



FILOGENIA: ABORDAGEM TRIDIMENSIONAL E REPRESENTAÇÕES DOS ALUNOS DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO

PHYLOGENY: TRIDIMENSIONAL APPROACH AND STUDENT'S REPRESENTATIONS FROM 3RD GRADE - HIGH SCHOOL

DOI: <http://dx.doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2018.v3.n2.p519-538.id232>

Rogério Soares Cordeiro

Doutor em Biotecnologia (UMC).

Professor de Biologia da Rede Pública do Estado de São Paulo (SEE-SP).

rocordeiro1@yahoo.com.br

Stefanie Caroline Caldeira de Araújo

Graduada em Ciências Biológicas (UMC).

Professora de Biologia.

stefaniecaldeira@hotmail.com

[m](#)

Maria Santina de Castro Morini

Pós-Doutorado em Zoologia (UNESP).

Professora de Graduação em Ciências Biológicas e

Pós-Graduação em

Biotecnologia e Políticas Públicas (UMC).

morini@umc.br

Moacir Wuo

Doutor em Psicologia (PUC-SP).

Professor de Graduação em Ciências Biológicas e

Pós-Graduação em Políticas Públicas (UMC).

moacir@umc.br

Resumo: A compreensão da biodiversidade como decorrente do processo evolutivo é fundamental para a formação dos educandos. Teve-se como objetivo apresentar uma aula prática complementar à sugerida pelo Currículo do Estado de São Paulo no que tange ao ensino de filogenia, a partir da utilização de manequins confeccionados com materiais reutilizáveis. Utilizou-se como método a aplicação de questionários estruturados aplicados a 30 alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública, antes e depois das aulas práticas. Conclui-se que, quando as aulas são concebidas com materiais táteis e tridimensionais, os alunos apresentam maior grau de envolvimento que no desafio impresso, aguçando a curiosidade e aumentando o grau de envolvimento na construção do saber. Esse envolvimento em aulas práticas denota melhora de resultados em provas modelo ENEM, uma vez que trabalham habilidades básicas. Ainda assim, requerem maior tempo de investimento com relação a conceitos básicos da filogenia.

Palavras-chave: Ensino médio. Aulas práticas. Diversidade biológica. Sistemática filogenética.

Abstract: The understanding of the resulting biodiversity of an evolutionary process is fundamental for the learners' formation. Therefore, this work aims to present an additional practice to the one suggested by the Curricular Proposal of São Paulo when it comes to phylogeny teaching. Besides bringing the elaboration of the hypothetical manikins composed of reusable materials, it also shows the results of structured questionnaires applied to the students in the 3rd grade of a public High School. The research has concluded that when the classes are generated with tactile and tridimensional materials, the students convey a higher degree of engagement than in the challenge when printed, sharpening their curiosity and increasing the engagement in the learning build-up. The engagement during practical classes demonstrates an improvement on the results on tests, such as ENEM due to the basic skills which are explored. Even so, such classes demand longer time of investment regarding the basic principles of phylogeny.

Keywords: High School. Practical classes. Biological diversity. Phylogenetic system.



1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais estão presentes na história da humanidade, mas a partir da segunda metade do século XX se intensificaram, sendo um dos mais graves a perda de biodiversidade. O biólogo Wilson (1997) define biodiversidade como toda a variação de base hereditária, em todos os níveis de organização biológica, desde os genes pertencentes a simples populações locais às espécies que compõem total ou parcialmente uma comunidade local e até mesmo as próprias comunidades que compõem as partes vivas dos mais variados ecossistemas do planeta.

O Brasil está entre os 17 países mais megadiversos do mundo, proporcionalmente essa biodiversidade também está ameaçada (HAZIN, 2010). Mas saber que o país detém grande diversidade biológica nem sempre resulta em discussões na escola que possibilitem ao aluno perceber a importância desse fato para a sua vida.

O tema biodiversidade aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e dentro do eixo Meio Ambiente dos Temas Transversais como um dos valores a ser reconhecido como essencial para a sustentabilidade da vida na Terra e à conservação da diversidade biológica (BRASIL, 1998a). As Orientações Curriculares para o Ensino Médio também apontam para que se conheça e divulgue a biodiversidade brasileira como medida de responsabilidade dos cidadãos (BRASIL, 2008). Além disso, entender que a diversidade de organismos é resultante de um longo processo evolutivo é crucial para a conservação dos bens naturais.

Se a diversidade biológica é resultante do processo evolutivo, a temática evolução também é indicada como cerne no ensino de Biologia, como recomendam os PCN+ (BRASIL, 2002) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2008).

É muito recorrente, nas escolas brasileiras, uma tratativa inadequada da temática supracitada, especialmente quando restringe seus conteúdos a uma visão limitada às contraposições teóricas de Darwin e Lamarck, e aproximações grosseiras de suas principais ideias e exemplos utilizados para ilustrá-las (ROQUE, 2003). Ademais, o pensamento evolutivo como transformação linear de um grupo mais simples em outro mais complexo contraria as proposições originais de Darwin e Wallace, até porque o grande ganho desses pesquisadores foi exatamente a percepção da história evolutiva dos seres vivos como as ramificações de uma grande “árvore” (SANTOS; CALOR, 2007a).



2 CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA

Ensinar que a diversidade biológica é decorrente dos processos evolutivos nos ecossistemas não é uma tarefa fácil. Inicialmente, a classificação de diversidade biológica se limitava a descrever e dar nomes às espécies. Carolus Linnaeus (1707-1788) foi pioneiro em formalizar a sistemática por meio do sistema binomial de classificação, sendo que as primeiras propostas foram publicadas no *Species Plantarum* (1753) e na décima edição do *Systema naturae* (1758), que traziam como princípios o essencialismo e o tipologismo de Aristóteles, limitando a diversidade de espécies e endossando a imutabilidade (DUPRÉ, 2002).

