

A IMPORTÂNCIA DA CLADÍSTICA PARA O ENSINO DE BIOLOGIA

Gabriel Vasquinho Ferrari¹, Fernando Santiago dos Santos²

RESUMO: A Cladística (ou sistemática filogenética) é a metodologia usual da sistemática biológica, subárea da Biologia responsável por classificar os seres vivos em táxons. A cladística utiliza representações gráficas denominadas cladogramas; o uso destes em aula pode gerar diversos benefícios para o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes, uma vez que trata de diversos conceitos e habilidades que, diversas vezes, acabam sendo “descartados” por educadores. Este trabalho objetivou levantar a importância da Cladística para o ensino de Biologia, mostrando quais resultados positivos podem ser obtidos com o uso dessa metodologia e em quais subáreas essas vantagens podem ser aproveitadas. O instrumento de pesquisa foi uma sequência didática realizada com turmas do terceiro ano do ensino médio, onde os estudantes tiveram que confeccionar três cladogramas a partir de modelos já estabelecidos pelo docente. Os resultados da construção desses cladogramas foram analisados de forma qualitativa e quantitativa. Ao final da pesquisa, foi possível analisar que o ensino de cladística é uma ótima ferramenta para o ensino de Biologia, uma vez que impulsiona o aprendizado de diversas áreas, principalmente Evolução e Biodiversidade, acabando, também, por beneficiar o ensino de Ciências de modo geral.

PALAVRAS-CHAVE: sistemática biológica. cladograma. sequência didática. evolução e biodiversidade.

THE IMPORTANCE OF CLADISTICS FOR BIOLOGY TEACHING

ABSTRACT: Cladistics (i.e., Phylogenetic Systematics) is the current biological systematic method, a sub-area of Biology aimed at classifying living beings into taxa. Cladistics uses graphic representations (cladograms); their use during classes might generate various benefits to both teaching and learning, as it involves several concepts and abilities (which, many times, are not used by educators). The current paper focused on knowing the importance of Cladistics to teach Biology, showing which positive results may be obtained by using such method and in which sub-areas some advantages may be gained. Our research applied a didactic sequence with three classes of High Junior School students, so that they had to draw three cladograms from pre-designed models. The results of such cladogram drawings were qualitatively and quantitatively analyzed. At the end, we could verify that cladistics teaching is a tremendous tool for Biology teaching, as it enhances the learning of multiple areas, mainly Evolution and Biodiversity, thus favoring the teaching of sciences.

KEYWORDS: biological systematics. cladogram. didactic sequence. evolution and biodiversity.

INTRODUÇÃO

A cladística é uma área pouco explorada por professores de Ciências e Biologia, muitas vezes por não visualizarem vantagens do uso e ensino desta abordagem metodológica para o aprendizado de sistemática biológica. É comum visualizar cladogramas em diversos contextos educativos, geralmente voltados a um aspecto evolucionista, trazendo as linhagens evolutivas e, também, taxonômicas de determinados grupos de seres vivos; entretanto, pouco se aprofunda nos conceitos filogenéticos. Uma hipótese desta problemática ocorre pela cladística ser um ramo específico de Sistemática e Classificação, podendo fazer com que

¹ Estudante de Pós-Graduação em Metodologia do Ensino das Ciências da Natureza, Instituto Federal de São Paulo, câmpus São Roque, e-mail g.vasquinho@aluno.ifsp.edu.br

² Professor Efetivo Doutor, Instituto Federal de São Paulo, câmpus São Roque, e-mail fermandoss@ifsp.edu.br

docentes julguem essa área como complexa e inadequada aos níveis de ensino fundamental e médio, sendo cabível, então, somente sua aplicação ao nível de ensino superior. É comum observarmos o ensino básico da cladística mostrando, somente, o que são as “linhas” (caminhos evolutivos) de um clado e onde estão os seres vivos inseridos na ilustração – mas, pouco se fala dos processos de especiação ou de conceitos mais elaborados.

