

ALTA EFICÁCIA DE MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL

A. C. de S. ARAÚJO¹ e F. ROQUE²

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília de Brasília¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília de Brasília²

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6867-7374>¹
alissosubzero@gmail.com¹

Submetido 30/04/2020 - Aceito 03/09/2020

DOI: 10.15628/holos.2018.10018

RESUMO

Identificar alternativas didáticas que motivem os alunos a participarem de atividades de ensino e que promovam uma aprendizagem significativa é um desafio para os docentes. Nesse sentido, foi avaliado a eficácia de uma aula prática baseada no jogo didático “batalha dos bicos” para ensinar evolução biológica (EB) por seleção natural (SN) na educação superior. Para tanto, foi aplicado um questionário composto por cinco questões antes e após a aula prática citada para 17 estudantes de biologia do Instituto Federal de Brasília (*Campus Planaltina*), em setembro de 2017. Houve aprimoramentos na

compreensão sobre EB e SN após a aula prática. Antes dela, nenhum participante soube responder os tipos de seleção natural, mais de 41% acertaram 1 ou 2 questões e cerca de 58% acertaram 3 ou 4 questões. Após sua execução, contudo, todas as questões foram respondidas corretamente pela maioria dos participantes e o total que acertou 4 ou 5 questões ultrapassou os 88%. Esses dados sugerem que a aula prática promoveu aprendizado significativo sobre EB e SN. Por isso, o seu uso no contexto educacional poderá aprimorar o ensino científico brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Alternativa Didática, Batalha dos Bicos, Evolução, Inovação, Mecanismo Evolutivo.

ASSESSMENT OF DIDACTIC MATERIAL FOR THE TEACHING OF BIOLOGICAL EVOLUTION

ABSTRACT

Identifying didactic alternatives that motivate students to participate in teaching activities and that promote meaningful learning is one challenge for the teachers. In this sense, the effectiveness of a practical class based on the didactic game “clipbirds” to teach biological evolution (BE) by natural selection (NS) in higher education was evaluated. For this, a questionnaire composed of five questions was applied before and after the mentioned practical class for 17 biology undergraduates at the Federal Institute of Brasilia (*Campus Planaltina*), in September 2017. There were improvements in the

understanding of BE and NS after the practical class. Before it, no participant knew how to answer the types of natural selection, more than 41% answered 1 or 2 questions correctly, and about 58% answered 3 or 4 questions correctly. After its execution, however, all questions were answered correctly by most participants, and the total that answered 4 or 5 questions correctly exceeded 88%. These data suggest that the practical class promoted significant learning about BE and NS. Therefore, its use in the educational context may improve Brazilian scientific teaching.

KEYWORDS: Didactic Alternative, Clipbirds, Evolution, Innovation, Evolutionary Mechanism.

1. INTRODUÇÃO

Identificar alternativas didáticas que motivem os alunos a participarem de atividades de ensino e que promovam uma aprendizagem significativa é um dos maiores desafios dos docentes. Aulas práticas se encaixam nesse propósito porque aumentam a probabilidade de participação dos discentes nas atividades propostas, cria condições para a demonstração de saberes prévios, bem como oportunidades para buscar e construir conhecimentos novos. Adicionalmente, exercita a desenvoltura, a sociabilidade, a criatividade, utiliza o método científico, desenvolve a autoestima e a confiança discente (Martins, 2002). Portanto, o professor ao incluir em sua docência as aulas práticas oferece oportunidade de aprendizado significativo aos educandos.

Aulas práticas envolvendo simulações de fenômenos naturais são exemplos de estratégias promissoras. Isso porque elas permitem a visualização de escalas temporais e espaciais que são muito grandes ou pequenas demais para serem diretamente acessadas pelos estudantes. Através da manipulação de variáveis e da observação dos resultados, as simulações também permitem aos discentes investigar fatores que interferem nos fenômenos estudados (Rutten, Van Joolingen & Van Der Veen, 2012; Pope, Rounds & Clarke-Midura, 2017). Adicionalmente, tais ações podem ser usadas para aprimorar o aprendizado de conceitos negligenciados ou mal interpretados no ensino médio e superior como, por exemplo, o conceito de Evolução Biológica (EB) (Tidon & Lewontin, 2004; Pazza, Penteado & Kavalco, 2010; Sickel & Friedrichsen, 2013).

A EB é o conceito mais importante em Biologia porque conecta seus diferentes campos. Além de promover a compreensão dos conceitos biológicos, a EB também é importante para a cidadania plena. Por exemplo, essa teoria é crucial para a interpretação de questões sociocientíficas impactantes, como a resistência de pragas agrícolas a inseticidas e de bactérias a antibióticos e o surgimento de pandemias (Meyer & El-Hani, 2005; Sadler, 2005). A importância desse conceito, portanto, ressalta a necessidade de intervenções para seu correto entendimento.