Mesmo com todas as limitações do sistema Lineano, muitos livros didáticos ainda explicitam esse método para classificação dos organismos vivos, ou seja, utilizam binômios latinos ou latinizados e agrupa as espécies em classes e subclasses.

Foi a partir do século XVIII, com os trabalhos de Lamarck (1744-1829), que começaram a aparecer propostas de que as espécies poderiam não ser entidades imutáveis, questionando os pressupostos citados anteriormente. Mesmo com o trabalho *A origem das espécies* de Charles Darwin (1859) não houve imediatamente um entendimento da ideia de ancestralidade comum, prevalecendo ainda a classificação por pura semelhança, como nos tempos de Aristóteles (AMORIM, 2002).

Em 1866, Haeckel propõe a árvore da vida, baseada apenas em sua experiência e observação, sem um método preciso para dar clareza às relações estabelecidas entre os organismos. Willi Hennig, em 1866, propõe este método – sistemática filogenética; inicialmente publicado em alemão, mas que se tornou conhecido após ter sido traduzido para o inglês. Mayr (1988) chamou de Cladistas todos aqueles que assumissem que a filogenia deveria ser o centro da sistemática e que as filogenias poderiam ser construídas baseadas em comparações entre as espécies (AMORIM, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2011).

Mas, o que seriam as filogenias? Primeiramente, denomina-se o conjunto da história de ancestralidade entre todas as espécies; secundariamente, chama-se de filogenia o diagrama que representa a história evolutiva dessa espécie (AMORIM, 2002). O principal objetivo da sistemática filogenética é organizar o que se conhece sobre biodiversidade a partir das relações entre os táxons, somado ao conhecimento da evolução das características morfológicas, ecológicas e moleculares dos grupos (MATIOLI, 2001).

Tendo por base o conceito de evolução como descendência com modificação a partir de um ancestral comum, pode-se começar a repensar o ensino de Biologia dentro de um arcabouço

evolutivo. Nisso se encaixa a sistemática filogenética, com sua apresentação das relações de parentesco entre os organismos por meio dos cladogramas (SANTOS; CALOR, 2007b).

São denominados cladogramas as representações gráficas das relações entre os grupos de organismos; eles são utilizados para facilitar a discussão e visualização de como os organismos atuais e seus ancestrais estão agrupados. O entendimento dos aspectos filogenéticos facilita a integração entre os conceitos biológicos, tanto no ensino fundamental como no médio (AMORIM, 2002; SCHUCH; SOARES, 2003; GUIMARÃES, 2005 e RODRIGUES *et al.*, 2011).

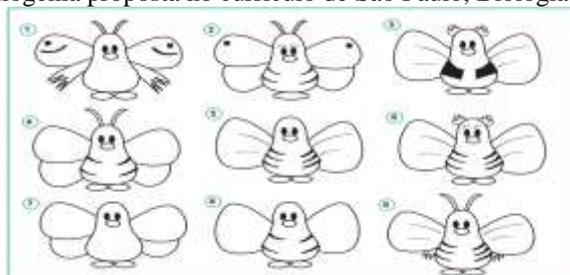
3 A PROPOSTA CURRICULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO PARA O ENSINO MÉDIO - BIOLOGIA

Em 2008, a Secretaria do Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP) organizou o currículo da rede pública numa coleção composta por seis volumes, sendo dois para cada série do ensino médio. A coleção está dividida em temas, sendo que os propostos para o 1º volume da 3ª série do Ensino Médio de Biologia são: Diversidade da vida – O Desafio da Classificação Biológica e Especificidade dos Seres Vivos.

Para cada tema existe uma composição equilibrada do percurso pedagógico, de modo que os objetivos sejam alcançados. Esse percurso inclui textos; exercícios de fixação de conteúdos e conceitos; jogos; pesquisa individual e em grupo; lição de casa; testes de vestibulares e desafios.

O presente trabalho teve seu início baseado no desafio proposto na situação de aprendizagem 4: *Árvore da Vida* (SÃO PAULO, 2014, p. 38). Para execução dessa atividade inicialmente é realizada uma discussão sobre as relações de parentesco entre os seres vivos. Em seguida, os alunos embasados por conteúdos prévios disponíveis no material, são convidados à construção de árvores filogenéticas a partir de um grupo de organismos fictícios denominados piteronáculos (Figura 1).

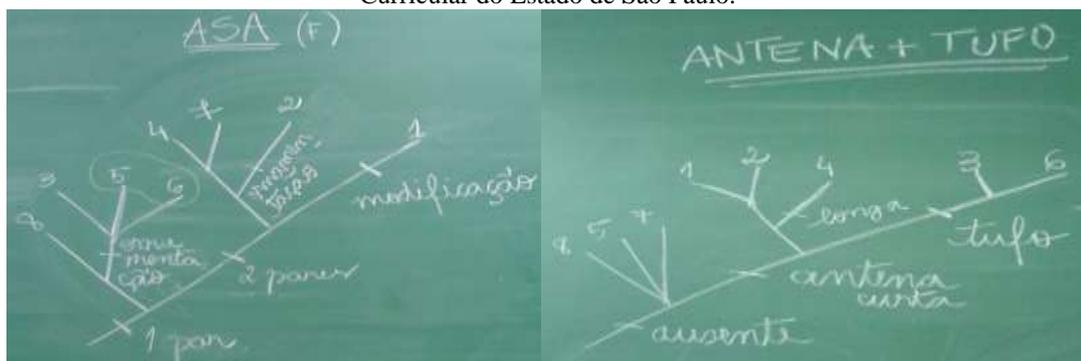
Figura 1 - Atividade de filogenia proposta no currículo de São Paulo, Biologia, 3ª série do Ensino Médio.



Fonte: São Paulo, 2014, p. 39.