Não é somente a área da cladística que é afetada devido a abordagens inadequadas ou desatualizadas: o próprio ensino de evolução, por vezes, é extremamente limitado. É incomum encontrar práticas docentes que abordem conceitos históricos e epistemológicos envolvidos na evolução biológica, permeando o conhecimento puro sobre a teoria evolutiva darwinista proposta em meados do séc. XIX. A falta de enfoque na área Evolutiva, durante o processo de ensino-aprendizagem, gera uma série de consequências negativas aos estudantes, como concepções e interpretações errôneas sobre conceitos biológicos. Isso ocorre pela Evolução ser um dos principais pilares da Biologia; a defasagem deste pilar desestrutura muitas outras áreas envolvidas, tais como Zoologia, Botânica, Micologia, Ecologia etc. A classificação dos seres vivos está diretamente interligada com a interpretação do mundo biológico – assim, o ensino adequado da Cladística, utilizando parâmetros evolutivos, possibilita a rica compreensão da biodiversidade do mundo natural.

A base de organização propiciada pela Evolução está diretamente interligada em como enxergamos os grupos de seres vivos e os classificamos (LOPES; VASCONCELOS, 2012). Rodrigues (2009) e Moraes e Santos (2013) mencionam que muitas propostas de classificação biológica aparecem na história da taxonomia, entre as quais a de Aristóteles, de cerca de 2.500 anos atrás, e a classificação mais utilizada em livros didáticos, a de Whittaker, da década de 1960. Essas classificações não levavam em conta aspectos genéticos e evolutivos, baseando-se, principalmente, em aspectos morfoecológicos. Dois dos cinco reinos propostos em classificações antigas – Reino Monera e Reino Protista – não possuem validade taxonômica alguma, sendo considerados grupos polifiléticos na atualidade.

A falta de compreensão sobre conceitos de cladística envolve lacunas no ensino de sistemática filogenética nas escolas. Os cinco reinos propostos por Whittaker (Monera, Protista, Fungi, Vegetalia e Animalia) são, atualmente, confrontados com sistemas que se apoiam em pesquisas moleculares, em especial a genômica e a proteômica. Estes cinco reinos não aparecem nas propostas mais recentes, como as de Woese (WILLIAM, 2012) e de Baldauf e colaboradores (BALDAUF, 2003).

O contexto histórico é crucial para entendermos a relevância da cladística no ensino de Biologia, uma vez que a contextualização de um saber influencia positivamente o processo de aprendizagem dos estudantes. Usualmente, em instituições de ensino, apresenta-se a forma pela qual um conhecimento é transferido por meio do produto final; porém, o “caminho de fabricação” que aquele “produto” percorreu é indispensável. Além disso, o contexto histórico poderia ser acompanhado de metodologias ativas, pelas quais os estudantes possam ter a oportunidade de vivenciar, com suas próprias práticas, aquilo que está aprendendo em aula. É neste momento que a cladística consegue unir esses conceitos durante as práticas educacionais.

Ensinar filogenia é ensinar a história dos seres vivos, contextualizando a história evolutiva dos grupos sobre os quais o docente pretende tratar em sala. Esta liberdade pode permitir que o professor traga conceitos teóricos relevantes para o contexto escolar, assim como metodologias ativas, como, por exemplo, a construção de cladogramas ou a criação de cenários investigativos para que os alunos possam buscar problemáticas e equívocos presentes nos clados selecionados pelo educador, fortalecendo as ideias e evidências evolutivas.

O ensino de Biologia utilizando essas estratégias torna-se enriquecido, pois desenvolve habilidades e competências nos estudantes, e estas beneficiam o ensino de qualquer segmento da disciplina. A cladística aprimora a compreensão evolutiva dos estudantes, desde conceitos mais simplificados (como a origem de novas espécies), até os mais complexos (como a identificação de plesiomorfias nos grupos). Além disso, essa subárea mostra-se bastante interdisciplinar, em especial com as áreas de Biodiversidade e Evolução.

Em relação à Biodiversidade, as espécies representadas em clados podem ilustrar a riqueza de seres vivos ocorrentes nos clados que os representam. Com isso, é possível analisar, em um único diagrama, diversas espécies e a familiaridade entre elas do ponto de vista genético. Isso favorece o entendimento sobre quais grupos biológicos são mais próximos entre si e os motivos disso.