Apesar da importância da EB para a Biologia, diversos estudos destacam sua abordagem insatisfatória nas escolas ao redor do mundo (Tidon & Lewontin, 2004; Pazza, Penteado & Kavalco, 2010; Pereira & El-Hani, 2011; Silva, Silva & Teixeira, 2011; Sickel & Friedrichsen, 2013). Tem sido constatada grande dificuldade de aprendizado da EB por parte dos alunos desde a década de 1980, inclusive após instrução formal (Bishop & Anderson, 1990; Nehm & Reilly, 2007; Nehm & Schonfeld, 2008; Gregory, 2009). Segundo Silva, Silva e Teixeira (2011), isso deve-se ao seu alto nível de abstração, controvérsias e concepções errôneas de alunos e professores sobre o assunto. Além disso, muitos professores têm dificuldade em trabalhar o assunto em sala de aula ou simplesmente não o abordam por esse estar alocado para o final do terceiro ano do ensino médio e muitas vezes por “não dar tempo” de abordar o assunto (Tidon & Lewontin, 2004). Um último fator complicador é a inadequação dos materiais e estratégias didáticas (Martins & Braga, 2002; Nehm & Schonfeld, 2007). Dessa forma, muitos alunos e professores não compreendem a EB em termos científicos (Pereira & El-Hani, 2011), sendo urgentes o desenvolvimento e o teste de metodologias alternativas para aprimorar o ensino e aprendizagem dessa temática (Alters & Nelson, 2002; Nelson, 2008).

Desenvolvida principalmente por Charles Darwin em 1859, a EB nos permite perceber as relações de parentesco entre todos os seres vivos, destacando que todos têm um ancestral comum além de permitir a investigação de como as mudanças nos seres vivos ocorreram e continuam ocorrendo. Em EB, o conceito de seleção natural (SN) postula que organismos portadores de características favoráveis a sobrevivência e reprodução deixam mais descendentes na sua população, o que eleva a frequência dessas características na sua população (Meyer & El-Hani, 2005). De todos os mecanismos evolutivos aceitos (deriva genética, cruzamentos preferenciais, migração, mutação e recombinação) a SN ainda é considerado o principal e conforme as condições ambientais pode atuar nas populações naturais favorecendo os organismos portadores de um dos fenótipos extremos (seleção direcional) ou de ambos (seleção disruptiva), ou ainda favorecendo aqueles com fenótipos intermediários (seleção estabilizadora) (Futuyma, 2009).

Apesar de o conceito de SN refletir a reprodução diferencial dos indivíduos e, em um primeiro momento, parecer simples, ainda há incompreensão conceitual entre os professores (Tidon & Lewontin, 2004), o que, conseqüentemente, resulta na disseminação de concepções errôneas sobre EB entre os alunos. Dessa forma, torna-se crucial a elaboração e avaliação de ferramentas didáticas que facilitem o aprendizado correto desse importante conceito evolutivo.

Sendo a SN difícil de observar diretamente no contexto de uma aula, muitos educadores têm desenvolvido estratégias alternativas que simulam esse processo (Reis et al., 2013; Pope, Rounds & Clarke-Midura, 2017). Nessas simulações que incluem tanto ações em que os estudantes manipulam objetos ou seus próprios corpos para representar uma população, eles podem entender que não são os indivíduos que mudam, mas a sobrevivência e a reprodução diferencial combinada com a herdabilidade que mudam a composição da próxima geração, e que a SN atua sobre variações pré-existentes ao invés de induzi-las (Fifield & Fall, 1992; Siegel et al., 2005; Price, 2010; Eterovic & Santos, 2013; Reis et al., 2013; Hildebrand, Govedich & Bain, 2014). A eficácia de muitas dessas simulações, entretanto, é raramente testada (Vargens & El-Hani, 2011; Pope, Rounds & Clarke-Midura, 2017).

A aula prática avaliada neste estudo é uma adaptação do jogo popularmente conhecido como “batalha dos bicos”, formalizado como “clipbirds” por Janulaw e Scotchmoor (2003). Nesse jogo, a SN é simulada por meio de mudanças na população inicial de pássaros com diferentes tamanhos de bicos decorrentes de variações na oferta e nos tipos de recursos alimentares em um contexto de isolamento geográfico e reprodutivo. Esse recurso didático permite, portanto, ensinar conceitos de variação intrapopulacional e simular a competição intraespecífica, sobrevivência e reprodução diferenciais (isto é, SN) e mudanças nas frequências de características adaptativas em determinados cenários ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia dessa aula prática para ensinar SN.

