

Análise das concepções de futuros professores de Ciências Biológicas sobre conceitos da Teoria Evolutiva^{1 2}

Analysis of the conceptions of future Biological Sciences teachers about concepts of Evolutionary Theory

Análisis de las concepciones de los futuros profesores de ciencias biológicas sobre los conceptos de la teoría evolutiva

Angeloni-Duarte, Mariana ⁽ⁱ⁾

Rosa, Marcelo D'Aquino ⁽ⁱⁱ⁾

Santos-Alfaya, João Vicente ⁽ⁱⁱⁱ⁾

⁽ⁱ⁾ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Licenciatura em Ciências Biológicas, Florianópolis, SC, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-9052-7580>, mariangeloni@gmail.com

⁽ⁱⁱ⁾ Prefeitura Municipal de Florianópolis, área de Ciências da Natureza, Florianópolis, SC, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-0111-8540>, marcelodaquino87@gmail.com

⁽ⁱⁱⁱ⁾ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-graduação em Educação, Florianópolis, SC, Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5076-0831>, santosalfaya@gmail.com

Resumo

A teoria evolutiva é considerada o eixo integrador da Biologia, e, sendo assim, os conceitos relacionados à Evolução são necessários para uma adequada compreensão de outros modelos explicativos. O presente trabalho buscou analisar as concepções acerca de temas relacionados à Evolução Biológica (EB), por meio da aplicação de questionários entre os professores em formação em um curso de Ciências Biológicas. Após análise dos dados, percebeu-se que, além de equívocos relacionados a conceitos, uma parcela significativa dos respondentes não se sente segura para se manifestar a respeito dos tópicos sobre EB apresentados. Defendendo a ideia de que as concepções de futuros docentes não constituem um fim em si, foi feita uma articulação com discussões sobre formação de professores.

Palavras-chave: Evolução Biológica, ensino de evolução, formação de professores, formação inicial, Ciências Biológicas

¹ Editor responsável: Pedro da Cunha Pinto Neto. <https://orcid.org/0000-0001-7516-2109>

² Normalização, preparação e revisão textual: Vera Lúcia Fator Gouvêa Bonilha - verah.bonilha@gmail.com

Abstract

Evolutionary theory is considered the integrating axis of Biology. Therefore, concepts related to Evolution are needed for an adequate understanding of other explanatory models. The present work aimed to analyze the conceptions about themes related to Biological Evolution (BE), through the application of questionnaires among pre-service teachers in a Biological Sciences undergraduate degree. After analyzing the data, we noticed that, besides misconceptions on the concepts, a significant portion of the respondents is not confident enough to discuss the topics about biological evolution. Defending the idea that the conceptions of future teachers are not an end in themselves, we articulate this with discussions about teacher education.

Keywords: *Biological Evolution, evolution teaching, teacher education, initial training, Biological Sciences*

Resumen

La teoría evolutiva se considera el eje integrador de la biología y, por lo tanto, los conceptos relacionados con la evolución son necesarios para una comprensión adecuada de otros modelos explicativos. El presente trabajo buscó analizar las concepciones sobre temas relacionados con la Evolución Biológica (EB), mediante la aplicación de cuestionarios, entre los docentes en formación en un curso de Biología. Después de analizar los datos, se observó que, además de los conceptos erróneos relacionados con los conceptos, una parte importante de los encuestados no se siente seguro para expresarse sobre los temas presentados en EB. Finalmente, defendiendo la idea de que las concepciones de los futuros docentes no son un fin en sí mismas, articulamos discusiones sobre la formación docente.

Palabras clave: *Evolución biológica, enseñanza de la evolución, formación de profesores, entrenamiento inicial, Ciencias biológicas*

Introdução

A Evolução Biológica (EB) é a teoria mais importante para as Ciências Biológicas. Sem ela as diversas disciplinas biológicas se constituiriam em um catálogo de fatos e descrições, sem relações uns com os outros. A sua relevância é ressaltada não apenas por teóricos da Biologia, como Dobzhansky (1973), Meyer e El-Hani (2005) e Mayr (2005, 2009), mas também por documentos oficiais que balizaram, durante longo tempo, a Educação Básica, a exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 2000), e por pesquisas da área de Ensino (Oleques et al., 2011).