De acordo com o desafio, os piteronáculos compreendem um grupo composto por nove espécimes: sete atuais e um fóssil ancestral (caracterizado como grupo externo); e, por último, um fóssil encontrado depois que a filogenia do grupo já está formada, o que o torna mais complexo. De posse dessas informações, os alunos são convidados a desenvolver suas propostas de relações filogenéticas como atividade para casa e, posteriormente, apresentariam suas matrizes e resultados (Figura 2).

Figura 2 - Rascunhos realizados pelos alunos das possíveis filogenias dos piteronáculos, desafio da Proposta Curricular do Estado de São Paulo.



Fonte: Stefanie Caroline Caldeira de Araújo, 2015.

Finalizar essa situação de aprendizagem trouxe à tona dificuldades de execução além das expectativas iniciais, dentre elas: o número de espécimes elevado, a observação e listagem de uma quantidade muito grande de caracteres presentes nos piteronáculos, a elaboração das possíveis matrizes com esses dados, e, finalmente, a proposição de árvores que evidenciem as relações de parentesco entre esses espécimes, ou seja, a construção filogenias.

Assim, tendo por base as dificuldades enfrentadas segundo o proposto pelo currículo de Biologia do Estado de São Paulo, objetivou-se desenvolver uma atividade prática complementar para o ensino da filogenia. Para tanto, objetivos específicos foram delimitados, a saber: i) analisar, por meio de questionário, as representações sociais dos estudantes sobre o conceito de biodiversidade; ii) confeccionar manequins com materiais reutilizáveis para utilização nas aulas práticas e iii) discutir sobre os conceitos adquiridos pós-aula, a partir, da aplicação de questões de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

4 MÉTODO

4.1. ESCOLA DE APLICAÇÃO E PARTICIPANTES

O projeto foi aplicado no primeiro bimestre de 2015 durante as aulas de Biologia da 3ª série do ensino médio no período noturno, conforme currículo da rede pública do Estado de São Paulo. A aplicação foi feita na escola pública estadual Nemésio Cândido Gomes, situada no

município de Itaquaquecetuba, SP. No total, 30 alunos voluntários participaram e preencheram os questionários.

A proposta, bem como as autorizações, foi aprovada pelo Comitê de Ética de Pesquisa (CEP) da Universidade de Mogi das Cruzes (UMC), sob o nº 41069015.0.0000.5497. Foram organizados dois questionários estruturados, um pré-teste com dezoito questões e outro pós-teste, que traz, além das questões do pré-teste, um acréscimo de cinco questões que visam averiguar as habilidades adquiridas (Quadro 1).

Quadro 1 - Variáveis e dimensões dos questionários pré e pós-teste aplicados aos alunos do Ensino Médio.

Questionário pré-aula			
Bloco	Dimensões	Variáveis	Questões
I	Identificação	Idade e sexo	1, 2 e 3
II	Formação	Perfil do curso do ensino médio e pretensões para ensino superior.	4, 5, 6, 7 e 8 e 9.
III	Conhecimentos específicos	Repertório específico da filogenia, apropriação e entendimento de termos.	10, 11, 12, 13, 14, e 15.
IV	Testando seus conhecimentos	Exercícios de exames vestibulares e ENEM com a temática filogenia e interpretação de cladogramas	16, 17 e 18.
Questionários pós-aula			
Bloco	Dimensões	Variáveis	Questões
I – IV	Idem ao pré-aula.		
V	Proposta aplicada e aulas práticas.	Competências e habilidades desenvolvidas e adquiridas, aspectos positivos e negativos da aula prática, capacidade de auto avaliação e autocrítica em relação aos conceitos.	19, 20, 21, 22, 23.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As respostas dadas às questões foram tabuladas e suas frequências expressas em porcentagens. Foi utilizado o teste do Qui-quadrado (χ^2) para analisar a significância das diferenças entre as frequências das categorias de alternativas assinaladas, considerando-se sempre significativos os valores em que $p \leq 0,05$, para isso, utilizou-se o programa BIOESTAT 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

4.2. ATIVIDADE COMPLEMENTAR: ELABORAÇÃO DOS MODELOS TRIDIMENSIONAIS

Como descrito anteriormente, o currículo oficial do Estado de São Paulo propõe um desafio para classificação biológica por meio da sistemática filogenética (SÃO PAULO, 2014, p. 38) a partir de um grupo fictício denominado piteronáculos. Entretanto, ao elaborarem os cladogramas, os alunos perceberam um número elevado de características para cada espécime, o que demandou maior tempo, somado às características repetidas (homoplasias, conceito mais

amplo). Os estudantes receberam, ainda, esse material de forma impressa, o que tornou um fator limitante na observação e listagem dos caracteres.

Visando tornar a atividade proposta mais envolvente, foi sugerida a criação de modelos complementares aos piteronáculos. Os modelos foram confeccionados com materiais reutilizáveis como: latinhas de refrigerantes; caixas de ovos e de leite; entre outros materiais (Figura 3).

Figura 3 - Modelos tridimensionais elaborados a partir de materiais reutilizáveis



Fonte: Rogério Soares Cordeiro, 2015.

Os materiais foram trabalhados de modo que recebessem caracteres identificáveis pelos alunos como exclusivos (autapomorfias) ou compartilhados (sinapomorfias). Essas características foram escolhidas aleatoriamente pelos alunos, que desenvolveram suas matrizes de dados e, finalmente, seus cladogramas. Assim, a partir da situação-problema, os estudantes realizaram inferências para a resolução da mesma.

Essa proposta coaduna com o sugerido por Santos e Calor (2007a), ou seja, o uso de cladogramas gerais, que exibam apenas grupos representativos, entendidos pelos autores como preferíveis por evitar que professores e estudantes memorizem características e nomenclaturas de grupos, ignorando as modificações de características implícitas nas relações entre os organismos.