2. METODOLOGIA

2.1 Local de desenvolvimento e público-alvo da pesquisa

Esta pesquisa foi realizada no Instituto Federal de Brasília, *Campus* Planaltina (CPLA). O CPLA está localizado na área rural de Planaltina, na parte nordeste do Distrito Federal, Brasil (15°39'27"S 47°41'41"W, altitude 962 m). Por esse motivo, muitos estudantes residem no CPLA ou dependem de transporte público limitado para acessar esta instituição. O CPLA é o primeiro *Campus* do Instituto Federal de Brasília que atualmente oferece cursos técnicos integrados ao ensino médio (Agropecuária), técnicos (Agropecuária e Agronegócio) e ensino superior (Biologia e Agroecologia).

A participação nesta pesquisa foi condicionada ao preenchimento e assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Cada participante recebeu uma cópia do TCLE. Assim, todas as atividades realizadas neste estudo foram fotografadas e as imagens resultantes foram utilizadas para uma avaliação qualitativa das atividades desenvolvidas.

Participaram dessa pesquisa 17 estudantes de biologia do CPLA. Embora tais graduandos pertencessem a diferentes semestres, nenhum deles havia cursado a disciplina “Evolução” que está alocada no oitavo semestre do curso. Esses graduandos foram submetidos a uma oficina de três horas, realizada em setembro de 2017, durante a III Semana de Biologia dessa instituição, onde foi aplicada a estratégia didática proposta no trabalho (item 2.2).

2.2 Estratégia didática

No geral, a oficina conduzida neste estudo consistiu na apresentação dos seus objetivos, aplicação da aula prática baseada no jogo batalha dos bicos associada a discussão dos conceitos de EB, SN e seus tipos e avaliação do desempenho discente antes e depois das intervenções didáticas realizadas. Detalhes da referida aula prática e suas adaptações são apresentados no roteiro abaixo.

Roteiro de Atividade Prática (Batalha dos bicos)

Introdução: Charles Darwin anotou no seu diário que tentilhões das diferentes ilhas de Galápagos tinham bicos específicos. Ele também observou que o ambiente em cada ilha diferia das outras, principalmente quanto ao tipo de comida disponível. Ele desenvolveu uma hipótese de que em algum momento da história, todos os tentilhões eram iguais, porém com pequenas variações nos bicos. O ambiente, então, selecionou os tentilhões portadores de bico mais adaptado ao alimento de cada ilha. Consequentemente, os tentilhões com tais bicos sobreviveram e se reproduziram com mais frequência nas ilhas correspondentes (Futuyma, 2009).

Objetivo: Desenvolver uma simulação com quatro ou cinco tipos de “bicos” em quatro “ilhas” diferentes para responder o porquê um tipo de bico predominou em cada uma delas.

Materiais: Pratos de plástico para representar o solo da ilha, copos de plástico para representar o estômago dos pássaros, 1 cronômetro para determinar o ciclo de vida desses animais, um alimento no prato de cada ilha (milho branco quebrado - Ilha A; feijão - Ilha B; pedaços de ligas elásticas - Ilha C e milho amarelo - Ilha D) (Figura 1) e as ferramentas a seguir para representar tipos de bicos: palitos de picolé de tamanhos e cores diferentes, prendedores de roupas de plástico e de madeira, palitos de dente e grampos de cabelo (Figura 2).

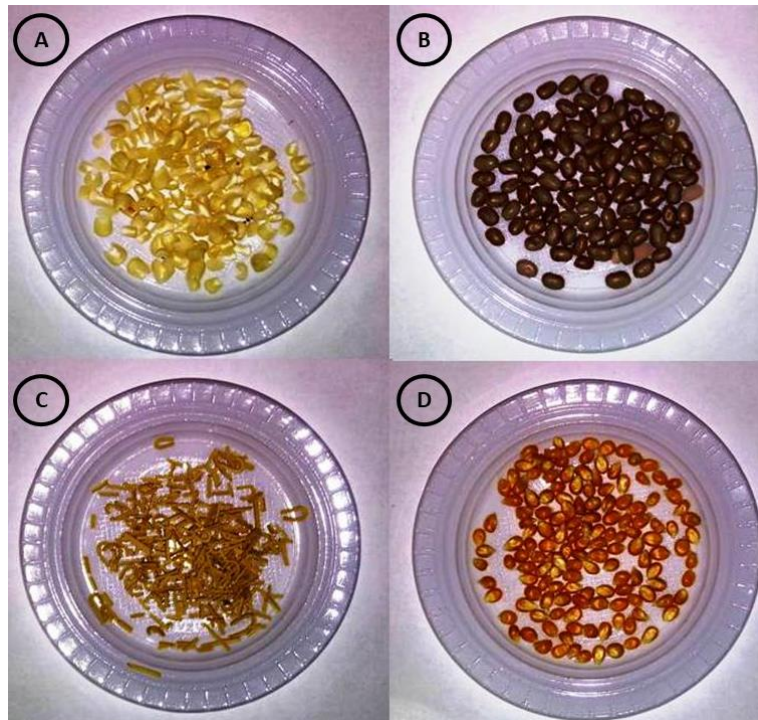


Figura 1. Pratos de plástico contendo alimentos específicos (A - milho branco quebrado; B- feijão; C- pedaços de ligas elásticas e D - milho amarelo) para simular o contexto ambiental de quatro ilhas hipotéticas de Galápagos. Fonte: autores.