O ensino de cladística mostra-se, ainda, mais enriquecedor ao se apresentarem as características que surgem ao longo das linhagens filogenéticas. Desta forma, além de poder diferenciar os seres vivos entre si, apontando a biodiversidade, a sistemática filogenética pode, também, apontar em que momento determinados caracteres surgiram e se mantiveram (ou não) até o presente momento. Graças a esses benefícios destacados, o ensino de cladística possibilita aos educandos analisarem com maior nível de aprofundamento as evidências evolutivas (morfofisiológicas, etológicas e ecológicas) que os cladogramas ilustram. Realizar o ensino de evolução, sistemática e classificação sem realizar o uso de cladogramas pode propiciar um ensino raso e com poucos resultados.

O objetivo deste trabalho é discutir a importância do ensino da Cladística para o aprendizado de Biologia, demonstrando as vantagens do uso da Sistemática Filogenética em práticas escolares. Para isso, foi adotado o ensino de biologia evolutiva com enfoque na cladística com o intuito de fomentar maior compreensão, por parte dos estudantes, da maneira mais atualizada para o aprendizado de evolução e biodiversidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos autores defendem a importância da cladística para o ensino de Biologia, apontando, ainda, que ela está paulatinamente mais vigente como base para a compreensão de conceitos biológicos. Autores como Amorim (2002) mencionam que a cladística é o método mais convencional para a sistemática biológica. Porém, muitas vezes esta compreensão da cladística não é feita da maneira adequada, demonstrando estar desatualizada. Em diversas ocasiões, o ensino da biodiversidade ocorre somente por meio de memorização de características, que não contribuem diretamente para o entendimento da diversidade biológica (SANTOS, 2006).

Rodarte e Santos (2017) levantam a ideia de que alguns materiais didáticos já apresentam o tema da Sistemática e Filogenia, embora seja necessário que os educadores entendam e ensinem o conteúdo, uma vez que são bases fundamentais da relação de ensino e aprendizagem de Biodiversidade e Evolução. As ideias evolutivas presentes atualmente são resultado de trabalhos publicados por Alfred Wallace e Charles Darwin no séc. XIX ao traçaram um dos principais paradigmas da Biologia, que é a Teoria da Evolução (SANTOS; CALOR, 2007). Porém, Roque (2003) entende que esta visão está deturpada, já que o estudo de evolução biológica, muitas vezes, limita-se ao “clichê” de Darwin *versus* Lamarck (com uma visão equivocada de que havia competição entre os dois naturalistas). Esta visão mostra-se grosseira: Charles Darwin chegou a elogiar trabalhos antecessores de Lamarck em relação aos seus. No terceiro volume do seu livro “A Origem das Espécies”, Darwin referenciou uma listagem de 30 pesquisadores que foram essenciais na evolução da compreensão evolutiva dos seres vivos. Darwin escreveu em seu livro que Lamarck foi um pesquisador renomado que acreditava em ideias à frente de seu tempo, como as de que todas as espécies vivas (incluindo os seres humanos) são descendentes de outras espécies (NOBLE, 2020). Assim, percebe-se que o ensino de evolução é frequentemente inadequado, não tratando de maneira correta o conhecimento histórico por trás daquele saber. Ramos (2018) ressalta que um saber não aparece do nada: ele é construído ao longo do tempo e é necessário que os estudantes compreendam esse aspecto histórico.

É por este motivo que defendemos a introdução da cladística como metodologia de estudo de diversas áreas da Biologia, como já mencionamos anteriormente e em consonância com Santos e Calor (2007); D'Ambrosio, Reiter e Santos (2016) também coadunam dessas ideias. Entretanto, muitos profissionais não possuem familiaridade com a Sistemática e Filogenética. De acordo com Rodarte e Santos (2017), os professores, em geral, avaliam o

nível de conhecimento de cladística como mediano. Alguns apresentaram habilidades intuitivas da sistemática, mas não apontam conhecimentos específicos de suas metodologias.

Diante desta problemática, torna-se cada vez mais evidente a importância da formação continuada de professores, sendo esta fundamental para o aperfeiçoamento do trabalho docente. A capacitação contínua mostra-se indispensável em áreas de intensas atualizações e novidades acadêmicas, como, por exemplo, Ciências e Biologia. Com isso, é possível verificar que a formação continuada e a Sistemática e Filogenética podem contribuir, diretamente, com o aperfeiçoamento no ensino dessas subáreas da Biologia.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O trabalho tem caráter quali-quantitativo e é oriundo de atividades de Cladística com três turmas do terceiro ano do ensino médio durante a disciplina de Biologia em uma unidade escolar de ensino público em Barueri, SP. Para a realização desta pesquisa, foi necessária a divisão de três etapas (momentos) em uma sequência didática.