5 RESULTADOS

5.1. PERFIL DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Os alunos entrevistados tinham entre 16 e 18 anos de idade, residentes no município de Itaquaquecetuba, região do Alto Tietê em São Paulo / Brasil, sendo 53,33% do sexo feminino e 46,66% do sexo masculino. Todos os integrantes estudam no período noturno, 66% alegam estudarem sozinhos e 86% possuem acesso à internet em casa.

5.2. CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

O campo III foi composto por questões de conhecimentos específicos, tais como: classificação biológica, filogenia, taxonomia, sinapomorfia e cladogramas. Esses conceitos foram fundamentais para o pleno entendimento e domínio do tema presente no currículo do Estado de São Paulo. Desta forma, a primeira questão do bloco trazia o conceito de classificação biológica.

O currículo do estado sugere um caminho em que os alunos construam o conceito de classificação biológica à medida que pesquisam (SÃO PAULO, 2014, p. 7-20). Classificar não é apenas um ato biológico, trata-se de um procedimento humano, aplicável a várias situações diárias, o autor Mayr (2008) reitera que os critérios de classificação biológica foram criados com o intuito de dar ordem à diversidade biológica.

A primeira questão sobre conhecimentos específicos trouxe o conceito de classificação biológica, com duas respostas plausíveis, as alternativas: 'a' e 'd'. Na alternativa 'a', a palavra classificação está mais associada às classificações de modo geral, como: objetos, roupas, produtos. Talvez a palavra 'grupo', que aparece em 'c' e 'd', pode ter dificultado a escolha da resposta. Ainda assim, no questionário pré-aula, tanto a alternativa 'a' quanto 'c' tiveram a mesma frequência de resposta (23,3%), diferentemente de 'd' (43,3%); que são estatisticamente significativas ($\chi^2 = 8,89$, gl = 2, p = 0,0117). Mesmo no questionário pós-aula, as alternativas 'a' e 'd' continuaram sendo as mais assinaladas, com maior frequência de resposta na alternativa 'a' (Quadro 2).

Quadro 2 - Concepções dos alunos sobre classificação.

O que é classificar?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) Colocar em ordem de importância, gosto ou similar	23,3	53,3
b) Desordenar elementos com qualidades parecidas	0,0	3,3
c) Distribuir em grupos que possuam características diferentes	23,3	10,0
d) Dividir em grupos que possuam características parecidas	43,3	33,3
e) Fazer um anúncio no jornal, revista, etc	3,3	0,0
Não responderam	6,7	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foi perguntado aos estudantes sobre suas representações acerca do conceito de filogenia. A Proposta Curricular do Estado não a define, mas faz uso corrente da terminologia



para leitura e interpretação de árvores (SÃO PAULO, 2014, p. 33-45). Para Amorim (2002, p. 148) “Filogenia é a história evolutiva de um grupo, incluindo as relações de parentesco entre suas espécies ancestrais em vários níveis e as espécies descendentes”.

Partindo-se dessas definições, era esperado que os alunos assinalassem como correta a alternativa ‘d’. Antes da aula com os manequins, somente 3,3% dos alunos acertaram, aumentando para 26,7% após a aula prática. Essas frequências são estatisticamente significativas ($\chi^2 = 18,252$, $gl = 1$, $p = 0,0001$). Ainda sobre filogenia, é válido reforçar que diminuiu o número de alunos que antes da atividade não indicou nenhum significado ou simplesmente não respondeu (Quadro 3).

Quadro 3 - Concepções dos alunos sobre filogenia.

O que é filogenia?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) É o conjunto de características de uma espécie	6,7	10,0
b) É um conjunto de genes de um filo	56,7	40,0
c) É uma representação das características de uma espécie	3,3	16,7
d) É uma representação de parentesco entre as espécies	3,3	26,7
e) Não sabem o que é filogenia	23,3	6,7
Não responderam	6,7	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora normalmente aplicada a estudos específicos de classificação biológica, a sistemática filogenética pode ser utilizada para enfraquecer o paradigma essencialista no ensino de Biologia, reforçando a ideia de que a melhor metáfora para a evolução é uma árvore da vida, ramificada, que vai de organismos mais “simples” até os mais “complexos” (SANTOS; CALOR, 2007a).

A classificação biológica no currículo do Estado de São Paulo está estritamente relacionada à compreensão da diversidade biológica. Dentro dessa perspectiva, uma das perguntas buscou responder qual o conceito de diversidade biológica mais se aproxima aos conhecimentos dos estudantes nesse nível escolar. Antes da aula prática, houve um empate entre as alternativas corretas ‘a’ e ‘d’, e um aumento não relevante estatisticamente na fase pós-teste para alternativa ‘a’, a irrelevância estatística foi apresentada ($\chi^2 = 28,516$, $gl = 1$, $p = 0,0001$) (Quadro 4).



Quadro 4 - Concepções dos alunos sobre biodiversidade.

O que é biodiversidade?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) É a diversidade das espécies vivas (flora, fauna, fungos, etc)	36,7	46,7
b) É a variedade de funções que um organismo vivo pode desempenhar	10,0	3,3
c) É o conjunto de animais de espécies diferentes	10,0	20,0
d) Trata-se dos diversos tipos de biomas existentes	36,7	30,0
e) É a interação entre os animais e o meio em que estão inseridos	0,0	0,0
Não responderam	6,7	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

O conceito de biodiversidade é mal definido, além de ser um assunto que provoca a controvérsia na academia, pois à medida que se busca o significado da biodiversidade para o meio ambiente e para as sociedades humanas, vai ocorrendo uma ampliação do termo, que passa a incluir outros valores (econômico, social, cultural, estético) (GAYFORD, 2000). No presente estudo foram consideradas as definições de diversidade biológica, dentro das Ciências Biológicas (WILSON, 1997; PRIMACK, 1993; LÈVEQUE, 1999; SARKAR, 2005; WUO *et al.*, 2012).