Pesquisas sobre a concepção de professores vêm apontando inúmeras dificuldades para compreender os conceitos científicos relacionados à teoria evolutiva, em virtude seja do grau de abstração de que se necessita para trabalhar com conceitos como adaptação, seleção natural, etc., seja de conflitos com crenças pessoais (Coimbra & Silva, 2007; Gastal et al. 2009; Licatti & Diniz, 2005; Tidon & Lewontin, 2004). Esses trabalhos relatam situações que quase sempre se associam as ideias referentes à evolução com o progresso ou melhoria dos organismos, ou pelo fato de a EB ser um conteúdo que pode muitas vezes se chocar com visões de mundo de fundo religioso, como as ideias defendidas pelo criacionismo.

Além dos aspectos já mencionados, pesquisas com materiais didáticos, em especial com livros didáticos, indicam problemas, relacionando EB com a noção de progresso (Alfaya-Santos, 2013) ou, a despeito de todas as recomendações legais e teóricas, relegando a EB como apenas mais um conteúdo de um ano específico do Ensino Médio (EM), e não como o eixo integrador dos demais conhecimentos da Biologia, como deveria ser considerado (Silva-Porto et al., 2007).

Ademais, conforme as pesquisas de Tidon e Lewontin (2004) e Dorvillé e Teixeira (2015) destacam, o crescimento do criacionismo no Brasil vem ocorrendo em inúmeras frentes, quer pela mobilização de organizações, como a Sociedade Criacionista Brasileira (SCB, <https://s3.scb.org.br/>), fundada em 1971, e a Associação Brasileira para a Pesquisa da Criação (ABPC, <https://abpc.impacto.org/>), fundada em 1979, responsáveis pela divulgação de material apologético, cujo fito é desmerecer a teoria darwiniana, quer pela participação política cada vez mais expressiva de políticos vinculados a algum grupo religioso³.

Muito embora a EB seja uma teoria extremamente significativa para as Ciências Biológicas, sua relevância não se atém a esse campo em específico. Para Mayr (2005), a teoria darwinista promoveu de forma definitiva a secularização das ciências naturais, substituindo um “mundo controlado divinamente por um mundo secular, operado de acordo com leis naturais” (p. 101). E o impacto da teoria evolutiva não se limitou às ciências naturais, mas influenciou também os principais pensadores de teoria social do século XIX. Em carta a Marx (dezembro de 1859), Engels afirma: “enquanto isso, continuo lendo a este Darwin, que é algo verdadeiramente sensacional. Havia ainda um aspecto em que a teleologia não havia sido demolida: agora já está”, ao que Marx responde (dezembro de 1860): “ neste livro [de Darwin,

3 Nas eleições de 2018, o Brasil elegeu 84 deputados e 7 senadores ligados à crença evangélica. (<http://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2018-10/em-crescimento-bancada-evangelica-tera-91-parlamentares-no-congresso>). (Empresa Brasileira de Comunicação).

sobre a seleção natural] se encontra o fundamento histórico-natural de nossa ideia” (Marx & Engles, 1973, p. 22).

Pesquisas relacionadas à EB, sejam sobre ensino, aprendizagem, materiais didáticos, etc., se tornam cada vez mais necessárias no conturbado cenário político brasileiro, em que, para além do crescimento da bancada evangélica, a presidência de uma das principais agências de fomento para a pesquisa científica, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), foi presidida (a partir de janeiro de 2020) por um defensor declarado do criacionismo⁴.

Tendo em vista os pressupostos teóricos abordados até este ponto, a presente pesquisa tem como objetivo investigar a compreensão de alunos das primeiras fases e concluintes do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), acerca de conceitos e temas relacionados à EB. Uma vez analisados os dados referentes ao conhecimento acerca da evolução dos futuros professores de Ciências e Biologia, na parte final deste trabalho, articularemos estas informações com algumas mudanças curriculares que ocorreram na formação de professores nos últimos anos.