O primeiro momento da sequência didática envolveu a aplicação de aulas expositivas dialogadas com a temática “História da Ciência”. Este enfoque objetivou contextualizar o conteúdo apresentando o surgimento das concepções evolutivas e de classificação dos seres vivos ao longo da história. Nesta etapa, as aulas foram, na medida do possível, dialogadas (tratou-se de uma construção epistemológica do saber dos educandos).

O segundo momento da sequência didática teve enfoque investigativo, em que os estudantes solucionaram problemáticas de cladogramas que já estavam construídos. A intenção desta etapa foi a identificação de erros contidos nos cladogramas. O ensino da Sistemática Filogenética favorece o uso de metodologias ativas para que os estudantes tenham oportunidade de discutir e pensar sobre a classificação dos seres vivos.

Já no terceiro e último momento da sequência didática ocorreu a construção de três cladogramas, confeccionados pelos próprios discentes. O papel do docente nesta fase foi de disponibilizar o tema dos cladogramas. Portanto, foram selecionados três modelos (Fig. 1), desenhados pelos próprios autores, para que os estudantes pudessem classificar os indivíduos presentes nos modelos ao longo dos cladogramas confeccionados, dando enfoque ao viés evolutivo. É importante destacar que foi solicitada para os estudantes a confecção de dois tipos de cladogramas (Fig. 2), a saber, dicotômico ou em árvore, e espinha de peixe. Sobre os modelos da Fig. 1: 1) criaturas fictícias, com intenção de reforçar o processo inicial de especiação; 2) indivíduos pertencentes ao grupo dos fungos, inspirados em fungos reais; 3) caricaturas do docente que aplicou a atividade.



Fig. 1. Atividades de Cladística para Construção de Cladogramas. Fonte: os autores (2023).

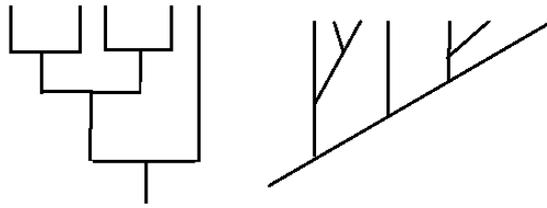


Fig. 2. Tipos de cladograma: à esquerda, dicotômico; à direita, espinha de peixe. Fonte: os autores (2023).

Após a construção dos cladogramas realizados pelos estudantes, ocorreu a avaliação e levantamento dos clados confeccionados. Foi analisada a compreensão dos discentes sobre os conceitos de Sistemática Filogenética e Cladística, realizando o levantamento qualitativo. Para a organização da pesquisa, os cladogramas foram classificados em quatro categorias: A, B, C e D. O Quadro 1 mostra as categorias e a descrição de cada uma.

Quadro 1. Classificação dos cladogramas confeccionados pelos estudantes. Fonte: os autores (2023).

A. Ótima compreensão de Cladística (O.C.C.)	B. Boa Compreensão dos Conceitos (B.C.C.)	C. Alguns Conceitos Inadequados (A.C.I.)	D. Não construiu o clado (N.C.C.)
Conceitos corretos a respeito do conteúdo; cladogramas atenderam às expectativas do professor; estudantes representaram de forma adequada as características que surgiram ao longo do clado.	Conceitos corretos a respeito do conteúdo; cladogramas atenderam às expectativas do professor; seres vivos classificados de maneira adequada; algumas informações não foram citadas ao longo do clado.	Algumas concepções errôneas sobre os conceitos de cladística (ou os indivíduos representados não seguiram uma sequência lógica).	Cladogramas não confeccionados (atividade não realizada).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os três modelos de cladogramas realizados pelos estudantes para cumprirem a atividade proposta pelo professor (N = 281 cladogramas). Para cada exercício de cladística, foi solicitado que os alunos confeccionassem os dois modelos de clados da Fig. 2. Entre as três atividades, o clado em que os estudantes apresentaram maior facilidade foi o dos “besouros fictícios” (Fig. 1, Modelo 1). Por se tratar de estruturas muito características, os alunos, no geral, conseguiram diferenciar as espécies irreais de besouros e classificá-los de maneira adequada. É possível visualizar que, na Fig. 3, houve maior dificuldade na construção do clado dicotômico do que o em espinha de peixe, já que existem linhas/caminhos evolutivos que não levam a lugar algum.

