



## REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE EVOLUÇÃO NO ATUAL CONTEXTO DE IMPEDIMENTO TAXONÔMICO

*Considerations on the teaching of evolution in the current context of taxonomic impediment*

**Samuel Lucas da Silva Delgado Mendes** [slucasmendes013@gmail.com]

*Museu Nacional*

*Universidade Federal do Rio de Janeiro*

*Quinta da Boa Vista, s/n, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

**Alexandra Elaine Rizzo** [aerizzo@hotmail.com]

**Diogo de Mayrinck** [mdiogobio@yahoo.com.br]

*Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes (IBRAG)*

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)*

*Rua Sao Francisco Xavier, 524, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

### Resumo

A Sistemática Filogenética é reconhecida como um dos principais eixos para a compreensão crítica da biodiversidade. Esta ciência busca ordená-la de maneira lógica, objetivando a compreensão dos processos que são responsáveis por gerar os padrões que por ela são apresentados. Para tal, trata a evolução biológica, ou seja, o reconhecimento da descendência com modificação e de suas implicações para as relações de ancestralidade e descendência entre as diversas linhagens de seres vivos, como seu paradigma central. No entanto, no Brasil, ainda persistem problemas relacionados ao ensino inadequado e desatualizado da Teoria Evolutiva. Assim, neste trabalho serão apresentados os principais obstáculos epistemológicos relacionados ao aprendizado de evolução e como eles surgiram ao longo da história das ciências naturais. De forma a mostrar como se relacionam entre si e de que maneira contribuem para a manutenção do atual problema denominado impedimento taxonômico. Por fim, serão expostas as potencialidades do estímulo ao pensamento filogenético, isto é, evolutivo, para a compreensão crítica da biodiversidade. Assim, concordamos que o combate às lacunas atuais no conhecimento sobre a biodiversidade deve ser pensado em múltiplos níveis de atuação e investigação científica. Sendo um deles o ensino de Ciências e Biologia, destacamos o papel dos professores, com as potencialidades advindas do desenvolvimento de abordagens didáticas inovadoras junto a um planejamento curricular voltado ao combate dos vícios responsáveis por fomentarem a existência de tais lacunas.

**Palavras-Chave:** Crise Ecológica; Lacuna Lineana; Pensamento em árvore; Ensino de Evolução; Síntese Evolutiva.

### Abstract

Phylogenetic Systematics is recognized as one of the main axes for the critical understanding of biodiversity. This science intends to order it in a rational way, aiming at understanding the processes that are responsible for generating the patterns that are presented by it. To this end, it treats biological evolution, that is, the recognition of descent with modification and its implications for the relationships of ancestry and descent between the different lineages of living beings, as its central paradigm. However, in Brazil, there are still problems related to inadequate and outdated teaching of Evolutionary Theory. Thus, in this work, the main epistemological obstacles related to learning about evolution will be presented, and how they emerged throughout the history of the natural sciences. In order to show how they relate to each other and how they contribute to the maintenance of the current problem called taxonomic impediment. Finally, the potential of stimulating phylogenetic thinking, that is, evolutionary, for the critical understanding of biodiversity will be exposed. Thus, we agree that combating current gaps in knowledge about biodiversity must be thought of at multiple levels of action and scientific investigation. One of them being the teaching of Science and Biology, we highlight the role of teachers to be an active voice in this process, with the potential arising from the development of innovative teaching approaches along with curriculum planning aimed at combating the vices responsible for fostering the existence of such gaps.

**Keywords:** Ecological Crisis; Taxonomic gap; Tree thinking; Teaching Evolution; Evolutionary Synthesis.

## INTRODUÇÃO: UM PANORAMA HISTÓRICO E FILOSÓFICO DA SISTEMÁTICA E DA TAXONOMIA

Ao longo de sua história, a humanidade sempre buscou entender seu propósito e seu significado no planeta. Entender como a natureza funciona também nos instigou e continua a fazê-lo até os dias de hoje. De certa forma, os principais pontos de partida para chegar nas respostas buscadas pelos seres humanos, em específico no mundo europeu, residia em um debate que permeia uma certa dicotomia metafísica: aceitar a existência do que vai além da existência, que faz parte da esfera de existência sobrenatural, da ação de divindades inquestionáveis e poderosas, ou a aceitar que a realidade se limita ao que existe, isto é, à matéria, à natureza em si (le Cointre & le Guyader, 2001; Losos, 2014; le Guyader, 2018). A primeira concepção tem como seu principal representante Platão (428-238 a.C.) cujo entendimento se dá na perspectiva idealista, voltada ao reconhecimento do dualismo entre: o mundo sensível e o mundo inteligível. Ou seja, há um mundo físico, dos sentidos, do que está na esfera de existência da matéria. Por outro lado, também há um mundo chamado de “o mundo das ideias”, que vai além do físico. Nele reside a perfeição, o divino a ser manifesto. A segunda concepção tem seu pioneirismo marcado pela escola de pensamento fundada em Atenas por Epicuro (341 – 270 a. C.), lançando mão de uma concepção materialista conhecida como atomismo, a qual rejeita qualquer forma de interpretação religiosa sobre o mundo natural.

Derivadas ou não de tal dicotomia, diferentes formas de explicar o mundo em que vivemos foram postuladas e continuam sendo até a atualidade. No entanto, a influência de Platão e Aristóteles no mundo ocidental se manifesta de forma direta na construção do conhecimento científico e religioso na Europa cristã. Com isso, apresentamos aqui um panorama histórico a partir das bases filosóficas estabelecidas pelos pensadores da “Grécia Antiga” até os paradigmas atuais, com o intento de demonstrar a origem dos principais obstáculos epistemológicos relacionados ao aprendizado da evolução biológica no ocidente. Em sequência, argumentamos sobre a relação de confluência entre o não entendimento da evolução e o favorecimento do atual cenário de crise na Taxonomia.

### **A contribuição da filosofia grega para os fundamentos da Sistemática biológica: as raízes do pensamento essencialista**

A associação da existência de causas finais para fundamentar a explicação de fenômenos faz parte do escopo da Teleologia (Martins & Martins, 2007; Martins, 2013; Carvalho, 2018). Argumentos de cunho teleológico foram frequentemente utilizados na Antiguidade, porém Aristóteles (348-322 a.C.) é considerado como o mais importante pensador a versar sobre o assunto, aplicando tal abordagem ao estudo dos seres vivos, atribuindo a eles o status de paradigmas das substâncias naturais (Martins & Martins, 2007; Martins, 2013; D’Ambrosio, Bizzo & dos Santos, 2018). Além de contribuir de outras formas para com a interpretação, com o estudo e com a reflexão tangente à natureza e seu funcionamento, o filósofo deixou como herança os alicerces do fixismo e do essencialismo, ambos herdados de ideias oriundas de postulações levantadas por Platão, seu mestre (D’Ambrosio *et al.*, 2018). Divergiam, portanto, mestre e aluno, em suas postulações encontradas na “Teoria das Ideias” e na “Teoria das Causas”, respectivamente.

Aristóteles, ao estudar as ideias da natureza, isto é, da substância, atribuiu quatro causas à ela: causa material, causa formal, causa eficiente e causa final, sendo elas entendidas como diferentes formas de responder à pergunta “Por quê?” (Martins, 2013; Carvalho, 2018). Dentre as causas supracitadas, a de maior impacto para o estudo dos seres vivos é a causa final, pois dela advém a reflexão axiomática de que tudo na natureza tem “um fim em si próprio”, e se não o cumpre é vanidade, tergiversão do benefício intrínseco à existência e da completude de sua finalidade em si. Pois o “fim” é a parte positiva do existir, sendo algo interno, isto é, que já reside em potência desde o início, podendo ser cumprido ou não, sendo os seres portadores de imperfeições que os desviam de sua “forma”, do seu *eidos* (Griffiths, 1974; Martins, 2013; Carvalho, 2018).

É possível, portanto, detectar em seu pensamento a alusão à ideia de que a natureza visa uma perfeição manifesta na finalidade (Franklin, 1986; Kutschera, 2011; Martins, 2013). Caracterizando um obstáculo ao aprendizado de evolução que, em conjunto com o essencialismo, atribui à natureza uma percepção de que as espécies são imutáveis (D’Ambrosio *et al.*, 2018).

Segundo Aristóteles, para considerarmos um ser como vivo, é preciso que ele possua uma alma, pois ela é a característica de uma entidade natural discreta que possui vida em potência. De forma que um ser mais simples possuirá uma alma mais simples, já seres mais complexos possuirão uma alma mais complexa (Martins & Martins, 2007; Ariza & Martins, 2010). Tendo como base, portanto, os fundamentos mencionados em conjunto com o princípio da continuidade deixado por seu mestre Platão, o filósofo construiu um sistema de classificação para as entidades naturais, agrupando-as hierarquicamente em diferentes classes (Franklin, 1986; Ariza & Martins, 2010; Carvalho, 2018; D’Ambrosio *et al.*, 2018). Defendendo que a correta classificação

levará à essência do que é classificado, isto é, sua “forma”, seu “*eidos*” (Griffiths, 1974). Ademais, os critérios que ele usou para determiná-las variavam, por exemplo, desde a postura e grau de perfeição da prole após o nascimento, ao grau de vida e motilidade (Ariza & Martins, 2010).

Com isso, a série chegou a ser conhecida como “*scala naturae*”, tendo forte influência para a construção do conhecimento científico na Europa, ao mesclar a lógica criacionista bíblica à concepção aristotélica do mundo natural (Franklin, 1986; Kutschera, 2011). Tal lógica é defendida nos trabalhos de Ramon Llull (1232 – 1315) e Charles Bonnet (1720 – 1793) (Franklin, 1986; Kutschera, 2011). Sendo Llull o autor da famosa “árvore moral”, em que Jesus, o filho encarnado de Deus, encontra-se no topo e envolto pelas palavras “*Gloria*” e “*Penã*”. Em seguida, abaixo de Jesus, existe o resto da criação. Reconhecendo religiosamente o homem como o “*magnum opus*”, ou seja, a primazia, do trabalho divino. Uma concepção que não considera qualquer ideia de mudança significativa no longo prazo, pois parte do reconhecimento das criaturas como “essências imutáveis e perfeitas criadas por Deus” (Kutschera, 2011).