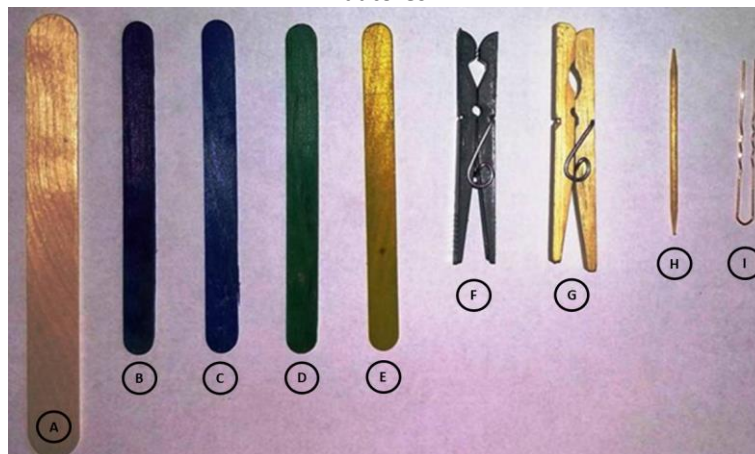


Figura 2. Ferramentas usadas para representar a variação do bico dos ancestrais hipotéticos dos tentilhões de Galápagos: palitos de picolé de tamanhos e cores diferentes (A-E), prendedores de roupas de plástico e de madeira (F-G), palitos de dente (H) e grampos de cabelo (I). Fonte: autores.

Procedimentos:

1. Explicar o que os alunos farão e relembrar conceitos de evolução, seleção natural e tipos de seleção.
2. Alunos trabalham individualmente, em duplas ou trios (dependendo do total de alunos).
3. Começar a prática dividindo o total de alunos em quatro grupos representativos das ilhas A, B, C e D. Dentro de cada ilha, cada estudante representará um pássaro com uma variante de bico que chegou a Galápagos.

4. Distribuir aos membros de cada grupo suas ferramentas e copos, assim como um prato com a comida da sua ilha. Cada membro do time usa sua ferramenta (bico específico para cada um) para coletar o máximo de comida possível ao longo de **60 segundos** e colocá-la no copo. A comida não pode ser tocada com as mãos. O professor cronometra o tempo para todos os grupos simultaneamente.

5. Medir a quantidade de comida no copo e anotar os dados no caderno. A comida é devolvida ao prato. Os estudantes de cada ilha comparam seus resultados e determinam qual será o conjunto de pássaros na próxima geração, baseados nas seguintes regras de hereditariedade (fictícias e específicas para este estudo):

Regras de hereditariedade

01- O pássaro com a menor quantidade de comida é declarado “vitimado pela fome” e desaparece da população;

02- O pássaro com maior quantidade de comida é declarado “bem-sucedido” e recebe um filhote com o mesmo tipo de bico. Em outras palavras, o pássaro “vitimado pela fome” é substituído pelo descendente do “bem-sucedido”;

03- Os outros pássaros sobrevivem, porém não se reproduzem.

6. Repita o procedimento de busca do alimento até que fique claro qual(is) dos pássaros predominará(ão) em cada uma das quatro ilhas.

7. Discutir em grupo as seguintes perguntas para verificar se os participantes entenderam como a EB ocorre por SN: - Por que os tentilhões em cada uma das ilhas apresentaram determinado(s) tipo(s) de bico(s)? - Qual tipo/modelo de seleção ocorreu durante as simulações? - Qual o papel que você acha que a seleção natural tem na evolução dos seres vivos?

2.3 Análise de dados

Para avaliar a eficácia da estratégia didática, foram gerados dados qualitativos através da observação dos participantes durante a oficina e dados quantitativos por meio de um questionário. Tal questionário, aplicado antes e após a oficina, foi composto pelas seguintes questões de múltipla escolha (alternativas não mostradas): 1- Qual é o conceito atual de BE? 2- Quem foi responsável pela formulação e popularização do conceito de BE? 3- Qual é o conceito de seleção natural? 4- Quais são os tipos de seleção natural? e 5- Qual é o conceito de seleção direcional? Tais questões foram reavaliadas por professores especialistas para evitar respostas tendenciosas.