Procedimentos metodológicos

A investigação que se apresenta tem caráter qualitativo, que, segundo Oliveira (2007), constitui “um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação” (p. 37).

Optamos pela aplicação de questionários para a investigação proposta. O instrumento elaborado foi dividido em duas partes, sendo a primeira relativa ao perfil do aluno e a segunda parte composta por 16 questões de diferentes tipos: questões de múltipla escolha de escala *Likert*, nas quais o respondente deve dar o seu assentimento segundo o grau de concordância, o qual varia de total desacordo a total acordo; perguntas abertas, em que o respondente deve

4 Mais em: [https://www.redebrasilatual.com.br/educacao/2020/01/criacionista-e-indicado-do-governo-bolsonaro-para-presidir-a-capes/\(Rede Brasil Atual\)](https://www.redebrasilatual.com.br/educacao/2020/01/criacionista-e-indicado-do-governo-bolsonaro-para-presidir-a-capes/(Rede Brasil Atual)).

responder com suas próprias palavras; e questões para relacionar linhas e colunas. O questionário encontra-se disponível no Apêndice A.

A coleta ocorreu entre os meses de agosto a novembro de 2018, com graduandos das primeiras e últimas fases do curso de Ciências Biológicas da UFSC. Os professores cederam tempo de suas aulas nas turmas de graduação para que os alunos respondessem ao questionário. Os participantes também preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para adesão à pesquisa. No total, 55 estudantes participaram, sendo 21 do início e 34 do final do curso. Os respondentes foram identificados com números de 1 a 55.

Resultados e discussão

Para traçar o perfil dos respondentes, foi perguntado em que fase os alunos se encontravam, com quais conceitos relativos à teoria evolutiva tiveram contato durante o EM e sobre quais deles eles já puderam mudar sua visão ao longo do seu período de estudo no ES. Os conceitos escolhidos foram: evolução, adaptação, seleção natural, lamarckismo, neolamarckismo, fixismo, mutação, ancestral, competição, biologia evolutiva e *design* inteligente. Verificamos que grande parte dos alunos teve contato com conceitos importantes da teoria evolutiva no EM: 37 (66,7%) dos respondentes afirmaram ter contato com o conceito de adaptação e 49 (88,89%) com o conceito de seleção natural. A Figura 1 expressa o contato dos alunos com conceitos da teoria evolutiva no EM. Apenas 3 (5,45%) deles afirmaram desconhecer os conceitos mencionados.