O filósofo grego deixou um legado intelectual inestimável para as Ciências Biológicas, o que inclui a influência de seu aluno Teofrasto (372 – 287 a.C.), ao construir um trabalho intitulado “A história das plantas”, visando classificá-las. Em termos gerais, a botânica esteve ao centro das preocupações classificatórias na Europa até a revolução francesa pelas seguintes razões: necessidade de separar as plantas medicinais das demais, dificuldades em distinguir espécies similares, mas de utilidades distintas, necessidades estéticas e, conseqüentemente, culturais. Os animais que estão em contato direto com o homem, por outro lado, são mais fáceis de distinguir uns dos outros e se encontram em menor número (le Guyader, 2018). Logo, as classificações europeias inicialmente apresentavam cunhos utilitaristas, sem nenhuma preocupação em encontrar a “ordem da natureza”, pois bastava catalogar a criação de forma a facilitar a identificação para os pósteros (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018).

### **A importância crescente das classificações biológicas ao longo da história da Europa**

Os naturalistas europeus lançaram mão de concepções oriundas da filosofia platônica e aristotélica, produzindo diversos trabalhos de cunho descritivo e classificatório sobre animais, plantas e minerais. Os estudiosos foram muito influenciados pelo desejo de conhecer o mundo natural, principalmente no século XV, no contexto das grandes navegações e do Renascimento, em que os barcos vindos de terras desconhecidas traziam exemplares de espécies exóticas do Novo Mundo e do Oriente (Buck & Hull, 1966; Prestes, Oliveira & Jensen, 2009). Neste contexto, todos os critérios possíveis para a época passaram a ser empregados nas descrições dos espécimes, exigindo o uso de sistemas de classificação para lidar com a crescente diversidade catalogada. As classificações foram concebidas inicialmente por meio de duas lógicas principais: uma de origem aristotélica, de caráter divisivo, e outra de caráter aglomerativo (le Cointre & le Guyader, 2001). Entretanto, por conta de suas diferenças, os critérios mais confundiam que organizavam o crescente número de espécimes que chegavam para os estudiosos. Necessitando, portanto, de uma nova lógica capaz de estabelecer um sistema de referência organizado, coerente e coeso entre suas partes componentes (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018).

Já no século XVIII, o sueco Carl von Linné (1707 – 1778), inspirado por e dando prosseguimento à lógica hierarquizante de Joseph Pitton Tournefort (1656 – 1708), criou uma obra de suma importância para a ciência, cujo título é “*Systema Naturae*”, em que o naturalista decide não somente organizar a “criação”, mas permitir uma unificação no que tange ao reconhecimento e nomeação dos minerais e dos seres vivos que por Deus foram criados (Buck & Hull, 1966; Prestes *et al.*, 2009). Adotando, assim, um sistema de referência único para estudos naturalistas (Buck & Hull, 1966; Prestes *et al.*, 2009). As descrições deveriam ser telegráficas, permitindo a objetiva e rápida identificação das espécies, sendo as tarefas do naturalista: classificar, descrever e nomear, dentro do escopo de um sistema tripartite e coerente como um todo (Buck & Hull, 1966; Prestes *et al.*, 2009).

Dentro do contexto histórico de Lineu, muitos naturalistas passaram a refletir sobre classificações que levassem em conta a chamada “ordem da natureza” e construir uma “classificação natural” dos seres vivos (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018; Losos, 2014). Dentre eles, um destaque deve ser dado a Bernard de Jussieu (1699 – 1776) e seu sobrinho Antoine-Laurent de Jussieu (1748 – 1836). Bernard de Jussieu, ao ser nomeado em 1759 pelo então rei Luis XV para cuidar do jardim real chamado de “*Jardin du Trianon*”, foi encarregado de fazê-lo da forma “mais natural possível”. Bernard de Jussieu, inspirado por uma observação realizada em 1751 pelo próprio Lineu de que “as plantas mostram entre elas uma afinidade semelhante à dos territórios de um mapa geográfico”, elabora um mapa do jardim conhecido como “*Système du Trianon*” (le Guyader, 2018). Seu sobrinho publicará em 1789 sua ideia na introdução de sua obra “*Genera plantarum*”. Nela, cada espécie é alocada lado a lado de seus semelhantes, representados por peças de um mapa. Unindo as peças menores em peças maiores, forma-se um bosque, que representará o gênero e a

lógica se repete para cada nível hierárquico (le Guyader, 2018). O agrupamento é baseado não na semelhança global dos organismos, mas em caracteres precisos que sejam únicos para cada grupo e que se mantenham constantes. Caracteres constantes eram considerados taxonomicamente mais importantes do que um conjunto de caracteres que variassem muito dentro do grupo (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018). Dessa forma, os Jussieu defendem uma relação de subordinação entre os caracteres estabelecidos, argumentando em prol da noção da importância de se levar em conta o “plano de organização” que dele é oriundo como chave para a construção de uma boa classificação (le Guyader, 2018).

### **As consequências do contexto histórico da revolução francesa para a Sistemática e para a Taxonomia**

Inspirados pela contribuição dos Jussieu, durante o período revolucionário, Jean-Baptiste de Lamarck (1744 – 1829) e Geoffroy Saint-Hilaire (1772 – 1844), definem os “planos de organização” de diversos grupos animais aplicando as técnicas dos Jussieu (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018). Neste mesmo contexto, foi percebido que animais dentro de uma mesma categoria lineana apresentavam modificações estruturais oriundas de um mesmo “molde” de organização corpórea. Uma das grandes mentes por trás desta noção na época foi Georges Cuvier (1769 – 1832), que uniu o que seria futuramente reconhecido como “conceito topográfico de homologia” – estabelecido posteriormente por Richard Owen (1804 – 1892) (Nixon & Carpenter, 2012) – ao “conceito de plano de organização”, e cunhou uma nova classificação do reino animal (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018). Além disso, Cuvier contribuiu para diversas áreas, da paleontologia à anatomia comparada de animais, sendo um dos primeiros a argumentar em defesa da noção de que espécies se extinguem localmente em virtude de catástrofes naturais, ou seja, advogava em prol do catastrofismo, o que invariavelmente colocou à prova o entendimento de que tudo aquilo que é criado é perfeito, de que a vida na Terra se mantém constante ao longo do tempo (Cuvier, 2003; Grimoult, 2019). Porém, apesar de suas constatações, Cuvier continuava a manter um entendimento criacionista e essencialista sobre a natureza (le Cointre & le Guyader, 2001; Grimoult, 2019).

Cuvier, com base em seus estudos e na integração do conhecimento gerado pelos naturalistas contemporâneos e pretéritos – principalmente graças aos novos conceitos de plano de organização e homologia supracitados –, deflagra uma nova classificação dos animais, contendo os seguintes grupos: Radiata, Articulata, Mollusca e Vertebrata (Audouin *et al.*, 1836; le Cointre & le Guyader, 2001; Cuvier, 2003; le Guyader, 2018). Sendo considerado por estes feitos como um dos bastiões da anatomia comparada. Sua classificação ganhou mais força e notoriedade graças aos trabalhos de Karl Ernst von Baer (1792 – 1876), onde os quatro grandes padrões de desenvolvimento embrionário detectados pelo autor eram reproduzidos pelos grupos já erguidos, ou seja, o desenvolvimento embrionário típico dos “Radiata” era distinto dos “Mollusca” e assim por diante (le Cointre & le Guyader, 2001; le Guyader, 2018).

Jean Baptiste de Lamarck (1744 – 1829) contrastou a então vigente concepção de uma natureza estática e em equilíbrio, com uma nova visão por ele proposta: uma natureza de origens únicas e independentes decorrentes da criação divina, cuja mudança é reconhecida como condição intrínseca do mundo natural (Kutschera, 2011; le Guyader, 2018; Cardoso, Forato & Rodrigues, 2019; Grimoult, 2019). Assim, argumenta a favor do entendimento de que existem múltiplas e espontâneas origens da vida a partir da não vida, que se diversificam e aumentam em complexidade ao longo do tempo frente às novas imposições ambientais que tendem a aparecer (Kutschera, 2011; Cardoso *et al.*, 2019).

Quando comparado aos seus predecessores, o trabalho de Lamarck irrompe o entendimento estático e fixista da organização do mundo, levantando uma nova percepção. Uma percepção, por sua vez, de caráter transformista e hierárquica, partindo do reconhecimento de distintos níveis de complexidade, conectando os seres vivos dos mais simples aos mais complexos, e destacando que podem se diversificar conforme o ambiente muda ao longo do tempo. Contudo, seguiu defendendo que Deus é a força criadora e que as espécies diversificam-se-iam posteriormente sem sua intervenção (Kutschera, 2011). Portanto, não abandona por completo as ideias que a ele o precederam, até mesmo nas considerações sobre a noção de variação. Lamarck ainda encontra refúgio filosófico para seus estudos na ideia de “tipo absoluto”, ou seja, considerava a variação como uma desordem digna de negligência. Dando maior importância às forças externas que fazem com que o ser vivo mude ativamente para com elas lidar da melhor forma possível, ou seja, a fim de deixar para a prole as novidades mais benéficas possíveis adquiridas ao longo de sua vida. Uma constatação direcional e teleológica, que apesar de futuramente ser refutada, faz-se presente persistentemente nas concepções de muitos alunos acerca da evolução das espécies (Martins, 2015; Cardoso *et al.*, 2019).

É perceptível que à medida em que novas informações surgiram, ideias antigas passaram a ser questionadas, principalmente no que se refere ao reconhecimento da existência de “elementos estáticos na natureza”. Com isso, os trabalhos de Lamarck foram cruciais para romper com o entendimento fixista de mundo, pois neles o naturalista estabelece duas constatações que tratam sobre a mudança biológica ao longo

do tempo sofrida pelas espécies: a herança dos caracteres adquiridos ao longo da vida e o efeito do uso e do desuso de estruturas corporais (Martins, 2015).

É importante destacar que ele não foi o primeiro a propor tal entendimento, pois já nos séculos XVII e XVIII são detectadas alusões à herança ou transmissão de mutilações adquiridas pelos pais ao longo da vida nos trabalhos de outros pesquisadores como: Pierre Gassendi (1592-1655), Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), Georges Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), e Erasmus Darwin (1731-1802), por exemplo (Martins, 2015; Cardoso *et al.*, 2019). Deixando claro, portanto, uma importante transição de concepções sobre o mundo natural, e a ampla aceitação de que seria possível haver – sob certas situações em específico discutidas por Lamarck em suas obras – transmissão de características adquiridas ao longo da vida dos pais para a prole (Martins, 2015; Cardoso *et al.*, 2019).