Para identificar diferenças entre o desempenho inicial e final, nós usamos os resultados dos questionários para agrupar os participantes em uma das seguintes categorias (elaboradas arbitrariamente): “1” (participantes com uma resposta correta), “2” (participantes com duas respostas corretas), “3” (participantes com três respostas corretas), “4” (participantes com quatro respostas corretas) e “5” (participantes que acertaram todas as questões). Nós caracterizamos o padrão de distribuição dessas categorias antes e depois da atividade prática usando gráficos de distribuição de frequência. Variações na frequência dessas categorias foram acessadas usando a estatística do qui-quadrado (Tabela de Contingência). Por fim, foi analisado o total de acertos antes

e depois da aula prática, bem como eventuais diferenças estatísticas nesse parâmetro, de cada uma das questões para saber quais conceitos foram compreendidos pelos participantes. Eventuais diferenças estatísticas nesse parâmetro também foram acessadas usando o qui-quadrado (Tabela de Contingência). Todas as análises estatísticas foram rodadas no Past 2.16 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os discentes avaliados neste estudo demonstraram interesse e entusiasmo durante as aulas, além de terem feito vários questionamentos sobre o tema central (Figura 3). No entanto, alguns deles mostraram pouco entendimento sobre EB e SN no início das aulas (Figuras 4 e 5). Apesar disso, a análise das categorias de acertos mostrou que houve aprimoramentos na compreensão desses conceitos após a oficina (Figura 4). Antes dela, mais de 41% dos participantes acertaram 1 ou 2 questões e cerca de 58% acertaram 3 ou 4 questões. Após sua execução, contudo, o total de participantes que acertou 4 ou 5 questões ultrapassou os 88%. Além disso, foi confirmado que as diferenças entre o antes e o depois dessas categorias foram estatisticamente significantes ($X^2=13,657$; g.l.=4; $p<0,0085$). Dessa forma, nós concluímos que a simulação avaliada neste estudo é eficaz para esclarecimento e aprimoramento de temas relacionados à EB.



Figura 03. Visão geral dos participantes submetidos a uma atividade prática sobre evolução por seleção natural. Atividade desenvolvida em setembro de 2017, no Instituto Federal de Brasília (Campus Planaltina). Fonte: autores.

A análise dos conhecimentos específicos abordados em cada questão do questionário também revelou um aumento dos conhecimentos adquiridos pelos discentes (Figura 5). Mais de 50% dos discentes sabiam a definição de EB. Contudo, após a prática houve um aumento desse percentual para 70,59%. Todos os estudantes souberam responder qual o cientista elaborou o conceito mais popular de EB tanto antes quanto depois da aplicação da aula prática. A respeito do conceito de SN, a quantidade de acertos aumentou de 64,71% para 76,5% após a prática. Sobre os tipos de SN, nenhum discente soube responder tal questão, porém após a prática o índice de acertos aumentou para mais de 82% ($X^2=23,8$; g.l.=1; $p<0,00001$). Por fim, sobre a definição de seleção direcional, cerca de 59% dos estudantes souberam responder previamente tal conceito e após a

prática essa porcentagem aumentou para mais de 82%. Portanto, concluímos que houve um aprendizado efetivo dos conceitos focais. Esses resultados novamente sugerem que a prática testada neste estudo é de fato satisfatória.

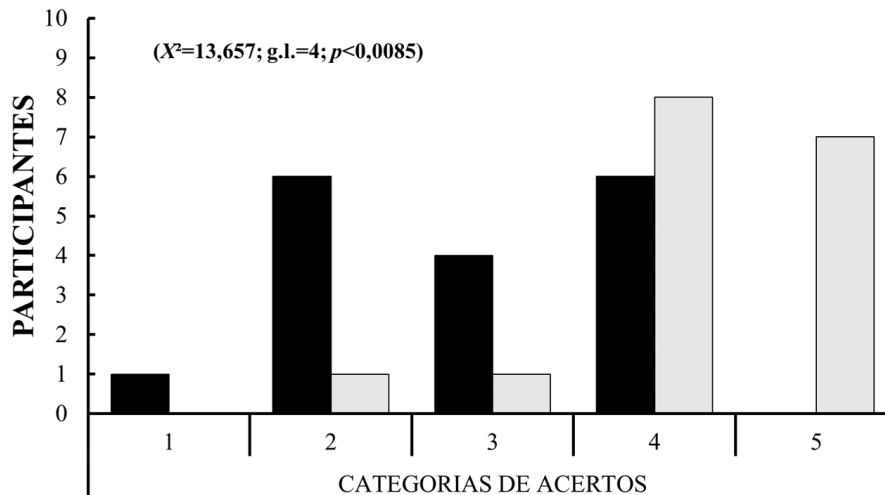


Figura 04. Caracterização das categorias de acertos sobre evolução por seleção natural antes (barras pretas) e depois (barras cinzas) de uma atividade prática. Atividade desenvolvida em setembro de 2017, no Instituto Federal de Brasília (*Campus Planaltina*). Fonte: autores