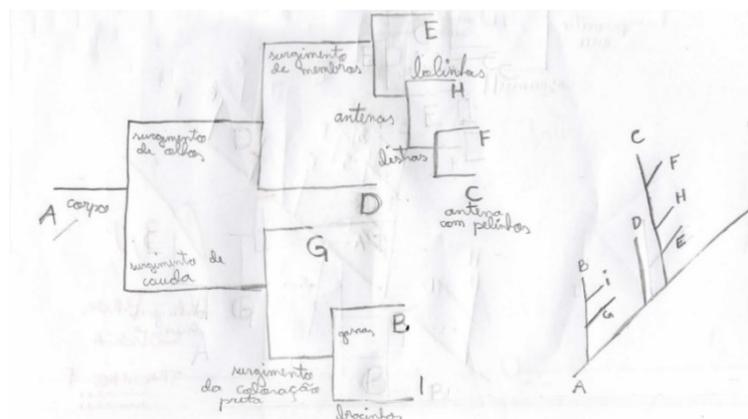


Fig. 3. Cladograma da atividade de cladística do Modelo 1 (Besouros). Fonte: os autores (2023).

A atividade de cladística da Fig.1, Modelo 3, teve um propósito de, além do reforço dos conceitos cladísticos, entreter os estudantes, uma vez que a figura das espécies se

assemelhava ao professor da disciplina. Os mesmos relataram ter sido prazeroso confeccionar cladogramas com figuras já conhecidas, já que se torna mais fácil a identificação de linhagens e surgimento de novas estruturas. O resultado desta terceira atividade foi satisfatório: os estudantes, em sua maioria, construíram clados sem erros sistemáticos e de classificação (Fig. 4).

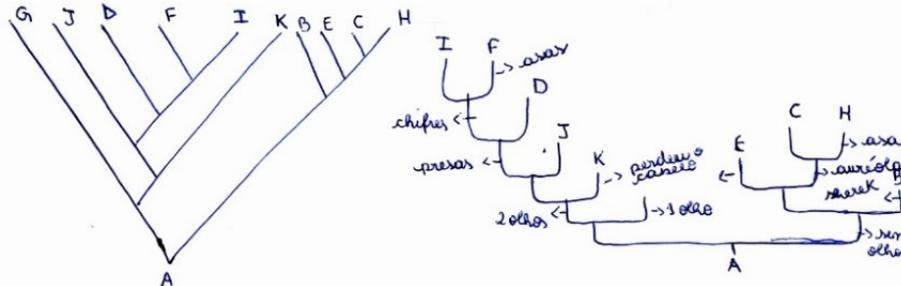


Fig. 4. Cladograma da atividade de cladística do Modelo 3 (Personagens). Fonte: os autores (2023).

Por fim, a atividade de cladística da Fig. 1, Modelo 2, foi a mais desafiadora para os estudantes, uma vez que apresentava estruturas muito sutis, ocorrendo repetição das morfologias dos fungos representados neste modelo. Além disso, foram apresentados indivíduos na atividade muito semelhantes uns aos outros (e isso gerou bastante confusão pelos estudantes). Entre todas os modelos de cladogramas, o Modelo 2 foi o mais rico em diversidade de respostas, dependendo da interpretação de cada estudante (Fig. 5).

De forma geral, os cladogramas atingiram os objetivos esperados pelo professor. O ensino de cladística proporciona uma visão mais enriquecida sobre aspectos evolutivos e de biodiversidade. Os 281 cladogramas confeccionados obtiveram resultados gratificantes.

Os dados coletados a respeito dos cladogramas geraram informações relevantes à pesquisa, como, por exemplo, a facilidade e dificuldade dos estudantes para realizarem determinados tipos de clados (Fig. 6).