Assim, é necessário desconstruir com os alunos entendimentos simplistas e anacrônicos de que tais ideias são associadas exclusivamente a Lamarck. Ou seja, desentronizá-las no que se refere ao tratamento didático do escopo do “Lamarckismo”, o que se torna evidentemente importante no momento no qual muitos livros didáticos associam que ele foi o responsável por postular que qualquer característica adquirida, independentemente da situação, pudesse ser transmitida para a prole (Martins, 2015; Cardoso *et al.*, 2019). Além disso, o próprio Charles Darwin (1809-1882) acreditava neste cenário, advogando em prol de uma hipótese intitulada “pangênese”, em que características adquiridas ao longo da vida ficariam armazenadas em gêmulas até chegarem aos órgãos sexuais, e durante a reprodução seriam transmitidas para os descendentes (Martins, 2010; Martins, 2015; Cardoso *et al.*, 2019). Entretanto, ainda neste contexto histórico, o entendimento de que exista transferência de “n” características adquiridas ao longo da vida dos pais para a prole foi colocado em xeque, mas não refutada por completo, por meio de experimentos realizados por August Weismann (1834-1914), em que o autor estabelece a diferença entre tecidos somáticos e germinativos (Martins, 2010).

### **A revolução de Darwin e Wallace**

O entendimento de que espécies mudam ao longo do tempo ganha uma nova perspectiva em 1855, quando Alfred Russel Wallace (1823-1913) publica um trabalho intitulado “On the law which has regulated the introduction of new species”, apresentando um conceito de “árvore da vida” que representa o padrão de diversificação das espécies ao longo do tempo, um contraponto às concepções anteriores que versavam sobre linearidade, progresso e causas finais (Wallace, 1855; Carmo, Bizzo & Martins, 2009; Kutschera, 2011). Apesar de sua importância, comumente o crédito é dado exclusivamente a Charles Darwin, autor de “A origem das espécies”, obra publicada somente em 1859, poucos anos após Wallace (Darwin, 1871). Embora Darwin tenha escrito esboços em 1835 de “árvores evolutivas” em seu caderno, não foi o primeiro e nem o único a pensar assim (Carmo *et al.*, 2009; Ragan, 2009; Kutschera, 2011).

Portanto, é importante destacar que ambos chegaram a conclusões similares, comunicaram-se e publicaram suas ideias para a comunidade científica praticamente ao mesmo tempo, o que é uma constatação interessante pois permite destacar para os alunos a importância do caráter argumentativo e colaborativo da construção do conhecimento científico (Carmo *et al.*, 2009). Além disso, é interessante comentar sobre os trabalhos de outras áreas do conhecimento humano que influenciaram Darwin e Wallace, como os de Thomas Robert Malthus (1766-1834) sobre o comportamento de populações e Charles Lyell (1797-1875) sobre a dinâmica geológica e a idade do planeta Terra (Herbert, 1971). A contribuição destes trabalhos para a construção do pensamento evolutivo destaca a importância de se levar em conta a interdisciplinaridade para entender a evolução de maneira adequada.

Segundo Charles Darwin, a descendência com modificação, componente principal de sua definição do conceito de evolução, opõe-se ao dogma religioso de criações independentes e imutáveis (Sepúlveda & El-Hani, 2008; Carmo *et al.*, 2009). Resultando, assim, no seu “único e longo argumento”, um silogismo composto pelas seguintes premissas: i) a constatação da existência de forças evolutivas que medeiam a mudança biológica ao longo do tempo, intituladas seleção natural e seleção sexual, ii) a ocorrência de mudanças graduais nas linhagens de seres vivos, e iii) a ancestralidade comum compartilhada por todos os seres vivos do planeta (Kutschera, 2011). Partindo delas, postulou-se que os indivíduos de uma dada espécie variavam em seus atributos e, no momento em que certas variações herdáveis conferissem aptidão diferenciada, os portadores de tais variações deixariam mais descendentes que os demais. Assim, definindo o pano de fundo da atuação da seleção natural, a qual condiciona a existência de adaptações (Sepúlveda & El-Hani, 2008).

O isolamento reprodutivo entre os indivíduos de distintas populações, em conjunto com o aparecimento de “novidades evolutivas” – como fruto de mutações – podem caracterizar novas linhagens

com novas características a partir de uma linhagem ancestral comum pré-existente (Darwin, 1871). Segundo os naturalistas, tal situação ocorreria por meio de mudanças lentas e graduais, que se acumulam ao longo do tempo e se acentuam conforme o isolamento reprodutivo entre as populações se concretiza (Darwin, 1871). Assim, a consequência é o aparecimento de um padrão genealógico que lembra o formato dos ramos de uma árvore, cuja raiz é comum a todos eles. Ou seja, segundo o pensamento de Darwin, todas as linhagens são aparentadas e descendem de uma mesma linhagem ancestral (Sepúlveda & El-Hani, 2008; Carmo *et al.*, 2009; Ragan, 2009; Kutschera, 2011). Tal mudança de paradigma influenciou a construção de novos sistemas de classificação dos seres vivos, visando agrupá-los de maneira a refletir suas relações de parentesco filogenético (Kutschera, 2011; Diniz-Filho, Loyola, Raia, Mooers & Bini, 2013).

Um bom exemplo das consequências das ideias propostas por Darwin e Wallace para a história da Sistemática, e dos sistemas de classificação dos seres vivos desenvolvidos pelos cientistas ocidentais, foi o trabalho pioneiro de Ernst Haeckel (1834-1919). Haeckel, apesar de não concordar em absoluto com as ideias deles, também advogou pelo padrão genealógico de relacionamento entre os seres vivos, indo além da dicotomia presente no reconhecimento de que seres vivos seriam ou animais ou plantas (Haeckel, 1866; Woese, Kandler & Wheelis, 1990; Ragan, 2009). Darwin, entretanto, ao constatar o caráter fragmentado e esparso do registro fóssil do planeta, apontou que o levantamento de uma “árvore da vida completa” seria impossibilitado pela falta de linhagens que seriam importantes para o seu estabelecimento (Ragan, 2009). Assim, Ernst Haeckel, embasado pela lei biogenética, a qual apontava que as mudanças na ontogenia refletiam a história evolutiva, ou seja, a filogenia, elaborou em 1866 a árvore dos três grandes reinos: *Plantae*, *Animalia* e *Protista* (Haeckel, 1866; Ragan, 2009).

### A “síntese evolutiva”

Segundo Losos *et al.* (2013), para fins de simplificação, a síntese evolutiva ocorreu em três fases: i) incorporação do mendelismo ao darwinismo (1918-1940), ii) inclusão da genética populacional aos demais elementos de outras disciplinas que fazem parte da teoria evolutiva (1940-1970) e iii) incorporação dos elementos oriundos da biologia molecular, evolução molecular e estudos mais profundos sobre extinções em massa (1970-1990). A primeira fase é marcada pelos trabalhos dos geneticistas Ronald A. Fisher (1890-1962), Sewall Wright (1889-1988), e John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964). Responsáveis pelo desenvolvimento de métodos capazes de operacionalizar a unificação dos paradigmas mendelianos aos darwinistas, aplicando formulações matemáticas para explicar o comportamento da mudança nas frequências alélicas ao longo das gerações (Fisher, 1930; Wright, 1931; Fisher, 1936). Bem como a noção da existência da deriva genética introduzida pelos trabalhos de Wright. A segunda fase é marcada pelo trabalho do taxônomo Sergei Chetverikov (1880-1959), o qual aplica os princípios da genética de populações aos seus estudos taxonômicos de borboletas (Chetverikov, Barker & Lemer, 1961). Seus estudos foram possibilitados pela contribuição intelectual direta do pesquisador Thomas Hunt Morgan (1866-1945), famoso pelos experimentos com as moscas do gênero *Drosophila* (Morgan, 1910). Chetverikov conclui em seus experimentos que a variação presente nas populações naturais é muito maior do que se esperava. Ainda no mesmo contexto histórico, muito influenciado pelos achados de Chetverikov, Theodosius Dobzhansky (1900-1975), pesquisador que traduz a perspectiva russa para o ocidente, demonstrou a magnitude da interferência da seleção em populações na natureza, e sua importância para manutenção da diversidade genética populacional (Dobzhansky & Gould, 1982).

Por fim, a terceira fase é marcada pela contribuição de Ernst Mayr (1904-2005), pai do conceito biológico de espécie, George Gaylord Simpson (1902-1984) e Norman D. Newell (1909-2005), defensores da visão gradualista, e dos pesquisadores Stephen Jay Gould (1941-2002), Thomas J. Schopf (1939-1984) e Niles Eldredge, defensores de uma visão alternativa ao gradualismo, chamada de equilíbrio pontuado, ou pontualismo (Eldredge & Gould, 1972). Eldredge, Schopf e Gould almejavam explicar a macroevolução à luz da interpretação do registro fóssil. Neste mesmo contexto, também surge uma série de descobertas dentro da área da biologia molecular, levantando achados que abordavam explicações ditas como “neutras” nas populações (Kimura, 1968; King & Jukes, 1969; Losos, 2014). Tais explicações substanciaram o entendimento da evolução neutra, expostos por Kimura (1968), e por King (1969). Um marco da era da “molecularização” das explicações biológicas.

No contexto da segunda fase da síntese evolutiva, o pesquisador alemão Willi Hennig (1913-1976), publica em 1950 uma obra que aplica uma nova forma de perceber o processo de individuação das entidades, denotando a elas unidades de percepção baseadas na noção de temporalidade mínima, ou seja, reconhecendo a sua extensão no tempo (Hennig, 1966; Griffiths, 1974; Losos, 2014). Incorporando, portanto, a dimensão evolutiva à Sistemática e reconhecendo as entidades individuais como “semaforontes”, isto é, que estas são unidades portadoras de caracteres, separadas do todo em um intervalo de tempo mínimo de sua existência (Batista & Christoffersen, 2020). Dessa forma, Hennig trabalha os objetos não como entidades

ideais, isto é, como abstrações, mas sim como entidades evolutivas, portanto, reais. Já que em sua concepção a realidade se caracteriza não por apresentar somente “espacialidade”, mas por apresentar também “temporalidade” (Hennig, 1966; Griffiths, 1974; Losos, 2014).