É praticamente inevitável falar de classificação da diversidade biológica sem tratar das categorias taxonômicas. A Proposta Curricular e os livros didáticos para ensino médio também trazem essa tratativa de biodiversidade com a ideia de taxonomia lineana, ou seja, ordenação dos organismos vivos em categorias (SÃO PAULO, 2014, p. 20).

Ao perguntar aos alunos sobre o conceito de taxonomia a alternativa 'a' foi assinalada com maior frequência antes da aula prática (43,4%). Após a aula prática, apenas 26,7% dos alunos responderam corretamente, sendo estes resultados estatisticamente diferentes entre si ($\chi^2 = 3,937$, gl = 1, p = 0,0472). Nas devolutivas e discussões em sala, os alunos alegaram dificuldades com alguns termos, o que requer ajustes no tempo de aulas (Quadro 5).

Quadro 5 - Concepções dos alunos sobre taxonomia.

O que é taxonomia?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) Ramo da biologia que estuda a classificação entre os seres vivos	43,3	26,7
b) Ramo da biologia que estuda as taxas de natalidade e mortalidade	10,0	10,0
c) Ramo da ciência que estuda as características dos seres vivos	20,0	13,3
d) Ramo da ciência que estuda as diferenças entre os seres	6,7	30,0
e) Ramo da economia que estuda as variações de taxas estatais	3,3	20,0
Não responderam	16,7	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

No caso do conceito de sinapomorfia, a alternativa ‘a’ é considerada como correta. As diferenças para referida alternativa entre pré (10%) e pós (13%) não são relevantes. No entanto, a alternativa ‘b’ revela um problema conceitual: uma possível dúvida entre os conceitos de sinapomorfia e apomorfia, visto que houve diferenças de valores estatísticos relevantes ($\chi^2 = 34,335, gl = 1, p = 0,0001$) entre o pré (3,3%) e pós (43,3%) aulas práticas (Quadro 6).

Quadro 6 - Concepções dos alunos sobre sinapomorfia.

O que é uma sinapomorfia?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) Uma característica compartilhada por todos do grupo	10	13,3
b) Uma característica que apenas um do grupo possui.	3,3	43,3
c) Uma característica que é compartilhada por grupos diferentes	13,3	30,0
d) Uma característica que nenhum do grupo possui.	3,3	0,0
e) Não sei o que é uma sinapomorfia	63,3	13,3
Não responderam	6,7	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Embora aulas com experimentação evidenciem aquisição de habilidades e aprendizagem mais significativa (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982), a linguagem científica ainda é um grande problema no ensino de Biologia (SANTOS; CALOR, 2007a). O uso excessivo de termos faz com que os alunos logo esqueçam o que memorizam, especialmente para provas, independente do assunto que deve ser aprendido (PENICK, 1998).

A última questão desse bloco tratou sobre os conceitos dos alunos sobre cladograma que são diagramas que indicam as relações de parentesco entre ramos terminais – as unidades



taxonômicas, que podem ser populações, espécies ou grupos monofiléticos específicos (AMORIM, 2002). Diante disso, a resposta correta é a alternativa ‘c’.

Os resultados mostram que antes das aulas práticas a ocorrência de respostas corretas foi de 16,7%, depois 50,0% acertaram. Este resultado denota um avanço de conhecimento estatisticamente comprovado ($\chi^2 = 16,625$, $gl = 1$, $p = 0,0001$). Nessa questão ainda ocorreu uma diminuição de 23,3% do número de alunos que respondeu ‘*não sei o que é um cladograma*’.

Os cladogramas são ferramentas da filogenia, que, de acordo com Lopes (2008), começaram a aparecer nos vestibulares sem que os livros didáticos de Biologia do ensino médio explicassem o que são e como analisá-los. Os resultados apontam uma significativa apropriação do conceito a partir da prática com os modelos propostos (Quadro 7), o que possibilita alunos e professores visualizarem padrões hierárquicos naturais à luz de paradigma evolutivo não-essencialista (SANTOS; CALOR, 2007a).

Quadro 7 – Concepções dos alunos sobre cladogramas.

O que é um cladograma?	Totais	
	Pré (%)	Pós (%)
a) Representação da biodiversidade do grupo estudado.	3,3	3,3
b) Representação da classificação das espécies de diferentes grupos.	20,0	10,0
c) Representação das relações filogenéticas entre os grupos.	16,7	50,0
d) Representação das características encontradas nos grupos	0,0	10,0
e) Não sei o que é um cladograma.	50,0	26,7
Não responderam	10,0	0,0
Total Geral	100	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

5.3. TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

O campo “testando seus conhecimentos” foi elaborado pensando nas questões de vestibulares e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). As questões do ENEM estão articuladas aos eixos cognitivos comuns às áreas do conhecimento da matriz de referência para o desenvolvimento de habilidades, como: identificar e interpretar; explicar; aplicar; confrontar; estabelecer relações e julgar. Essas foram identificadas com os números 16, 17 e 18 e, posteriormente, analisadas apenas as alternativas corretas e as relações estatísticas entre o pré e pós-aulas práticas. As alternativas corretas estão em negrito (Quadro 8).

Figura 4 - Enunciados das questões analisadas pré e pós-aulas práticas

16. (ENEM) O assunto na aula de Biologia era a evolução do Homem. Foi apresentada aos alunos uma árvore filogenética, igual à mostrada na ilustração, que relacionava primatas atuais e seus ancestrais.

Foram feitas comparações entre DNA e proteínas da espécie humana com DNA e proteínas de diversos primatas. Observando a árvore filogenética, você espera que os dados bioquímicos tenham apontado, entre os primatas atuais, como nosso parente mais próximo o:

17. (PUC-RJ) Observe os cladogramas abaixo e assinale a afirmativa correta. Considere A, B e C como sendo três espécies distintas.