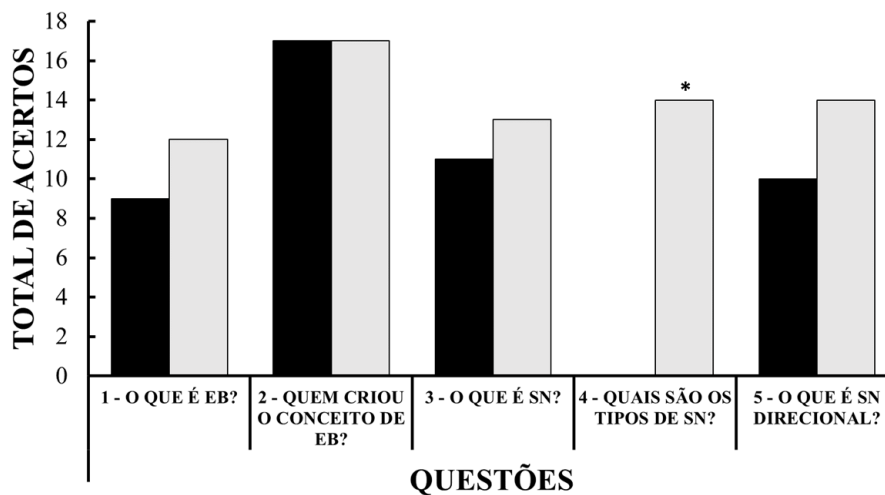


Figura 5. Caracterização do conhecimento discente sobre conceitos relacionados a temática evolução por seleção natural antes (barras pretas) e depois (barras cinzas) de uma atividade prática. Dados coletados em setembro de 2017, no Instituto Federal de Brasília (*Campus Planaltina*). * = $X^2=23,8$; g.l.=1; $p<0,00001$. EB: Evolução Biológica; SN: Seleção Natural. Fonte: autores.

Por décadas tem se verificado que a maioria dos estudantes e muitos professores não entendem corretamente a EB. Como parte dos participantes (futuros professores de Biologia) aqui avaliados demonstraram pouco entendimento sobre EB e SN no início da oficina, nossos resultados seguem as observações de vários outros estudos (Tidon & Lewontin, 2004; Pazzia, Penteadó &

Kavalco, 2010; Pereira & El-Hani, 2011; Silva, Silva & Teixeira, 2011; Sickel & Friedrichsen, 2013). Por isso, é fundamental identificar os processos motivadores que levam os alunos a participarem de atividades de aprendizagem. Assim, os professores de biologia poderão optar por aulas formuladas a partir de estratégias didáticas validadas cientificamente para alcançar um entendimento adequado dessa teoria. Nessa perspectiva, a escola se torna mais do que um local onde se aprende determinado conteúdo, mas também princípios e valores essenciais ao exercício da cidadania, pois além de favorecer a compreensão dos conceitos biológicos, a EB também é importante para a interpretação de questões sociocientíficas impactante, por exemplo, a resistência de pragas agrícolas a inseticidas e de bactérias a antibióticos e o surgimento de pandemias (Meyer & El-Hani, 2005; Sadler, 2005).

Os aprimoramentos nos rendimentos dos discentes sobre EB e SN verificados após a oficina deste estudo seguem as conclusões de Vargens e El-Hani (2011). Esses autores também avaliaram empiricamente a eficácia de uma adaptação do jogo “clipbirds” no contexto de uma escola pública de ensino médio de Salvador (Bahia), mostrando ganhos de aprendizagem com o uso desse jogo. Em outra escola baiana de ensino médio, Reis et al. (2013) também relataram o potencial desse jogo em motivar, socializar e estimular os estudantes a compreenderem o cenário apresentado, as regras e os resultados do jogo. Pope, Rounds e Clarke-Midura (2017) avaliaram a eficácia do “clipbirds” para ensinar SN em um contexto de cerca de 400 graduandos americanos em biologia e concluíram que, apesar da dispersão esperada para um grupo tão grande e heterogêneo, houve ganhos significativos de aprendizado nesse nível de ensino. Portanto, os resultados deste estudo aliados aos mencionados confirmam que aulas práticas envolvendo simulações para ensinar EB e SN são ferramentas didáticas estratégicas para evitar erros conceituais nos discentes das diferentes modalidades e níveis de ensino.

Durante a atividade prática, houve debates e discussão com os participantes da oficina sobre os conceitos focais. Os participantes se mostraram bastante participativos, o que está relacionado aos aprimoramentos nos seus rendimentos finais. Para Moraes e Andrade (2010), esses procedimentos também facilitam a contextualização de temas abstratos, além de estimular a interação entre os alunos e a sua disposição para realizar tarefas, o que melhora o processo de ensino e/ou aprendizagem. De acordo com Damis (2010), as atividades práticas precisam desses procedimentos para o professor reorganizar e dar sentido as percepções prévias dos discentes sobre determinadas temáticas. Assim, os procedimentos pedagógicos adotados neste estudo mostraram-se eficaz porque permitiu a interação entre os participantes e porque abriu espaço para debates e discussão onde o professor pode contextualizar e intermediar a ressignificação dos conhecimentos discentes.