Reconfigura-se, por conseguinte, os princípios ontológicos de classificação pretéritos, baseados em tipologias concebidas no cerne do programa adaptacionista, para uma nova perspectiva ontológica de caráter hipotético-dedutivo, logo, científica, buscando analisar a similaridade por meio de um método holomorfológico comparativo, ou seja, baseado em uma ontologia de eventos (Hennig, 1966; Griffiths, 1974; Amorim, 2001; Batista & Christoffersen, 2020). Assim, é calcada a escola de pensamento cladista, com reflexões e postulações opostas ao gradismo e ao fenetismo.

## **A IMPORTÂNCIA DA EVOLUÇÃO PARA O ENSINO DE SISTEMÁTICA E TAXONOMIA**

Tendo em vista as dificuldades relacionadas ao entendimento da Teoria Evolutiva, o aprendizado da Sistemática e da Taxonomia também se compromete, pois a evolução é o seu eixo principal (Griffiths, 1974; Amorim, 2001). Assim, Griffiths (1974) levanta importantes reflexões que se aplicam ao desenvolvimento da melhor forma de trabalhar o escopo de uma ciência, que é simplesmente olhar para as perguntas que ela faz e, logicamente, visar respondê-las. Dessa forma, o autor demonstra que as perguntas realizadas pela Sistemática são de cunho ontológico e não epistêmico, pois almejam representar a ordem do mundo real e cujas respostas são obtidas por meio de um método hipotético-dedutivo de pesquisa, indo muito além da concepção ingênua de ser o ponto de partida de outras ciências ou apenas uma tentativa de sistematizar conhecimentos já obtidos pela humanidade acerca do mundo biológico (Griffiths, 1974; Amorim, 2001).

Logo, a tentativa de sistematização das entidades biológicas, denominadas objetos por Griffiths (1974), é ontologicamente subjetiva e epistemologicamente concebida com critérios objetivos (Raposo *et al.*, 2021). Visto que, conforme os pensadores cladistas explicitaram, existe ordem no mundo biológico, ou seja, ele se constitui de entidades reais, históricas e que apresentam relações de parentesco, isto é, possuem “temporalidade” (Hennig, 1966; Griffiths, 1974). Isto representou uma mudança profunda de paradigmas, antes enraizados em uma visão ‘Aristotélica/positivista’ para uma nova perspectiva ‘Platônica/racionalista’ da prática científica, sendo a última muito influenciada pelas ideias de Karl Popper (1902 - 1994) (Raposo *et al.*, 2021). Destaca-se, neste contexto, a importância histórica do trabalho de Haeckel, pois calcou-se, mesmo que não inteiramente, em premissas evolutivas que concebem a variação como potência e não como desvio da essência, ou do “*eidos*”, ao contrário dos critérios presentes nos sistemas de classificação propostos por Aristóteles e por Carl von Linné, conforme discutido anteriormente (Buck & Hull, 1966; Griffiths, 1974; Amorim, 2001; Prestes *et al.*, 2009). Assim, a Sistemática Filogenética se mostra como uma importante ciência, cuja importância é acentuada em virtude da necessidade de construção do chamado “pensamento filogenético” junto aos alunos da educação básica, para promover a aquisição de importantes conceitos sobre a biodiversidade (Santos & Calor, 2007).

### **Estimulando o pensamento filogenético**

Para promover o pensamento filogenético, faz-se necessário, portanto, que o sistema lineano de classificação seja dividido em duas partes independentes ao ser abordado em aula no ensino básico: um sistema de táxons e um sistema de categorias, justapostos de forma que para cada táxon exista uma categoria correspondente (Buck & Hull, 1966; Amorim, 2001). O sistema lineano de táxons faz referência aos critérios fixistas e essencialistas que fundamentaram o estabelecimento de entidades biológicas discretas com base na similaridade compartilhada entre os seus componentes (Buck & Hull, 1966; Amorim, 2001). A estes táxons são atribuídos nomes seguindo as normas de nomenclatura por ele estabelecidas, intentado universalizar um sistema de referência sobre a classificação dos seres vivos (Buck & Hull, 1966; Amorim, 2001). Já o sistema lineano de categorias corresponde a “degraus” de inclusão em um sistema com crescentes níveis de abrangência (Buck & Hull, 1966; Amorim, 2001). Assim, deixa-se claro que os princípios nomenclaturais são utilizados até hoje, mas a fundamentação filosófica do processo de sistematização mudou conforme o evolucionismo darwinista desconstrói os fundamentos que embasaram a proposta de Carl Von Linné (Raposo *et al.*, 2021). Portanto, a compreensão da estrutura conceitual da sistemática filogenética fica comprometida caso os alunos não tenham compreendido de forma clara a diferença entre: Táxon, Categoria Taxonômica e Nomenclatura Lineana. Visto que a lógica utilizada para o estabelecimento de um táxon vai mudar conforme a teoria evolutiva toma força na Europa, mas o uso de categorias taxonômicas e as regras nomenclaturais estabelecidas por Lineu permanecem em voga até a atualidade.

Para além da Classificação Lineana, nem todas as escolas posteriores e concomitantes a revolução promovida pelos trabalhos de Darwin, Wallace e pela “Síntese Evolutiva” levaram em consideração a

ontologia evolucionista em seu escopo. Dentre elas podemos destacar o gradismo e fenetismo (Amorim, 2001; Araújo, 2006). O fenetismo, que resgata as ideias de Michel Adanson (1727-1806), ganha espaço significativo na década de 1950, no contexto de amplo desenvolvimento da computação, visando construir um sistema de classificação baseado na similaridade geral dos seres vivos, mas sem incorporar na análise as relações de parentesco, levando-o a ser caracterizado como um sistema de classificação de cunho estatístico (Jensen, 2009). Já o gradismo se encontra no cerne da “Nova Síntese”, também conhecida como “Síntese Evolutiva”, tendo como marco a obra de Ernst Mayr (1904-2005) intitulada “Methods and principles of Systematic zoology” publicada em 1953, representando a formalização do “programa adaptacionista”, o qual demarca os táxons com base no entendimento de que estes confluem em diferentes graus de adaptação, por isso o nome “gradismo”, no princípio da autoridade e em tipologias (Mayr, 1953; Batista & Christoffersen, 2020).

### **Os principais obstáculos epistemológicos que se fortalecem a partir da “Síntese Evolutiva”**

Trabalhar o ensino de Evolução é, portanto, uma tarefa repleta de desafios tal qual é ensinar Sistemática nas escolas (Santos & Calor, 2007; Bizzo & El-Hani, 2009; Santos & Klassa, 2012; Bizzo, 2013; dos Santos & El-Hani, 2013; D’Ambrosio *et al.*, 2018; Araújo, 2019). Visto que ambos os assuntos se encontram intimamente relacionados (Hennig, 1966; Griffiths, 1974; Amorim, 2001; Santos & Calor, 2007). Apesar da nomenclatura binomial lineana persistir até os tempos atuais, os escopos dos distintos sistemas de classificação que foram desenvolvidos pela humanidade mudaram seus paradigmas ao longo da história. A evolução é entendida como o paradigma unificador das Ciências Biológicas, e dentre elas se encontra a Sistemática, que atualmente intenta remontar a história evolutiva das linhagens de seres vivos, isto é, organizar com base na ordem decorrente da filogenia, das relações de ancestralidade (Woese *et al.*, 1990; Amorim, 2001).

No entanto, Araujo (2019) levanta uma indagação sobre o ensino nas escolas e universidades: a evolução é realmente tratada como o seu paradigma central e unificador? Na verdade, o autor advoga que o ensino não é pautado na evolução biológica em si, no seu macroescopo, mas em um reducionismo focado em particularidades da Síntese Evolutiva. Além de nem sempre refletir sequer a noção de uma ontologia de eventos, que é fundamental para o reconhecimento da temporalidade (Batista & Christoffersen, 2020). Culminando na manutenção de uma abordagem didática de caráter descontextualizado historicamente e filosoficamente, com os conhecimentos esparsos e fragmentados, ou seja, um ensino de caráter enfadonho e tecnicista (Krasilchik, 2004; Bizzo & El-Hani, 2009).

As consequências de um ensino “tipológico”, ou seja, tendo a Síntese Evolutiva como centro, segundo Araujo (2019), tem os seguintes obstáculos epistemológicos: i) o genocentrismo, ii) o adaptacionismo, e iii) o pensamento teleológico, este último herdado da Teoria das Causas proposta por Aristóteles, conforme já mencionado. O genocentrismo decorre de uma perspectiva natural limitada, abordando a evolução de forma restrita à genética populacional, muitas vezes tendo a genética como pré-requisito curricular para tratar a evolução, supervalorizando o papel dos genes e da biologia molecular (Bizzo & El-Hani, 2009; Meghioratti, El-Hani & Caldeira, 2012; Meghioratti, Justina, de Andrade & Caldeira, 2017). Já o adaptacionismo decorre da concepção de que a seleção natural é a explicação padrão para a evolução, ocultando os fenômenos exaptativos, migrações e a deriva em si (Sepúlveda & El-Hani, 2008). Por fim, o pensamento teleológico o qual incorre em uma noção de finalidade intrínseca aos sistemas naturais e suas estruturas, impedindo que os alunos percebam a diferença entre as causas próximas, referentes à pergunta “Como?”, e as causas últimas, referentes à pergunta “Por quê?”. Ambas englobando a relação entre estrutura e função, porém a primeira em uma perspectiva puramente estrutural e a última em uma perspectiva histórica-evolutiva (D’Ambrosio *et al.*, 2018; Araújo, 2019).