18. (UFU) Observe a árvore filogenética adiante.

Espera-se encontrar maior semelhança entre os genes de:

Fonte: elaborada pelos autores.

Em relação à questão número 16, o aluno teve que identificar em uma árvore evolutiva as relações entre primatas. A resposta correta era ‘b’, e os resultados mostram que os alunos apresentaram uma melhora significativa de conhecimento ($\chi^2 = 8,704$, gl = 1, p = 0,0032). Uma situação atípica aconteceu nessa questão, os alunos extrapolaram as alternativas com depoimentos, acrescentando respostas como: “*não acredito nessa teoria*”, “*não acredito que o homem tenha parentela com primatas, como macaco*” e “*não acredito que vim do macaco*”. As alternativas corretas estão em negrito (Quadro 8).

Respostas desse tipo tiveram uma frequência de 13,3% nas aulas antes da prática, diminuindo para 3,3% nas aulas pós-prática. Daí a importância de se combater as ideias essencialistas e fixistas impregnadas no ensino de Biologia. Esses alunos estavam reproduzindo a Teoria Criacionista, em que as espécies são imutáveis e perfeitas, estas ideias atravessaram séculos até que a noção de princípio vital fosse questionada (MOORE, 1982; CARNEIRO, 2004).

Bizzo (1991), analisando obras de divulgação científica e textos didáticos, realizou uma revisão sobre o assunto, com a inclusão de entrevistas direcionadas a alunos que tinham estudado genética. Embora o estudo estivesse associado ao ensino de genética, os entrevistados fizeram associações à evolução de uma forma ampla, inclusive como evolução cultural, relacionando, fortemente, a imagem de Charles Darwin aos processos evolutivos. O trecho da entrevista é parte do material coletado pelo pesquisador:

É...Eu sei de uma historinha: um dia chegou um cara, o Darwin, e ele disse: o Homem vem do macaco. Depois ele mudou de ideia: não, o Homem vem de um animal que

pertence à mesma classe do macaco, no caso, dos mamíferos. Ele explicou o negócio das girafas: as de pescoço comprido sobreviviam mais, pois assim elas alcançavam as árvores mais altas (os frutos). É a seleção natural. (KRASILCHIK, 2008, p. 33).

Do mesmo modo que os depoimentos dos três estudantes da atual análise evidenciaram ideias conflitantes sobre a evolução, o recorte do depoimento obtido por Bizzo (1991) está embebido de imprecisões acerca dos autores de teorias associadas à evolução. Há ideias de uso e desuso, que reforçam o ambiente como determinante de características nos organismos vivos e, dificuldades de posicionar o homem numa escala evolutiva junto a outros primatas.

Analisando a questão de número 17, cujo objetivo foi estabelecer as relações evolutivas por meio da análise e interpretação de um cladograma para três organismos hipotéticos (Figura 4), nota-se que pode ter ocorrido algum equívoco no conceito de espécie, pois os alunos ficam em dúvida entre as três primeiras alternativas (de 23,3% para cada). Entretanto, na alternativa correta 'c' há um declínio entre as aulas, de 23,3% para 13,3%; o que indica maior investimento para ensino dessas habilidades apesar de não serem estatisticamente diferentes ($\chi^2 = 2,732$, $gl = 1$, $p = 0,0983$) (Quadro 8).

A questão 18 também trata da interpretação de um cladograma, mas, ao contrário da questão anterior, traz a árvore onde estão inseridos alguns animais sem que apareçam termos mais específicos, tais como: cladograma, sinapomorfia, apomorfia, homologia, monofilético, etc (Figura 4). A alternativa correta 'a' teve diferenças estatísticas significativas ($\chi^2 = 6,667$, $gl = 1$, $p = 0,0098$) entre o antes da aula prática (20%) e após (40%) (Quadro 8).

Quadro 8 - Representações dos estudantes referentes às questões com abordagem na sistemática filogenética e presentes nos vestibulares e ENEM

Questão 16	Total (Pré)		Total (Pós)		Questão 17	Total (Pré)		Total (Pós)		Questão 18	Total (Pré)		Total (Pós)	
	F	%	F	%		F	%	F	%		F	%	F	%
a) Australopithecus	11	36,7	6	20	a) os dois cladogramas mostram relações evolutivas distintas	7	23,3	7	23,3	a) baleia e pássaro	6	20	12	40
b) Chimpanzé	11	36,7	20	66,7	b) as espécies A e B fazem parte, obrigatoriamente de um gênero distinto de C	7	23,3	17	56,7	b) bactéria e protozoário	12	40	10	33,3
c) Ramapithecus	1	3,3	0	0	c) A, B e C formam um grupo monofilético	7	23,3	4	13,3	c) estrela-do-mar e ostra	2	6,7	3	10
d) Gorila	1	3,3	1	3,3	d) A, B e C não compartilham um ancestral comum	5	16,7	1	3,3	d) ostra e coral	4	13,3	2	6,7
e) Orangotango	0	0	1	3,3	e) A, B e C formam um grupo monofilético	1	3,3	0	0	e) baleia e pássaro	3	10	2	6,6
Depoimentos	4	13,3	1	3,3	Depoimentos	0	0	0	0	Depoimentos	0	0	0	0
Não responderam	2	6,7	1	3,3	Não responderam	3	10	1	3,3	Não responderam	3	10	1	3,3
Total Geral	30	100	30	100	Total Geral	30	100	30	100	Total Geral	30	100	30	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

5.4. OPINIÕES DOS ESTUDANTES SOBRE AS AULAS PRÁTICAS

A questão que versava sobre motivação durante as aulas práticas indicou que 63,3% dos alunos sentiram-se estimulados a alcançar os objetivos propostos, ou seja, a construção dos cladogramas a partir dos manequins feitos de materiais reutilizáveis para o entendimento da



diversidade biológica dentro de um contexto filogenético. A aula prática também aumentou o interesse e aguçou a curiosidade dos alunos.