Os resultados obtidos neste estudo são um passo importante para mostrar que intervenções de cunho prático sobre EB e SN podem ser usadas como um recurso didático para melhorar o processo de ensino e/ou aprendizagem de escolares. Embora não tenha sido nosso objetivo generalizar os dados observados neste estudo, acreditamos que pesquisas adicionais revalidando o potencial da atividade prática aqui avaliada para ensinar EB e SN podem convertê-la em uma opção didática potencial nos diferentes contextos educacionais brasileiros. Assim, nós recomendamos

pesquisas compreendendo mais tempo para aplicação de atividades práticas semelhantes às deste estudo e avaliando grupos amostrais de tamanhos e níveis de ensino variados. Vale ressaltar que, embora os materiais aqui utilizados sejam fáceis de obter, qualquer esforço que contorne as dificuldades financeiras vivenciadas pelas escolas brasileiras deve ser valorizado, ou seja, a busca por materiais que facilitem a vida do professor e tornem a prática aplicável em qualquer escola brasileira deve ser uma meta. Revalidando o potencial dos procedimentos práticos propostos neste estudo para ensinar EB e SN, a mesma poderá ser empregada nos diversos contextos educacionais brasileiros e contribuir para reduzir as incompreensões sobre EB e SN que afetam principalmente a população de escolares.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade prática avaliada neste estudo estimulou várias habilidades no público pesquisado. Ao simular fenômenos biológicos e ao investigar problemas específicos, a referida prática aprimorou as habilidades científicas desse público. Ao se organizarem em equipes, essa prática também estimulou à cooperação, elemento essencial para uma vida harmônica em sociedade. Os debates e as discussões iniciadas pelo professor responsável por tal prática foram fundamentais para trabalhar a curiosidade e a livre expressão dos alunos pesquisados. Como consequência dos procedimentos pedagógicos adotados, houve considerável elevação dos rendimentos discentes sobre os conceitos focais indicando aprendizado significativo e capacitando os mesmo para atuarem como multiplicadores de conhecimento correto nas suas futuras carreiras docentes.

Com a realização da pesquisa foi demonstrado que o entendimento inicial dos alunos sobre EB, bem como SN, ainda é insatisfatório. Também foi mostrado que, por meio dos dados empíricos resultantes da aplicação de uma estratégia didática baseada em simulação, tais conceitos podem ser ensinados satisfatoriamente. Concluímos, portanto, que a aplicação da prática avaliada neste trabalho pode propiciar e consolidar novos conhecimentos através de uma abordagem utilizada esporadicamente no meio acadêmico. O professor que agregar em sua prática pedagógica essa estratégia pode superar métodos arcaicos, fornecendo ao estudante uma melhor qualidade de ensino e evitando erros conceituais relacionados à EB nos seus discentes. Dessa forma, é recomendável que, além das aulas teóricas, os professores dos diferentes níveis de ensino utilizem aulas práticas visando um ensino e/ou aprendizagem mais significativo da EB.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a S.A. Aranha e T.A. Bernardes pela leitura e sugestões de melhorias deste manuscrito e ao Instituto Federal de Brasília (*Campus Planaltina*) pelo apoio logístico. Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Federal de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTERS, B. J & NELSON, C. E. (2002). Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891–1901. doi: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00115.x.
- BISHOP, B. A. & ANDERSON, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427. doi: 10.1002/tea.3660270503.
- DAMIS, O. T. (2010). Arquitetura da aula: um espaço de relações. In: DALBEN, S. I. L. F. et al. (org.). *Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho*. Belo Horizonte: Autêntica, 818p.
- ETEROVIC, A. & SANTOS, C. M. D. (2013). Teaching the role of mutation in evolution by means of a board game. *Evolution: Education and Outreach*, 6:22. doi:10.1186/1936-6434-6-22.
- FIFIELD, S. & FALL, B. (1992). A hands- on simulation of natural selection in an imaginary organism, *Platysoma apoda*. *The American Biology Teacher*, 54(4), 230–235. doi: 10.2307/4449461.
- FUTUYMA, D. J. (2009). *Biologia Evolutiva*. 3ª ed. São Paulo: FUNPEC, 830p.
- GREGORY, T. R. (2009). Understanding natural selection: essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2(2), 156–175. doi: 10.1007/s12052-009-0128-1.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeo Electronica*, 4(1), 1–9.
- HILDEBRAND, T. J., GOVEDICH, F. R. & BAIN, B. A. (2014). Hands- on laboratory simulation of evolution: an investigation of mutation, natural selection, & speciation. *The American Biology Teacher*, 76(2), 132–136. doi: 10.1525/abt.2014.76.2.11.
- JANULAW, A. & SCOTCHMOOR, J. (2003). *Clipbirds*. In: *Understanding Evolution*, UCMP, Berkeley, CA 2003. Disponível em <http://www.ucmp.berkeley.edu/education/lessons/clipbirds/>. Acesso em 15.09.2018.
- MARTINS, J. S. (2002). *O Trabalho com projetos de pesquisa: do ensino fundamental ao ensino médio*. Campinas: Papirus.
- MARTINS, C. M. C. & BRAGA, S. A. M. (2002). *As explicações dos estudantes sobre o processo de adaptação dos seres vivos*. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 8, 2002, São Paulo. Anais eletrônicos. São Paulo: USP.