### **O literalismo religioso e propostas curriculares totalitárias como obstáculos ao entendimento da evolução: uma discussão para além dos vícios da “Síntese Evolutiva”**

Apesar de seu sucesso científico, a teoria evolutiva ainda é recusada por boa parte da sociedade, de maneira que muitos por fé escolhem manter um entendimento criacionista sobre a natureza. Aceitando, portanto, que as linhagens de seres vivos não mudam ao longo do tempo e que muito menos compartilham ancestrais em comum. O problema se faz presente não na discordância, mas no momento em que estas pessoas constroem a sua recusa à Teoria Evolutiva sem entendê-la corretamente (Bizzo, 2013). O principal impasse ao entendimento adequado da evolução neste sentido é o literalismo religioso. O literalismo consiste na leitura literal e na aplicação fundamentalista dos textos sagrados na vida de muitas pessoas, levando-as a interpretar palavra por palavra do que está escrito, ignorando o pano de fundo histórico e linguístico, os contextos sociais e as simbologias presentes nos textos. Com isso, promove-se uma concepção inadequada do próprio conhecimento religioso, ou seja, formula-se uma interpretação pessoal muitas vezes distante da ideia que o próprio texto se propõe a passar (Bizzo, 2013). Em se tratando do Brasil, um país de maioria

cristã, é comum a percepção de que parte dos fiéis retém tal prática hermenêutica literalista. Neste sentido, Bizzo (2013) adverte que:

*“[...] A própria necessidade de encontros e formação de colegiados, desde o Concílio de Jerusalém (séc. I, relatado no Novo Testamento), e o de Niceia (325 d.C.), que contribuíram para novos entendimentos do texto bíblico, revela a improcedência da crença de que ele possa ser lido palavra por palavra em sua forma original, sem nenhuma interpretação, sem a necessidade de algum direcionamento da leitura ou pensamento. Além dessa dedução, há que se lembrar que a Bíblia é uma coleção de textos, escolhidos em detrimento de outros, em certas ocasiões. A divisão em diversas denominações religiosas cristãs distintas espelha, em alguns casos, discordância em relação às versões desses livros acolhidas para compor o credo religioso. [...]. Assim é possível concluir que as doutrinas cristãs da atualidade, nas tradições apostólica romana, ortodoxa, luterana, anglicana e presbiteriana, estão ligadas a um trabalho teológico dos Santos Padres, que estabeleceu linhas divisórias entre a doutrina a ser aceita e as consideradas heréticas, estabelecendo regras hermenêuticas para leitura dos textos sagrados. Isso, em si, traz problemas incontornáveis para quem pretende realizar leitura direta das Escrituras, palavra por palavra[...] (Bizzo, 2013, p. 304-317)”*

Tal impasse reflete em polêmicas curriculares relacionadas ao tratamento da evolução em sala de aula, no momento em que muitos responsáveis rejeitam o ensino de evolução e exigem mudanças pedagógicas que condicionem o ensino às crenças pessoais de determinados grupos crentes no criacionismo, mesmo com os Parâmetros Curriculares Nacionais e a própria Base Nacional Curricular Comum indicando a evolução como um importante eixo do ensino de Ciências e Biologia, (dos Santos & El-Hani, 2013). Com isso, entende-se que o literalismo religioso se configura como um fator de peso para a recusa de muitos ao entendimento da evolução. Contribuindo, por consequência, com a manutenção da compreensão descritivo-classificatória da biodiversidade, impedindo o desenvolver do pensamento filogenético dos alunos.

Contudo, o literalismo religioso também é reforçado por parte do posicionamento anti-ético que certos professores podem tomar ao lançar mão de uma práxis pedagógica excludente, visto que muitos alunos ocasionalmente se sentem desconfortáveis com o posicionamento cientificista e academicista que dela pode decorrer (dos Santos & El-Hani, 2013). Dessa forma, por conta de um ensino cientificista, o aprendizado da Sistemática Filogenética se compromete, levando os alunos a entenderem erroneamente o seu escopo e importância, pois a evolução é o seu eixo de sustentação principal (Griffiths, 1974; Araújo, 2006; dos Santos & El-Hani, 2013; Losos, 2014; Araújo, 2019). Assim, os alunos acabam encontrando conforto em explicações literalistas. Este problema pode ser contornado com uma práxis pedagógica de cunho “naturalista pragmático” sobre a ciência, conforme argumentam Dos Santos e El-Hani (2013).

*“Entre as críticas ao naturalismo científico que nos permitem identificar problemas e desafios a ele, podemos considerar, primeiro, que a doutrina metodológica do naturalismo científico se aproxima, ao menos em sua versão ortodoxa, de um cientificismo, ou seja, nutre uma epistemologia centralizadora e absolutista que simplesmente exclui qualquer outra forma de conhecimento. O contexto multicultural do mundo contemporâneo traz, em termos sociopolíticos, grandes desafios a qualquer postura totalitária no pensamento humano, não importando se estamos falando de fundamentalismos religiosos ou cientificismos radicais [...]. (Dos Santos & El-Hani, 2013, p. 233)”*

Os autores seguem argumentando favoravelmente à adoção de uma postura ética em sala de aula. Responsabilizando ambas as partes em respeito à tolerância frente à diversidade de concepções metafísicas que podem existir na sociedade:

*“Consequentemente, defendemos que o problema central no conflito entre visões religiosas e científicas não está necessariamente em acreditar em determinadas doutrinas filosóficas ou teológicas. Quando se permite que as crenças religiosas pertençam ao fórum íntimo, adaptações e interpretações privadas, mais abertas e contextualizadas em relação à experiência de cada indivíduo, se tornam possíveis. A partir de nossa interpretação desta tensão, podemos afirmar que o ponto mais delicado e controverso entre posturas religiosas e a confiança em asserções científicas está localizado no contato entre visões totalitárias que buscam descrever e explicar o mundo. O conflito emerge, de fato, quando cientistas e/ou religiosos*

*afirmam ter a última palavra e ser a única autoridade efetiva para tratar da totalidade, ou da Natureza. Uma posição cientificista dogmática nos levaria, potencialmente, ao mesmo tipo de problema no ensino de ciências decorrente de uma posição religiosa fundamentalista e literalista. Ambas as posições estão cativadas por doutrinas e convicções que não estão sujeitas a revisão. [...] (Dos Santos & El-Hani, 2013, p. 246)”*

Por fim, sugerem que os professores adotem um entendimento naturalista pragmático, baseado em um monismo reduzido ao método, para abordar o tema em sala de aula. Descartando, por consequência, a obrigatoriedade de se rejeitar outras concepções metafísicas em detrimento do aceite à ontologia materialista de Darwin para entendê-la. Isto é, é preciso deixar claro que o aluno pode estudar e entender evolução sem rejeitar os seus valores religiosos, fazendo-o perceber que ambas as ontologias estão em pé de igualdade metafísica, apresentando limitações e potencialidades filosóficas próprias que as levam a compreender a realidade de formas distintas. Em suma: aceitar a existência de domínios divinos ou transcendentais não significa rejeitar a evolução e muito menos invalidá-la. Visto que a teoria evolutiva se limita a explicar o mundo partindo de uma lógica científica – portanto, investigativa – e naturalista –, limitada ao que faz parte da esfera de existência natural sem inserir em suas explicações argumentos baseados em evidências que tangem ao que vai além do natural, ou seja, o sobrenatural. Dos Santos e El-Hani (2013) embasam tal entendimento ao citar o trabalho de Kurtz (1990):

*“O Naturalismo Pragmático busca relacionar conhecimento aos propósitos e interesses humanos dentro de um contexto de investigação; ele também procura avaliar as exigências do conhecimento pelos seus efeitos observáveis na prática. O panorama naturalista é cético quanto à postulação de domínios transcendentais além da Natureza, ou à defesa de que a Natureza pode ser entendida sem o uso de métodos da razão e da evidência. (Kurtz, 1990, p. 7)”*

Apesar dos esforços supracitados, o problema decorrente de uma abordagem totalitária e centralizadora aumentou no Brasil dentro dos últimos anos (Guilherme & Picoli, 2018; Capaverde, Lessa & Lopes, 2019; Costa & Silva, 2019). O aumento se deu graças ao ganho de espaço e de poder político relacionado à propostas oriundas de forças ultraconservadoras, negacionistas e extremistas. Seu principal objetivo é a imposição de uma “velha nova forma de ensinar”. Assim, conseguiram restabelecer uma lógica de planejamento curricular, de caráter fortemente neoliberal, culminando na imposição da atual Base Nacional Curricular Comum e do novo ensino médio (Franco & Munford, 2018).

Esta “velha nova forma de ensinar” é aqui referida como “nova”, somente por se apresentar com uma outra roupagem. Contudo, nada tem de nova, pois retém a mesma essência da educação neoliberal presente nos ditos “anos de chumbo” da Ditadura Militar no Brasil. Assim, apresenta como pressupostos: a noção de neutralidade do professor e da ciência frente a assuntos polêmicos, a relativização e/ou negação de fatos científicos e a imposição de um ensino propedêutico, memorizativo e fragmentado (Macedo, 2017; Franco & Munford, 2018). Um grande exemplo que ilustra a gravidade do que estamos enfrentando no cenário nacional, foi o surgimento do movimento “Escola Sem Partido”, fortemente impulsionado por grupos religiosos (Capaverde *et al.*, 2019). O projeto cresceu visando a submissão da educação do país à uma agenda conservadora, a qual é justificada, segundo os seus defensores, pela necessidade de se combater a “imposição” de uma “lógica progressista de ensino” que “desqualifica” os valores das crenças religiosas presentes na sociedade brasileira (Macedo, 2017). Tal situação claramente atinge o ensino de evolução, tendo em vista as tensões supracitadas, podendo acarretar na censura e relativização de fatos científicos. Com isso, para cumprir uma prática ética e crítica de abordagem de distintos temas considerados como “ásperos” em sala de aula, é necessário defender a concepção de escola como uma instituição democrática de ensino, pesquisa e extensão. Esta concepção parte da consciência de que é preciso lutar pela implementação de um currículo atualizado, que vise desenvolver a criticidade para além de competências e habilidades meramente instrumentais.