Foi possível observar que houve grande discrepância entre os dois modelos de cladogramas, onde os estudantes majoritariamente preferiram realizar os cladogramas em estilo dicotômico.

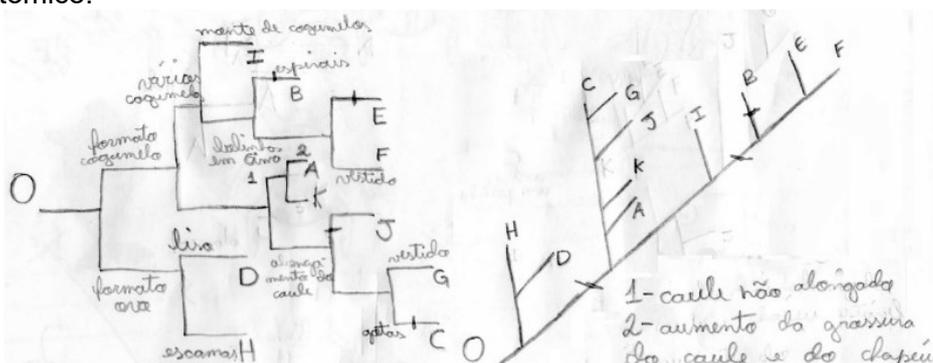


Fig. 5. Cladograma da atividade de cladística Modelo 2 (Fungos). Fonte: os autores (2023).

Na atividade em questão, alguns alunos optaram em não realizar o cladograma do tipo espinha de peixe, dando preferência ao outro modelo de clado, mesmo que o docente tenha solicitado a construção dos dois tipos. A possível explicação a respeito desta informação é que os estudantes encontraram dificuldades em visualizar os seres vivos ao longo das linhas diagonais, em que, na construção dicotômica, é mais fácil a visualização das diferenças e dos caminhos.

A despeito do alto índice de cladogramas do tipo espinha de peixe não realizados (63), o desempenho foi extremamente positivo, uma vez que os resultados levantados apontam que os estudantes absorveram de maneira efetiva o conteúdo de Cladística e conseguiram utilizar este conhecimento para a classificação dos seres vivos, principalmente.

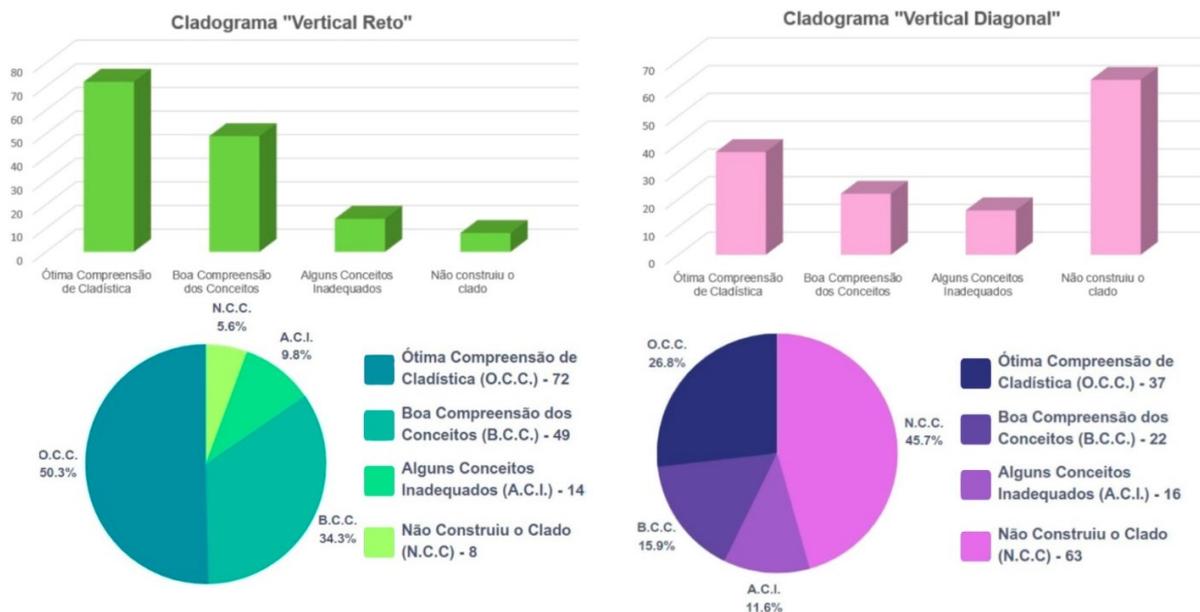


Fig. 6. Resultado da atividade de Cladística de construção de cladogramas. As siglas (O.C.C., B. C.C. etc.) correspondem às categorias do Quadro 1. Equivalências de termos: "vertical reto" = cladograma do tipo dicotômico; "vertical diagonal" = cladograma do tipo espinha de peixe. Fonte: os autores (2023).