- MEYER, D. & EL-HANI, C. N. (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: UNESP.
- MORAIS, M. B. & ANDRADE, M. H. P. (2010). *Ciências: Ensinar e Aprender*. 1ª ed. Belo Horizonte: Dimensão.
- NEHM, R. H. & REILLY, L. (2007). Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. *Bioscience*, 57(3), 263–272. doi: 10.1641/B570311.
- NEHM, R. H. & SCHONFELD, I. S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699–723. doi: 10.1007/s10972-007-9062-7.
- NEHM, R. H. & SCHONFELD, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: a comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1131–1160. doi: 10.1002/tea.20251.
- NELSON, C. E. (2008). Teaching evolution (and all of biology) more effectively: strategies for engagement, critical reasoning, and confronting misconceptions. *Integrative and Comparative Biology*, 48(2), 213–225. doi: 10.1093/icb/icn027.
- PAZZA, R., PENTEADO, P. R. & KAVALCO, K. F. (2010). Misconceptions about evolution in brazilian freshmen students. *Evolution: Education and Outreach*, 3(1), 107–113. doi: 10.1007/s12052-009-0187-3.
- PEREIRA, H. M. R. & EL-HANI, C. N. (2011). *A dinâmica discursiva no contexto do ensino da evolução biológica*. In: VIII ENPEC. 2011, Campinas. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: ABRAPEC.
- POPE, D. S., ROUNDS, C. M. & CLARKE-MIDURA, J. (2017). Testing the effectiveness of two natural selection simulations in the context of a large-enrollment undergraduate laboratory class. *Evolution: Education and Outreach*, 10(3), 1–16. doi: 10.1186/s12052-017-0067-1.
- PRICE, R. M. (2010). Performing evolution: role-play simulations. *Evolution: Education and Outreach*, 4: 300. doi: 10.1007/s12052-010-0300-7.
- REIS, V. P. G. S., CARNEIRO, M. C. L., AMARANTE, A. L. A. P. C., ALMEIDA, M. C., SEPÚLVEDA, C. A. S. & EL-HANI, C. N. (2013). O jogo dos clipsitacídeos: uma simulação do processo de seleção natural como estratégia didática para o ensino de evolução. *Ciência em Tela*, 6(2), 1–18.
- RUTTEN, N., VAN JOOLINGEN, W. R. & VAN DER VEEN, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. doi: 10.1016/j.compedu.2011.07.017.
- SADLER, T. D. (2005). Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. *Journal of Biological Education*, 39(2), 68–72. doi: 10.1080/00219266.2005.9655964.

- SICKEL, A. & FRIEDRICHSEN, P. (2013). Examining the evolution education literature with a focus on teachers: major findings, goals for teacher preparation, and directions for future research. *Evolution, Education and Outreach* 6: 23. doi: 10.1186/1936-6434-6-23.
- SIEGEL, M. A., MLYNARCZYK- EVANS, S., BRENNER, T. J. & NIELSEN, K. M. (2005). A natural selection: partnering teachers and scientists in the laboratory creates a dynamic learning community. *The Science Teacher*, 72(7), 42–45.
- SILVA, M. G. B., SILVA, R. M. L. & TEIXEIRA, P. M. M. (2011). *Um estudo sobre a evolução biológica num curso de formação de professores de Biologia*. In: VIII ENPEC. 2011, Campinas. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: ABRAPEC.
- TIDON, R. & LEWONTIN, R. C. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124–131. doi: 10.1590/S1415-47572004000100021.
- VARGENS, M. M. F. & EL-HANI, C. N. (2011). Análise dos efeitos do jogo clipsitacídeos (clipbirds) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio acerca da evolução. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11(1), 143–168.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Araújo, A. C. de S., & Roque, F. (2022). ALTA EFICÁCIA DE MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL. *HOLOS*, 6. Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/10018>

A. C. de S. ARAÚJO

Licenciado em Biologia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (Campus Planaltina).

E-mail: alissosubzero@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6867-73741>

F. ROQUE

Professor de Educação Básica, Técnica e Tecnológica (D-302) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília (Campus Recanto das Emas).

E-mail: francisco.roque@ifb.edu.br

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9306-0365>

Editor(a) Responsável: Prof. Leandro Silva Costa
Pareceristas Ad Hoc: Sr. Rhewter Nunes