## **OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS RELACIONADOS AO APRENDIZADO DE EVOLUÇÃO ALIMENTAM O IMPEDIMENTO TAXONÔMICO E MINAM A BUSCA DE SOLUÇÕES PARA O SEU ENFRENTAMENTO**

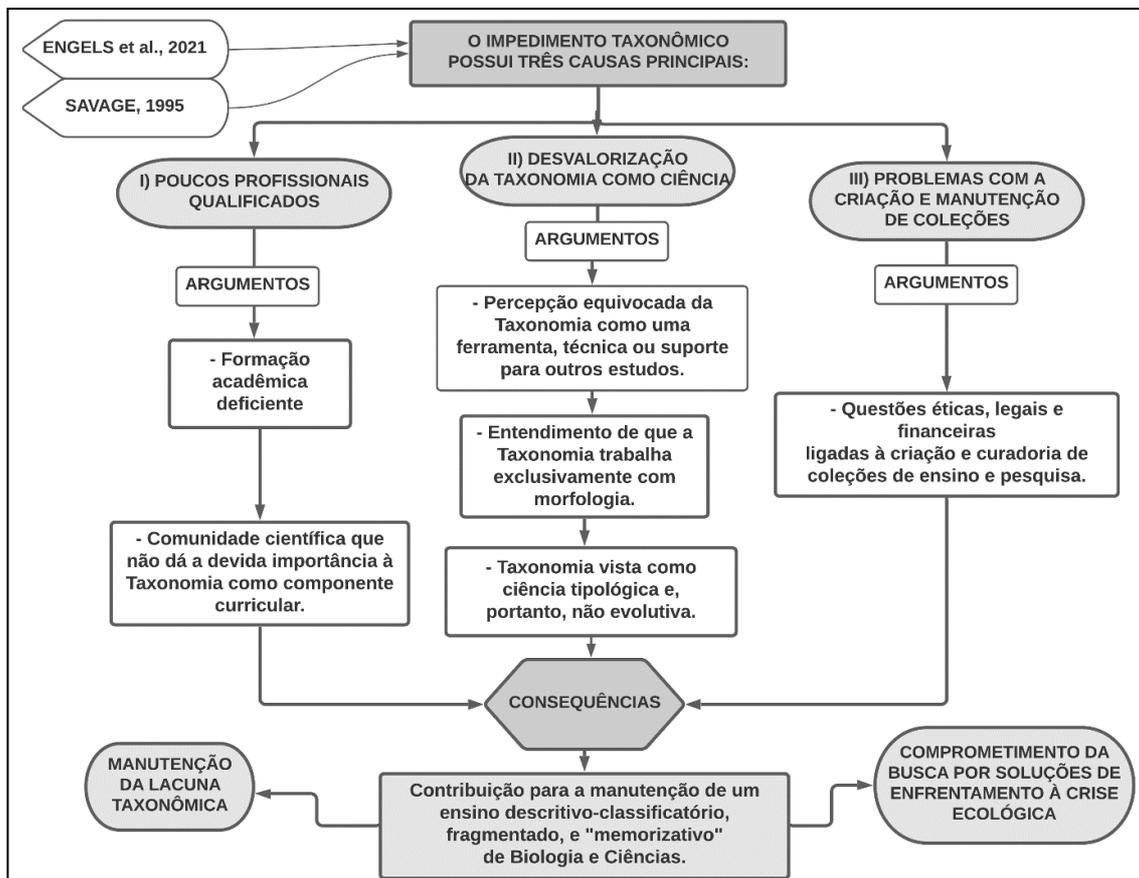
É sabido que o mundo nos últimos anos enfrenta enormes desafios como, por exemplo, emergência de doenças, esgotamento de recursos essenciais, extremos meteorológicos, catástrofes naturais e de origem antrópica, e toda sorte de questões políticas e sociais decorrentes dos exemplos supracitados (Cardinale *et al.* 2012). Desafios que residem na necessidade de resolver e lidar com as consequências da atual crise

ecológica causada pelo modelo de produção vigente (Savage, 1995; Vale, Alves & Lorini, 2009; Cardinale *et al.*, 2012; Hooper *et al.*, 2012). Um sintoma crônico que foi constatado nos últimos anos sobre este problema é a acelerada taxa de extinção das espécies, contribuindo explicitamente com a perda catastrófica da biodiversidade, a qual se retroalimenta dos problemas mencionados anteriormente e é agravada pelas mudanças climáticas (Savage, 1995; Cardinale *et al.*, 2012). Tal situação decorre principalmente da interferência humana direta nos ecossistemas, a qual se manifesta por meio do mau uso da terra, exploração predatória e inconsciente de recursos naturais, poluição, fragmentação e destruição de habitats (Savage, 1995). Exigindo, portanto, que busquemos soluções para enfrentar a dura realidade que nos é imposta, principalmente no Brasil, devido à megadiversidade que alberga e ao seu grande potencial voltado ao desenvolvimento sustentável (Vale *et al.*, 2009). Evidencia-se, assim, a relevância da Sistemática para: a busca de soluções para a crise, criação de planos de manejo de curto, médio e longo prazo e concepção de políticas públicas voltadas à sustentabilidade (Savage, 1995).

No entanto, o mundo também enfrenta um outro grande problema: a falta de profissionais capacitados para lidar com o estudo da biodiversidade. Em específico, existe um conjunto de conflitos decorrentes de uma “turbulência conceitual” entre o fluxo de conhecimento produzido e requerido pela Biologia da Conservação com a compreensão dos princípios filosóficos básicos que embasam a Taxonomia como ciência (Raposo *et al.*, 2017, 2021). Esses problemas culminam nas noções conflitantes conhecidas como “impedimento taxonômico”, “inflação taxonômica” e “anarquia taxonômica” (Isaac, Mallet & Mace, 2004; Agnarsson & Kuntner, 2007; Dubois, 2008, 2010; Garnett & Christidis, 2017; Raposo *et al.*, 2021). O “impedimento taxonômico” pode ser definido como o entendimento de que faltam estudos capazes de descrever de forma satisfatória a biodiversidade (Engel *et al.*, 2021). Já a “inflação taxonômica” consiste na noção de que os cientistas estão descrevendo mais espécies do que é realmente necessário para determinados grupos de seres vivos (Dubois, 2008, 2010). Por outro lado, a “anarquia taxonômica” assume que existe um elemento caótico que impede a estabilidade das listas de espécies, oriundo da dificuldade do processo de demarcação de um táxon partindo de uma perspectiva puramente evolutiva (Garnett & Christidis, 2017).

Apesar do mérito das discussões suscitadas pelas três noções supracitadas, o então chamado “impedimento taxonômico” se destaca. Tal destaque está intimamente relacionado com a existência inquestionável da “Lacuna Lineana”, entendida como o lapso no conhecimento taxonômico sobre as espécies viventes (Brito, 2010). Ou seja, o “impedimento taxonômico” é uma noção que decorre da demanda social e científica relacionada ao preenchimento da Lacuna Lineana. As questões deixadas por tal situação, e que visamos destacar nos parágrafos abaixo, são as seguintes: i) Como resolver esta demanda sócio-científica, se faltam cientistas comprometidos com a investigação taxonômica? ii) O que está por trás da falta de cientistas para ocupar este nicho específico de pesquisa?

Engel *et al.* (2021) em sua linha de argumentação defendem que parte dos problemas que incorrem no chamado “impedimento taxonômico” é justamente oriunda de uma tendência de “molecularização das explicações biológicas”, atrelada a um tratamento político e institucional que menospreza a Taxonomia como ciência. Como resultado, tal cenário culmina na queda do número de sistematas, pois a carreira científica dentro desta área acaba por se tornar pouco atrativa. Assim, defendemos neste trabalho que tal tendência de “molecularização das explicações biológicas” é reforçada: i) pelo raciocínio genocentrista que se faz presente também no ensino básico, e ii) pela formação precária de profissionais capazes de compreender o pano de fundo filosófico por trás da ciência que praticam. Consequentemente, repete-se um erro institucional que resulta em retrocessos quanto à compreensão e à conservação da Biodiversidade; retrocessos os quais não somente atingem a formação dos pesquisadores na área, mas também o ensino de Biologia e Ciências, devido à formação deficitária dos professores que são formados pelas mesmas instituições (Figura 1). Levando, portanto, muitos pesquisadores a questionar a importância da Taxonomia, a importância da criação de coleções taxonômicas de ensino e pesquisa e, também, a defender que trabalhos taxonômicos poderiam ser substituídos por técnicas de sequenciamento genético e criação de bancos de dados genômicos (Engel *et al.*, 2021). Ademais, a lógica genocentrista culmina na distorção e perda da centralidade do significado de “organismo” em estudos evolutivos e ecológicos, considerando-o ingenuamente como o resultado linear da interação entre fatores intrínsecos, os genes, e o meio externo, concebendo o papel dos genes como os principais responsáveis pela construção do fenótipo (Meghioratti *et al.*, 2012, 2017). Este padrão também é detectado no arranjo curricular da educação básica no Brasil, no momento em que temas relacionados à genética são tratados como prioridade em relação à evolução (Bizzo & El-Hani, 2009).



**Figura 1** – Fluxograma expondo as raízes do impedimento taxonômico e suas consequências para a busca de soluções de enfrentamento ao atual cenário de crise ecológica e da lacuna taxonômica.

Em virtude da incorporação da lógica genecentrista na formação de professores e pesquisadores, muitos incluem em sua concepção do conceito de herança biológica a supervalorização da contribuição dos genes, ignorando o fato de que sua supremacia para a construção do organismo não é absoluta, pois os organismos não herdam um fenótipo pronto e plenamente decodificado a partir de uma molécula de DNA. Pelo contrário, o fenótipo é construído ao longo da ontogenia de um organismo em decorrência da sua interação com uma multiplicidade de fatores que influenciam o seu desenvolvimento, o que inclui a expressão dos seus genes (Meghioratti *et al.*, 2017). Tal equívoco faz com que nos currículos de Biologia o tema “Genética” seja tratado como prioridade em relação à evolução (Bizzo & El-Hani, 2009). Com isso, é preciso destacar em aula que a herança biológica deve ser entendida como todo recurso que permanece em sucessivas gerações e que é parte da explicação do porquê de cada geração se assemelhar à geração anterior, levando em consideração fatores intrínsecos e extrínsecos ao organismo (Meghioratti *et al.*, 2012, 2017).

Destaca-se, então, a importância de estimular nos alunos o alcançar de uma compreensão multidimensional da relação construtivista entre organismo e ambiente, incorporando não apenas espacialidade, mas também temporalidade ao abordá-la (Keller, 2002; Meghioratti *et al.*, 2012, 2017). Assim, irrompe-se o viés centrado na supervalorização dos genes, demonstrando que estes interagem com o ambiente e formam fenótipos, que uma vez oriundos de condicionantes ambientais que afetam a expressão gênica podem, por conseguinte, sofrer modificações ao longo de sua atuação no ambiente (Meghioratti *et al.*, 2017). Com isso, o ambiente só pode existir se o organismo fizer parte dele, já que o organismo constrói e é construído no ambiente em que ele vive e atua, ou seja, o ambiente é muito além do espaço físico que contorna o organismo (Keller, 2002; Meghioratti *et al.*, 2012, 2017). Logo, o genecentrismo é um desafio a ser superado para que o ensino de Sistemática e, conseqüentemente, dos demais assuntos relacionados ao estudo da biodiversidade, alcance um patamar verdadeiramente evolutivo, portanto, crítico.