Quando os alunos estão envolvidos aprendem mais, retêm conhecimento e desenvolvem habilidades de uma forma mais adequada (PENICK, 1998). As aulas práticas que extrapolam roteiros de instruções, com o qual os alunos chegam a uma resposta esperada, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades importantes no processo de formação do pensamento científico ajudando a fugir do modelo tradicional de ensino, levando o aluno a maior participação (LIMA; GARCIA, 2011).

Quando questionados sobre o entendimento entre as relações da diversidade biológica e sistemática filogenética, 60% dos entrevistados alegaram aprender com maior facilidade quando se trata de um material tátil, como sugerem Justina (2006), Araújo-de-Almeida (2007) e Silva (2017). Os alunos declararam que os materiais, por serem tridimensionais, facilitaram a visualização e identificação das características (46,7%) e ainda disseram que a aula tornou-se dinâmica. Além disso, 53,3% dos alunos indicaram que a utilização de modelos tridimensionais facilitou a escolha dos caracteres porque a visualização do que está presente/ausente é mais rápida.

A aquisição do saber pelos alunos aponta que a experimentação e vivência do tema de estudo, utilizados como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre o seu objeto de estudo (CARVALHO *et al.*, 1999). Nesse contexto, os PCN de Ciências Naturais evidenciam alguns tópicos relevantes e imprescindíveis para uma boa atividade experimental. Segundo esse documento,

[...] é muito importante que as atividades não se limitem a nomeações e manipulações de vidrarias e reagentes, fora do contexto experimental. É fundamental que as atividades práticas tenham garantido o espaço de reflexão, desenvolvimento e construção de ideias, ao lado de conhecimentos de procedimentos e atitudes. Portanto, também durante a experimentação, a problematização é essencial para que os estudantes sejam guiados em suas observações (BRASIL, 1998b, p. 122).

Um dos maiores desafios das aulas de experimentação é a disponibilidade de tempo e infraestrutura para efetivar essa modalidade de aula. Em relação à infraestrutura, os censos escolares mostram que os laboratórios de ciências, os computadores e as bibliotecas são recursos ainda escassos em nossas escolas (IVANISSEVICH, 2003).

Schwartzman e Christophe (2009) ainda destacam que, além dos problemas de infraestrutura do ambiente escolar, merece destaque a relação do professor com a docência, o ideal é que o professor tenha familiaridade e interesse pelas ciências, assim, seus alunos estarão



motivados e estimulados, contribuindo para uma genuína formação. Em relação a essas variáveis da experimentação,

Embora a importância das aulas práticas seja amplamente reconhecida, na realidade elas formam uma parcela muito pequena dos cursos de biologia, porque, segundo os professores, não há tempo suficiente para organização do material, falta-lhes segurança para controlar a classe, conhecimentos para organizar experiências e também não dispõem de equipamentos e instalações adequadas. Mesmo admitindo que alguns fatores mencionados possam ser limitantes, nenhum deles justifica ausência de trabalho prático em curso de biologia. Um pequeno número de atividades interessantes e desafiadoras para o aluno já será suficiente para suprir as necessidades básicas desse componente essencial para a formação dos jovens, que lhes permite relacionar os fatos às soluções de problemas, dando-lhes oportunidades de identificar questões para investigação, elaborar hipóteses e planejar experimentos para testá-las, organizar e interpretar dados e, a partir deles, fazer generalizações e inferências (KRASILCHIK, 2008, p. 87).

De fato, ao final das aulas práticas, os alunos também indicaram como principais desafios: 1) tempo disponível para finalização dos cladogramas (30%) e 2) montar a matriz de dados (23,7%). Os dois fatores limitantes estão associados ao tempo. Salienta-se que não é objetivo do trabalho validar a relevância das aulas práticas, sendo sua importância inequívoca e comprovada (HOFSTEIN; LUNETTA, 1982; CHASSOT, 2003).

A sugestão dos manequins fictícios construídos com materiais reutilizáveis demonstrou ser viável, inclusive financeiramente. O levantamento de características similares (homologias), a elaboração da matriz de dados, os diagramas elaborados pelos estudantes com inferências das relações de parentesco, e, sobretudo, os depoimentos espontâneos em relação à aula proposta, endossam a importância desse tipo de investimento.

Ensinar diversidade biológica por filogenias não implica em aprofundar nos métodos hennigianos e seus algoritmos, mas sim na possibilidade de fomentar discussões sobre hipóteses filogenéticas.

6 CONCLUSÕES

Viver num país com tamanha biodiversidade e pouco vivenciá-la, ou até mesmo, reduzir às atividades impressas, tendo como público-alvo estudantes de Ensino Médio, especialmente aqueles do período noturno, que em sua grande maioria trabalham ou se ocupam de outras atividades durante o dia, pode ser um desestímulo à construção do conhecimento.

Sabendo-se que as escolas públicas de São Paulo nem sempre disponibilizam de laboratórios em seus prédios com equipamentos e materiais para realização de experimentos, as aulas práticas, onde se utilizam materiais reutilizáveis e de baixo custo, podem ser uma



estratégia para ampliar o repertório dos alunos, além de oferecer uma forma alternativa das recorrentes aulas expositivas com lousa, giz e livro-texto.

Nesse sentido, os resultados desse trabalho apontam que atividades complementares, como a sugerida, com materiais táteis, permitem a visualização e escolha de caracteres mais facilmente que o desafio presente no currículo do Estado de São Paulo, além de estimular a curiosidade, facilitar o entendimento e promover o envolvimento com o objeto de estudo.

Quando as aulas trazem problemáticas de autoria do próprio aluno, há melhoria nos resultados das questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), porque esse modelo de prova é pensado sob eixos cognitivos que requerem habilidades básicas, e que podem ser despertadas com atividades práticas.

