considerations from Calder and the constructivists. *Organization Science*, 17(2), 262–276. <https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0165>
- Baum, D. A., Smith, S. D., & Donovan, S. S. S. (2005). The tree-thinking challenge. *Science*, 310, 979–980. <https://doi.org/10.1126/science.1117727>
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. (1998). Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio. MEC/SEF.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria Executiva. Secretaria da Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. (2018). Base Nacional Comum Curricular. MEC/SE/SEB/CNE.
- Brigandt, I. (2013). Integration in biology: Philosophical perspectives on the dynamics of interdisciplinarity. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 44(4), 461–465. <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2013.09.009>
- Brower, A. V. Z. & Schuh, R. T. (2021). *Biological systematics: principles and applications*, 3rd. Edition. Ithaca: Cornell University Press.
- Cantens, K. (2025), Racism, Speciesism, and the Argument from Analogy: A Critique of the Discourse of Animal Liberation. *Journal of Applied Philosophy*, 42(2), 652–667. <https://doi.org/10.1111/japp.12780>.
- Catley, K. M., Novick, L. R., & Funk, D. J. (2012). The promise and challenges of introducing tree thinking into evolution education. In K. S. Rosengren, S. K. Brem, E. M. Evans, & G. M. Sinatra (Eds.), *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about*

- evolution (pp. 93–118). Oxford: Oxford Press.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199730421.003.0005>
- Chowdhury, B. T., Blanchard, S., Cameron, K. W., & Johri, A. (2015). Seemore: An interactive kinetic sculpture designed to teach parallel computational thinking. In 2015 ASEE Annual Conference & Exposition (Paper ID 26–1360).
- da Conceição, T. A. R. (2025). Aprendizagem autogerida: explorando características, vantagens e desafios. *Revista Educação Contemporânea*, 2(4), 2837–2843.
- Dawson, G. (2024). *Monkey to man: the evolution of the march of Progress image*. Connecticut: Yale University Press.
- Eddy, S. L., Crowe, A. J., Wenderoth, M. P., & Freeman, S. (2013). How should we teach tree-thinking? An experimental test of two hypotheses. *Evolution: Education and Outreach*, 6(13), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-13>
- Eterovic, A., & Santos, C. M. D. (2013). Teaching the role of mutation in evolution by means of a board game. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-22>
- Fehlinger, D., Ward, J., & Fontecchio, A. (2013). Increasing student interest in STEM via the Kensington Kinetic Sculpture Derby. In: 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 1113–1114). Oklahoma City, OK, USA. <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6685001>.
- Ferguson, D. G., Abele, J., Palmer, S., Willis, J., McDonald, C., Messer, C., Lindberg, J., Ogden, T. H., Bailey, E. G., & Jensen, J. L. (2022). Popular media and the bombardment of evolution misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 15(1), 19.
- Firreno Jr, T. J., Welsh, G. T., Nimlos, P. J., & Larson, E. L. (2023). “I think”: Integrating project-based learning and case study to teach fundamentals of evolutionary tree-thinking. *Evolution: Education and Outreach*, 16, 13. <https://doi.org/10.1186/s12052-023-00192-8>
- Futuyma, D. J., & Kirkpatrick, M. (2022). *Evolution*. Sunderland: Sinauer Associates.
- Griffiths, P. E. (2009). In what sense does ‘Nothing make sense except in the light of evolution’? *Acta Biotheoretica*, 57(1), 11–32. <https://doi.org/10.1007/s10441-008-9054-9>
- Grimaldi, D. A. (Ed.). (2023). *The complete insect: Anatomy, physiology, evolution, and ecology*. Princeton: Princeton University Press.
- Hennig, W. (1966). *Phylogenetic systematics*. Urbana: University of Illinois Press.
- Jenner, R. A. (2024). Lineage thinking in evolutionary biology: How to improve the teaching of tree thinking. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00531-1>
- Laurentino, T. G., Scheller, M., Glover, G., Proulx, M. J., & De Sousa, A. A. (2024). Thinking on your feet: Potentially enhancing phylogenetic tree learning accessibility through a kinaesthetic approach. *Evolution: Education and Outreach*, 17, 19. <https://doi.org/10.1186/s12052-024-00215-y>
- Mendes, S. L. S. D., Rizzo, A. E., & Mayrinck, D. (2022). A representação da sistemática filogenética nos livros didáticos do novo ensino médio: Desafios e perspectivas. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 18(40), 209–224. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v18i40.12742>
- Méndez, M. (2025). Building phylogenetic trees with drinking straws. *The American Biology Teacher*, 87(2), 128–131. <https://doi.org/10.1525/abt.2025.87.2.128>

- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: Para onde vamos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20–39. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/645/436>
- Omland, K. E., Cook, L. G., & Crisp, M. D. (2008). Tree thinking for all biology: The problem with reading phylogenies as ladders of progress. *BioEssays*, 30(9), 854–867. <https://doi.org/10.1002/bies.20794>
- Padian, K. (2013). Correcting some common misrepresentations of evolution in textbooks and the media. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 11.
- Phillips, B. C., Novick, L. R., Catley, K. M., & Funk, D. J. (2012). Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think. *Evolution: Education and Outreach*, 5(4), 595–602. <https://doi.org/10.1007/s12052-012-0455-5>
- Pobiner, B. (2016). Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities. *American Journal of Physical Anthropology*, 159, 232–274. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22910>
- Protázio, A. S., Protázio, A. dos S., & Lima, V. B. (2020). Dificuldades em ensinar evolução: Uma abordagem centrada na teoria de sistemas. *Ensino em Foco*, 3(7), 49–61. <https://doi.org/10.55847/ef.v3i7.683>
- Santos, C. M. D. (2008). Os dinossauros de Hennig: Sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica. *Scientiae Studia*, 6(2), 179–200. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662008000200003>
- Santos, C. M. D., & Calor, A. R. (2007). Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética I. *Ciência & Ensino*, 1(2), 1–8.
- Santos, C. M. D., & Klassa, B. (2012). Despersonalizando o ensino de evolução: Ênfase nos conceitos através da sistemática filogenética. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40), 62–81. http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-81062012000200005&script=sci_abstract
- Santos, P. S., Pugliese, A. N. L., & Santos, C. M. D. (2019). A iconografia linear da evolução na perspectiva de docentes que atuam na educação básica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 21, e10594. <https://doi.org/10.1590/1983-21172019210117%20>
- São Paulo (2019). Secretaria da Educação. Currículo Paulista. Disponível em: https://www.undime-sp.org.br/wp-content/uploads/2019/pdf/curriculo_26_07.pdf. Acesso em: 19 mai. 2020.
- Vasconcelos, C., Praia, J. F., & Almeida, L. S. (2003). Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: Da instrução à aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, 7, 11–19. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572003000100002>
- Velasco, J. D. (2010). Species, genes, and the tree of life. *British Journal for the Philosophy of Science*, 61, 599–619. <https://doi.org/10.1093/bjps/axp051>
- Zastavker, Y. V., Crisman, J. D., Jeunnette, M., & Tilley, B. S. (2006). Kinetic Sculptures: A centerpiece project integrated with mathematics and physics. *International Journal of Engineering Education*, 22(5), 1031–1042.