Por fim, a seleção natural deve ter seu espaço devidamente reconhecido para além do reducionismo oriundo do “programa adaptacionista”. Isto é, ela deve ser concebida como uma força evolutiva importante, porém não como a única explicação para os fenômenos evolutivos. É interessante instigar o debate não apenas biológico, mas também filosófico, sobre seu papel sinérgico e inter-relacionado ao processo de



reconhecimento à Taxonomia e à Sistemática como ciências de valor e grande importância, partindo da conscientização da macro compreensão histórica e filosófica de seus perpasses ontológicos e epistemológicos por parte dos professores, que ao trabalharem o assunto com os alunos, precisam evitar a reprodução dos vieses de um ensino tipológico, centrado nos vícios da “Síntese Evolutiva” (Figura 2). Tendo em vista que, conforme elucidado anteriormente, grande parte dos equívocos que sustentam estes obstáculos epistemológicos persistem graças aos problemas oriundos da má compreensão de tais perpasses filosóficos, decorrente da formação deficiente dos próprios pesquisadores que, ao trabalharem em instituições de ensino superior, em sequência, contribuem para a formação de futuros professores que atuarão na educação básica. Ou seja, trata-se de uma cadeia de erros institucionais que acabam inevitavelmente refletindo no ensino básico de maneira negativa. O que explica a persistência destes problemas na educação básica, mesmo com os documentos estruturadores do currículo escolar reconhecendo a evolução como o paradigma central e unificador das Ciências Biológicas.

## **CONCLUSÃO**

Concluímos que o ensino de ciências e biologia precisa vencer os vieses decorrentes da “Síntese Evolutiva” e dos totalitarismos vigentes, pois além de impedirem o entendimento adequado da evolução biológica, eles também reforçam outros problemas correlatos da má compreensão da Teoria Evolutiva. Dentre eles, argumentamos especificamente em relação ao impedimento taxonômico. Assim, para vencermos os atuais desafios, mais do que nunca, é necessário trabalhar na educação básica não apenas os conteúdos relacionados ao tratamento da Sistemática e da Taxonomia tendo a evolução como o cerne da práxis do ensino, mas também em todos os conteúdos relacionados ao currículo de Ciências e Biologia (Beckner, 1959; Griffiths, 1974; Santos & Calor, 2007; Bizzo & El-Hani, 2009; Araújo, 2019). Inclusive, é desejável abordá-la dentro do atual contexto da “Síntese Estendida e Atualizada” da evolução, em que os vieses discutidos anteriormente, que fomentam os obstáculos epistemológicos supracitados, já foram corrigidos e debatidos (Pigliucci & Müller, 2010). Ademais, novos componentes conceituais também foram incorporados na atual “Síntese Estendida e Atualizada” da evolução, como a importância da contextualização biogeográfica, por exemplo (Pigliucci & Müller, 2010). Uma forma de alcançarmos este objetivo é trabalhando o *corpus* conceitual da Sistemática Filogenética como um norte didático para a abordagem dos diversos assuntos tratados pelo currículo de Ciências e Biologia (Santos & Calor, 2007; Santos & Klaska, 2012).

Entretanto, é importante destacar que seu uso não se refere diretamente ao trabalho estatístico e matemático de matrizes com base no método cladístico, por exemplo. Na verdade, trata-se de trabalhar com alunos: i) a importância da evolução, destacando o significado do conceito de homologia, introduzindo-o logo nos primeiros momentos em que o aluno tem contato com as aulas de Ciências e Biologia (Santos & Calor, 2007), ii) como ler, analisar os componentes e interpretar cientificamente os cladogramas, concebendo-os como potentes ferramentas que sintetizam informações sobre a Biodiversidade (Baum, Smith & Donovan, 2005), iii) a desconstrução dos vieses oriundos das tendências viciosas presentes em um ensino focado na Nova Síntese Evolutiva, tendo os obstáculos teleológico, adaptacionista e genecentrista como principais problemas emergentes (Araújo, 2006; Sepúlveda & El-Hani, 2008; Meghioratti *et al.*, 2017; Araújo, 2019), e iv) a historicidade para entender as mudanças ontológicas que a Sistemática sofreu, levando os alunos a perceber não somente o seu escopo e importância de forma mais profunda, mas também da Taxonomia e da Nomenclatura biológica, com base em seus pressupostos filosóficos e aplicações práticas, ou seja, como ela se materializa no cotidiano do aluno.

Por fim, é importante mencionar que não podemos esquecer de trabalhar suas implicações referentes às questões éticas, erguendo discussões que tangenciem as relações que envolvam Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente em sala de aula (Waizbort, 2001; Sasseron & Carvalho, 2011; Conrado & Nunes-Neto, 2018). Isto é importante, pois permite o rompimento com tendências centralizadoras, autoritárias e absolutistas de abordagem do pensamento científico. Assim, apresentam-se alternativas aos literalismos religiosos e fundamentalismos diversos que minam o adequado entendimento do assunto (Griffiths, 1974; Bizzo, 2013; dos Santos & El-Hani, 2013). Confere-se, portanto, o adequado estímulo à argumentação, à racionalidade, à interdisciplinaridade para além das Ciências da Natureza, e à materialização do conhecimento no cotidiano do aluno, valorizando os demais saberes e suas importantes contribuições para a história da humanidade (Waizbort, 2001; Conrado & Nunes-Neto, 2018).

## REFERÊNCIAS

- Agnarsson, I., & Kuntner, M. (2007). Taxonomy in a Changing World: Seeking Solutions for a Science in Crisis. *Systematic Biology*, 56(3), 531–539. <https://doi.org/10.1080/10635150701424546>
- Amorim, D. de S. (2001). *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. Ribeirão Preto, SP: Holos.
- Araújo, A. M. (2006). Síntese evolutiva, constrictão ou redução de teorias: há espaço para outros enfoques? *Filosofia e História da Biologia*, 1, 5–19. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-01.html>
- Araújo, L. A. L. (2019). A evolução como tema central e unificador no ensino de biologia: questões históricas e filosóficas. *Filosofia e História da Biologia*, 14(2), 229–250. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-14-2/FHB-v14-n2-06.html>
- Ariza, F. V., & Martins, L. A. P. (2010). A scala naturae de Aristóteles no tratado De Generatione Animalium. *Filosofia e História da Biologia*, 5(1), 21–34. Recuperado de <https://abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-v05-n1-02.html>
- Audouin, J. V., Blanchard, E., Cuvier, G., Deshayes, G. P., Doyère, L., Dugès, Ant., Duvernoy, G. L., Laurillard, C. L., Milne-Edwards, H., Orbigny, A. D. d', Roulin, F. D., & Valenciennes. (1836). *Le règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux, et d'introduction à l'anatomie comparée, par Georges Cuvier* Paris, France: Fortin, Masson et cie., <https://doi.org/10.5962/bhl.title.39612>
- Batista, R., & Christoffersen, M. L. (2020). A multidimensionalidade do semaforonte e a relação delicada entre sistemática filogenética e sistemática biológica. *PERI*, 12(1), 143–165. Recuperado de <http://nexos.ufsc.br/index.php/peri/article/view/3913>
- Baum, D. A., Smith, S. D., & Donovan, S. S. S. (2005). The Tree-Thinking Challenge. *Science*, 310(5750), 979–980. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1117727>
- Beckner, M. (1959). *The biological way of thought*. New York, United States of America: Columbia University Press.
- Bizzo, N. (2013). "Criacionismo versus evolucionismo: literalismo religioso e materialismo darwiniano em questão", 8(2), 301–339. Recuperado de <https://abfhib.org/FHB/FHB-08-2/FHB-v08-n2-08.html>
- Bizzo, N., & El-Hani, C. N. (2009). O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 235–257. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-08.html>
- Brito, D. (2010). Overcoming the Linnean shortfall: Data deficiency and biological survey priorities. *Basic and Applied Ecology*, 11(8), 709–713. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.09.007>
- Buck, R. C., & Hull, D. L. (1966). The Logical Structure of the Linnaean Hierarchy. *Systematic Zoology*, 15(2), 97–111. <https://doi.org/10.2307/2411628>
- Capaverde, C. B., Lessa, B. de S., & Lopes, F. D. (2019). "Escola sem Partido" para quem? *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas Em Educação*, 27(102), 204–222. <https://doi.org/10.1590/s0104-40362018002601369>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- Cardoso, M. L. D., Forato, T. C. de M., & Rodrigues, M. L. L. (2019). Ciência e epistemologia em sala de aula: Uma perspectiva histórica para a teoria de Lamarck. *Filosofia e História da Biologia*, 14(1), 45–78. Recuperado de <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-14-1/FHB-v14-n1-03.html>