Em suma, foram notados certos equívocos de conceitos e premissas que são pertinentes à sistemática filogenética. As dúvidas no emprego de termos-chave podem ter ocorrido devido ao baixo tempo hábil, haja vista que são apenas 4 horas/aulas no ensino de filogenia e biodiversidade no Ensino Médio, evidentemente insuficiente para o tratamento de um tema complexo e abrangente.

REFERÊNCIAS

AMORIM, D.S. **Fundamentos de sistemática filogenética**. Ribeirão Preto: Holos, 2002.

ARAÚJO-DE- ALMEIDA, E; AMORIM, D. S.; SANTOS, R. L.; CHRISTOFFERSEN, M. L. Sistemática Filogenética para o ensino comparado de zoologia. In.: ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. (Org.). **Ensino de Zoologia: ensaios didáticos**. Editora Universitária: João Pessoa, 2007.

AYRES, M., AYRES, J. R. M., AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas de Ciências Biológicas e médicas**. Instituto do desenvolvimento Sustentável Mamirauá. IDSM/MCT/CNPq, p.364, 2007.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de Evolução e História do Darwinismo**. 1991. 302 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BRASIL, **Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio**, resolução CEB nº. 3 de 26 de junho de 1998a.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, p. 138, 1998b.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, p. 219, 2002.



BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, v. 2, p. 135, 2008.

CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARVALHO, A. N. P. (coord.) **Termodinâmica: um ensino por investigação**. São Paulo: Feusp, 1999.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, jan., 2003.

DUPRÉ, J. Hidden treasure in the linnean hierarchy. **Biology and Philosophy**, v. 11, p. 423-433, 2002.

GAYFORD, C. Biodiversity education: a teachers perspective. **Environmental Education Research**, v. 6, n. 4, p. 347-361, 2000

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e evolução no ensino de Biologia**. 2005. 233 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Bauru, 2005.

HAZIN, M. C. Os quês e os porquês da Biodiversidade. In: **Dia Mundial da Ciência pela Paz e Desenvolvimento**, 10 de novembro: biodiversidade; trabalho e desenhos premiados 2010, Brasília: UNESCO, 216 pp, 2010.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in science teaching: neglect aspects of research, **Review of Educational Research**, n. 52, p. 201-217, 1982.

IVANISSEVICH, A. Saber fragmentado: um retrato do conhecimento científico de nossos jovens. **Ciência Hoje**, n. 34, v. 200, p. 26-33, 2003.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. **Arquivo Mudi**, v. 10, n. 2, p. 35 - 40, 2006.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Edusp, 4ª edição, 200 pp., 2008.

LÉVÊQUE, C. **A biodiversidade**. Bauru: Editora da Universidade do Sagrado Coração, 1999.

LIMA, D. B; GARCIA, R. N. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Cadernos de Aplicação**, Porto Alegre, v. 24, n. 1, p. 201-224, 2011. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/CadernosdoAplicacao/article/view/22262>>. Acessado em: 12/07/2018.



LOPES, W. R.. **Ensino de filogenia animal**: percepções de estudantes e professores e análise de propostas metodológicas. 2008. 140 f. Dissertação (Mestrado Departamento de Zoologia) - Universidade Federal de Pernambuco, PE, 2008.

MAYR, E. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. Tradução: Claudio Angelo, São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MATIOLI, S. R. **Biologia molecular e evolução**. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

MOORE, J. A. Evolution and Public Education. **Bioscience**, n 32, v. 7, p. 606-611, 1982.

PENICK, J. E. Ensino alfabetização científica. **Educar**, v.1, n. 14, p. 91-113, 1998.

PRIMACK, R. B. **Essentials of conservation biology**. Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 1993.

RODRIGUES, M. E; JUSTINA, L. A. D.; MEGLIORATTI, F. A. O conteúdo de sistemática filogenética em livros didáticos do ensino médio. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 02, p. 65-84, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/1295/129519166005.pdf>>. Acessado em 06/07/2018.

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 – I. **Ciência & Ensino**: v.: 2, n. 1, 2007a.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. - II. **Ciência & Ensino**: v.: 1, n. 2, 2007b.

SÃO PAULO. **Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo, Caderno do Professor**: Biologia – Ensino Médio, 2014.

SARKAR, S. **Biodiversity and Environmental Philosophy: An Introduction**. Cambridge Studies in Philosophy and Biology, New York: Cambridge University Press, 2005.

SCHUCH, L. M. M.; SOARES, M. B. Oficina de classificação: de Pokemons e inofartrópodos à sistemática filogenética. **Cadernos de Aplicação**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 9-18, 2003.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. **A educação em ciências no Brasil**, 2009. Disponível: <http://schwartzman.org.br/simon2009_11_abciencias.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.

SILVA, M. L. O uso de materiais de baixo custo para experimentação nas aulas de densidade e pressão hidrostática. **Revista Prática Docente**, Instituto Federal de Mato Grosso, v. 2, n. 1, p. 62-70, 2017. Disponível em: <<http://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/47>>. Acessado em 23/09/2017.

WILSON, E. O. **Biodiversidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.



WUO, M., OLIVEIRA, R.L.B.C.; NUNES, L.R.; MIRANDA, V.F.O.; MORINI, M.S.C.; MUNHAE, C.B.; CINTRA, L.A.R.O; ARGENTINO, R.J; OLIVEIRA, M.R. Biodiversidade na Serra do Itapeti: pesquisa para o ensino. p. 305-323. In: Morini, M.S.C, Miranda, V.F.O (Org.). **Serra do Itapeti**: aspectos históricos, sociais e naturalísticos. Editora Canal6, Bauru, São Paulo, 2012.

Recebido em: 7 de julho de 2018.

Aprovado em: 20 de agosto de 2018.