CONCLUSÕES

O ensino de cladística é uma das ferramentas mais adequadas e atuais para impulsionar o ensino de Biologia. Praticamente, quase todas as subáreas da Biologia são favorecidas com o ensino de Cladística. Mesmo que a sistemática filogenética seja considerada, por muitos, um ramo muito complexo a ser trabalhado com níveis de ensino abaixo do ensino superior, os dados desta pesquisa evidenciam que esses conceitos poderiam ser trabalhados desde os níveis mais básicos de ensino de Ciências e Biologia. Os resultados gerados da construção dos cladogramas pelos próprios educandos mostra o quão eficaz pode ser a realização dessas práticas.

Os benefícios desta área não giram somente em torno do ensino de cladística, mas dão a oportunidade para que os professores possam realizar uma educação mais atualizada e aproximar a comunidade escolar da comunidade acadêmica. A aproximação dos conceitos científicos aos estudantes gera uma formação enriquecedora, promovendo, assim, um ensino mais atualizado e criando um cenário possível de trabalho com conceitos complexos (que são, muitas vezes, "descartados" no contexto de aulas).

REFERÊNCIAS

- AMORIM, D. *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. 1.ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2002.
- BALDAUF, S. L. The deep roots of eukaryotes. *Science*, v. 300, n. 5626, p. 1703-1706, 2003.
- D'AMBROSIO, M.; REITER, M.; SANTOS, F. S. O pensamento filogenético no ensino fundamental II: relato de uma atividade lúdico-metafórica. *Linha Mestra*, n. 29, p. 67-71, 2016.
- LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. Representação e distorções conceituais do conteúdo filogenia em livros didáticos de biologia do ensino médio. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 14, p. 14-16, 2012.
- MORAES, R.; SANTOS, F. S. dos. Análise de conteúdos de sistemática filogenética em livros didáticos de Ensino Fundamental II e Ensino Médio. *Scientia Vitae*, vol. 1, n. 2, ano 1, out-

dez. 2013, p. 20-27. Disponível em: http://fernandosantiago.com.br/sv_v1_n2_3.pdf. Acesso em: 27 mai. 2023.

NOBLE, D. Exosomes, gemmules, pangenesis and Darwin. In: EDELSTEIN, L. *et al.* (Orgs.). *Exosomes: A Clinical Compendium*. s.l.: Elsevier Academic Press, 2020.

RAMOS, M. Epistemologia e Ensino de Ciências: compreensões e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. 3.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2018.

RODARTE, M. F.; SANTOS, F. S. Algumas perspectivas de professores da região de São Roque (SP) quanto à sistemática filogenética e seu ensino. *Anais e Resumos*. Campinas, SP, Enfoco, nov. 2017.

RODRIGUES, S. P. Uma contribuição para o ensino de sistemática na sala de aula: relato de experiência sobre a classificação dos animais de Aristóteles a Linné. *Anais e Resumos*. II Jornada de História da Ciência e Ensino: propostas, tendências e construção de interfaces. São Paulo: Editora da PUC-SP, 2009.

ROQUE, I. R. Girafas, mariposas e anacronismos didáticos. *Ciência Hoje*, v. 34, p. 64-67, 2003.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. Ensino de Biologia Evolutiva utilizando a estrutura conceitual da Sistemática Filogenética. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. 2, pag. 08, 2007.

SANTOS, F. S. dos. A Botânica no ensino médio: será que é preciso apenas memorizar nomes de plantas?. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino*. 1.ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

WILLIAM, Y. Carl Woese, Dies; Discovered Life's 'Third Domain'. Nova Iorque, EUA: *The New York Times*, ISSN 0362-4331, 2012.