- Carmo, V. A. do, Bizzo, N., & Martins, L. A. P. (2009). Alfred Russel Wallace e o princípio de seleção natural. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 209–233. Recuperado de <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-07.html>
- Carvalho, R. R. de. (2018). Agregados, mistos e organismos vivos em Aristóteles: um delineamento de Scala Naturae. *Filosofia e História da Biologia*, 13(2), 263–278. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-13-2/FHB-v13-n2-06.html>
- Chediak, K. (2005). O problema da individuação na biologia à luz da determinação da unidade de seleção natural. *Scientiae Studia*, 3, 65–78. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662005000100004>
- Chetverikov, S. S., Barker, M., & Lemer, I. M. (1961). On Certain Aspects of the Evolutionary Process from the Standpoint of Modern Genetics. *American Philosophical Society*, 105(2), 167–195.
- Conrado, D. M., & Nunes-Neto, N. (2018). *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. D. M. Conrado & N. Nunes-Neto (Eds.). Salvador, BA: EDUFBA. <https://doi.org/10.7476/9788523220174>
- Costa, M. de O., & Silva, L. A. da. (2019). Educação e democracia: Base Nacional Comum Curricular e novo ensino médio sob a ótica de entidades acadêmicas da área educacional. *Revista Brasileira de Educação*, 24, 1–23. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782019240047>
- Cuvier, G. (2003). *Essay on the Theory of the Earth, 1813*. Abingdon, England: Routledge.
- D'Ambrosio, M., Bizzo, N., & dos Santos, F. S. (2018). Difficulties in teaching evolution due to the influence of teleology. *Filosofia e História da Biologia*, 13(2), 191–206. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-13-2/FHB-v13-n2-03.html>
- Darwin, C. (1871). *On the origin of species*. New York, United States of America: D. Appleton. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.28875>
- Diniz-Filho, J. A. F., Loyola, R. D., Raia, P., Mooers, A. O., & Bini, L. M. (2013). Darwinian shortfalls in biodiversity conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(12), 689–695. <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2013.09.003>
- Dobzhansky, T., & Gould, S. J. (1982). *Genetics and the Origin of Species*. (3a ed.). New York, United States of America: Columbia University Press.
- dos Santos, F. M., & El-Hani, C. N. (2013). Criacionismos, naturalismos e a prática da ciência. *Filosofia e História da Biologia*, 8(2), 223–252. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-08-2/FHB-v08-n2-05.html>
- Dubois, A. (2008). A partial but radical solution to the problem of nomenclatural taxonomic inflation and synonymy load. *Biological Journal of the Linnean Society*, 93(4), 857–863. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00900.x>
- Dubois, A. (2010). Zoological nomenclature in the century of extinctions: priority vs. 'usage.' *Organisms Diversity & Evolution*, 10(3), 259–274. <https://doi.org/10.1007/s13127-010-0021-3>
- Eldredge, N., & Gould, S. J. (1972). Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism. In T. J. M. Schopf (Ed.). *Models in Paleobiology* (pp. 82–115). San Francisco, United States of America: Freeman, Cooper and Co.
- Engel, M. S., Ceríaco, L. M. P., Daniel, G. M., Dellapé, P. M., Löbl, I., Marinov, M., Reis, R. E., Young, M. T., Dubois, A., Agarwal, I., Lehmann A., P., Alvarado, M., Alvarez, N., Andreone, F., Araujo-Vieira, K., Ascher, J. S., Baêta, D., Baldo, D., Bandeira, S. A., ... Zacharie, C. K. (2021). The taxonomic impediment: a shortage of taxonomists, not the lack of technical approaches. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 193(2), 381–387. <https://doi.org/10.1093/ZOOLINNEAN/ZLAB072>
- Fisher, R. A. (1930). *The genetical theory of natural selection*. Oxford, England: The Clarendon Press.

- Fisher, R. A. (1936). Has Mendel's work been rediscovered? *Annals of Science*, 1(2), 115–137. <https://doi.org/10.1080/00033793600200111>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2018). Reflexões sobre a Base Nacional Comum Curricular: Um olhar da área de Ciências da Natureza. *Horizontes*, 36(1), 158–171. <https://doi.org/10.24933/HORIZONTES.V36I1.582>
- Franklin, J. (1986). *Aristotle on Species Variation*. *Phylosophy*, 61(236), 245–252. <https://www.jstor.org/stable/3750478>
- Garnett, S. T., & Christidis, L. (2017). Taxonomy anarchy hampers conservation. *Nature*, 546(7656), 25–27. <https://doi.org/10.1038/546025a>
- Griffiths, G. C. D. (1974). On the foundations of biological systematics. *Acta Biotheoretica*, 23(3), 85–131. <https://doi.org/10.1007/BF01556343>
- Grimoult, C. (2019). Lamarck et Cuvier en révolution. *Arts et Savoirs*, 12, 1–15. <https://doi.org/10.4000/AES.2099>
- Guilherme, A. A., & Picoli, B. A. (2018). Escola sem Partido - elementos totalitários em uma democracia moderna: uma reflexão a partir de Arendt. *Revista Brasileira de Educação*, 23, 1–23. <https://doi.org/10.1590/s1413-24782018230042>
- Haeckel, E. H. P. A. (1866). *Generelle morphologie der organismen. Allgemeine grundzüge der organischen formen-wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte descendenztheorie (1a ed.)*. Lausanne, Suisse: Berlin <https://doi.org/10.5962/bhl.title.3953>
- Hennig, W. (1966). *Phylogenetic Systematics*. Illinois, United States of America: University of Illinois Press.
- Herbert, S. (1971). Darwin, Malthus, and Selection. *Journal of the History of Biology*, 1, 209–217. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/4330556>
- Hooper, D. U., Adair, E. C., Cardinale, B. J., Byrnes, J. E. K., Hungate, B. A., Matulich, K. L., Gonzalez, A., Duffy, J. E., Gamfeldt, L., & Connor, M. I. (2012). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486(7401), 105–108. <https://doi.org/10.1038/NATURE11118>
- Isaac, N. J., Mallet, J., & Mace, G. M. (2004). Taxonomic inflation: its influence on macroecology and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(9), 464–469. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.06.004>
- Keller, E. F. (2002). *The century of the gene*. Londres, England: Harvard University Press.
- Kimura, M. (1968). Evolutionary Rate at the Molecular Level. *Nature*, 217(5129), 624–626. <https://doi.org/10.1038/217624a0>
- King, J. L., & Jukes, T. H. (1969). Non-Darwinian evolution. *Science*, 164(3881), 788–798.
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. (4a ed.). São Paulo, SP: EDUSP.
- Kutschera, U. (2011). From the scala naturae to the symbiogenetic and dynamic tree of life. *Biology Direct*, 6(33), 1–25. <https://doi.org/10.1186/1745-6150-6-33>
- le Cointre, G., & le Guyader, H. (2001). *Classification phylogénétique du vivant (1a ed.)*. Paris, France: Belin.
- le Guyader, H. (2018). *Classification et evolution*. Paris, France: Le pommier.
- Losos, J. B. (2014). *The Princeton Guide to Evolution*. New Jersey, United States of America: Princeton University press.
- Macedo, E. (2017). As demandas conservadoras do movimento escola sem partido e a base nacional curricular comum. *Educação & Sociedade*, 38(139), 507–524. <https://doi.org/10.1590/es0101-73302017177445>

- Martins, L. A. P. (2015). A herança de caracteres adquiridos nas teorias “evolutivas” do século XIX, duas possibilidades: Lamarck e Darwin. *Filosofia e História da Biologia*, 10(1), 67–84. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-10-1/FHB-v10-n1-05.html>
- Martins, R. de A. (2010). August Weismann, Charles Brown-Séguard e a controvérsia sobre herança de caracteres adquiridos no final do século XIX. *Filosofia e História da Biologia*, 5(1), 141–176. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-v05-n1-09.html>
- Martins, R. de A. (2013). A doutrina das causas finais na Antiguidade. 2. A teleologia na natureza, segundo Aristóteles. *Filosofia e História da Biologia*, 8(2), 167–209. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-08-2/FHB-v08-n2-03.html>
- Martins, R. de A., & Martins, L. A. P. (2007). Uma leitura biológica do “De Anima” de Aristóteles. *Filosofia e História da Biologia*, 2, 405–426. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-02/FHB-v02-24.html>
- Mayr, E. (1953). *Methods and principles of Systematic zoology*. Michigan, United States of America: McGraw-Hill.
- Meglhioratti, F. A., El-Hani, C. N. E.-H., & Caldeira, A. M. de A. (2012). O conceito de organismo em uma abordagem hierárquica e sistêmica da biologia. *Revista da Biologia*, 9(2), 7–11. <https://doi.org/10.7594/REVBIO.09.02.02>
- Meglhioratti, F. A., Justina, L. A. della, de Andrade, M. A. B. S., & Caldeira, A. M. de A. (2017). Um modelo sistêmico das relações entre os conceitos de organismo, gene, genótipo, fenótipo e ambiente. *Filosofia e História da Biologia*, 12(2), 229–250. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-12-2/FHB-v12-n2-01.html>
- Morgan, T. H. (1910). Sex limited inheritance in *Drosophila*. *Science*, 32(812), 120–122. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.32.812.120>
- Nixon, K. C., & Carpenter, J. M. (2012). On homology. *Cladistics*, 28(2), 160–169. <https://doi.org/10.1111/J.1096-0031.2011.00371.X>
- Pigliucci, M., & Müller, G. B. (2010). *Evolution: the extended synthesis*. Massachusetts, United States of America: MIT press.
- Prestes, M. E. B., Oliveira, P., & Jensen, G. M. (2009). As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de Biologia. *Filosofia e História da Biologia*, 4, 101–137. Recuperado de <https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-04.html>
- Ragan, M. A. (2009). Trees and networks before and after Darwin. *Biology Direct*, 4(1), 1–38. <https://doi.org/10.1186/1745-6150-4-43/COMMENTS>
- Raposo, M. A., Kirwan, G. M., Lourenço, A. C. C., Sobral, G., Bockmann, F. A., & Stopiglia, R. (2021). On the notions of taxonomic ‘impediment’, ‘gap’, ‘inflation’ and ‘anarchy’, and their effects on the field of conservation. *Systematics and Biodiversity*, 19(3), 296–311. <https://doi.org/10.1080/14772000.2020.1829157>
- Raposo, M. A., Stopiglia, R., Brito, G. R. R., Bockmann, F. A., Kirwan, G. M., Gayon, J., & Dubois, A. (2017). What really hampers taxonomy and conservation? A riposte to Garnett and Christidis (2017). *Zootaxa*, 4317(1), 179. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4317.1.10>
- Santos, C., & Calor, A. (2007). Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual sistemática filogenética – I. *Ciência & Ensino (Bauru)*, 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.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>

- Savage, J. M. (1995). Systematics and the biodiversity crisis. *BioScience*, 45(10), 673–679. <https://doi.org/10.2307/1312672/2/45-10-673.PDF.GIF>
- Sepúlveda, C., & El-Hani, C. N. (2008). Adaptacionismo versus exaptacionismo: O que este debate tem a dizer ao ensino de evolução? *Ciência e Ambiente*, 36(93), 93–124.
- Vale, M. M., Alves, M. A. S., & Lorini, M. L. (2009). Mudanças climáticas: desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade brasileira. *Oecologia Australis*, 13(3), 518–534. Recuperado de <https://revistas.ufri.br/index.php/oa/article/view/7084>
- Waizbort, R. (2001). Teoria social e biologia: perspectivas e problemas da introdução do conceito de história nas ciências biológicas. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 8(3), 633–653. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702001000400007>
- Wallace, A. R. (1855). *On the Law Which Has Regulated the Introduction of New Species*. London, England: Annals and Magazine of Natural History.
- Woese, C. R., Kandler, O., & Wheelis, M. L. (1990). 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*, 87(12), 4576–4579. <https://doi.org/10.1073/PNAS.87.12.4576>
- Wright, S. (1931). Evolution in mendelian populations genetics, 16(2), 97–159. <https://doi.org/10.1093/GENETICS/16.2.97>

**Recebido em:** 03.05.2022

**Aceito em:** 22.01.2023