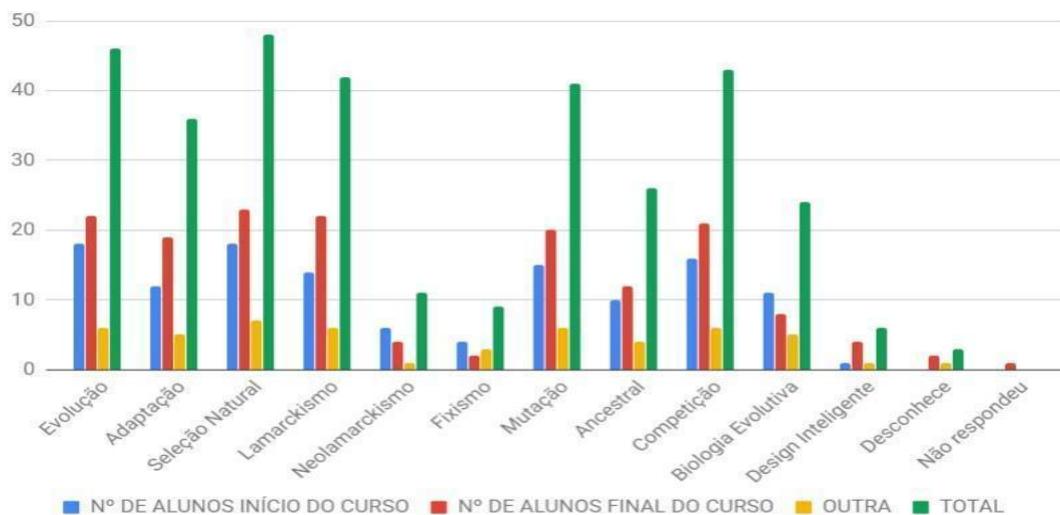


Figura 1: Número de alunos que tiveram contato com os temas durante o EM

Fonte: Dados dos autores

Em relação a uma mudança do entendimento dos conceitos mencionados na questão anterior, 50 (90,91%), 38 (69,09%), 43 (78,18%) dos respondentes mudaram suas concepções sobre os temas Evolução, Adaptação, Seleção Natural, no processo de formação no ES. A Figura 2 ilustra essa mudança:

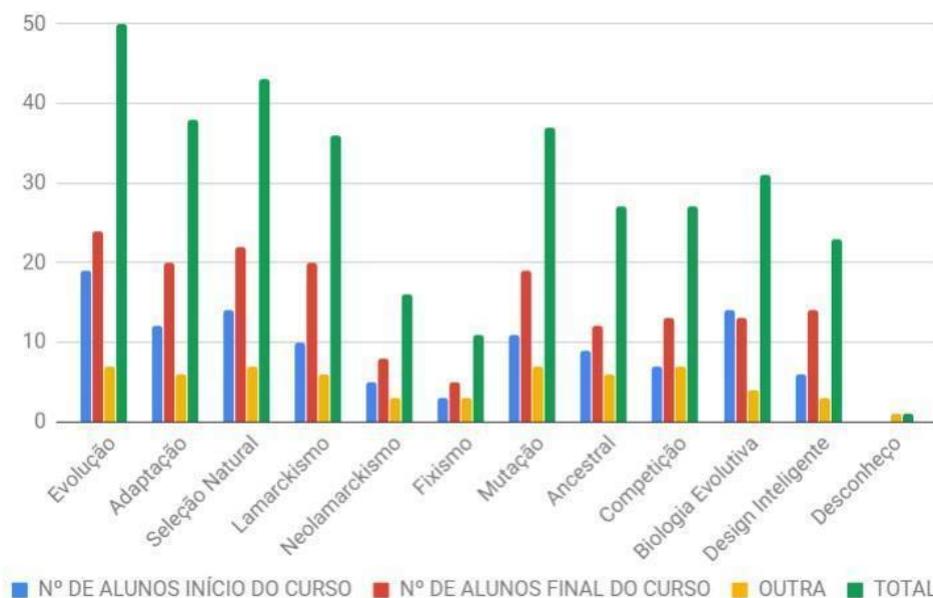


Figura 2: Número de alunos que mudaram a percepção sobre os temas ao longo da graduação

Fonte: Dados dos autores

A questão 5 do questionário pedia que todos os alunos respondentes relacionassem linhas com colunas. Nas linhas constavam fatores evolutivos, enquanto nas colunas havia duas opções: direcional e não direcional. Os fatores evolutivos eram migração, mutação, seleção natural, recombinação e deriva genética. Destacamos aqui que 14 (25,45%) respondentes afirmaram ser a deriva genética um processo direcional; 50 (91%) respondentes afirmaram que a mutação é um processo que ocorre ao acaso; 41 (74,54%) e 23 (41,8%) dos respondentes que a recombinação genética e a seleção natural são processos aleatórios, respectivamente. Detalhemos mais cada um desses pontos.

Segundo Futuyma (2002), a deriva genética é um processo aleatório de mudança nas frequências gênicas. Mais de um quarto (25,45%) dos respondentes afirmou o contrário, que o processo é direcional. Com relação aos processos de mutação⁵, recombinação genética⁶ e seleção natural, cumpre observar as palavras de Mayr (2009): a seleção natural é um processo em duas etapas, sendo que a primeira corresponde a um momento, em que predomina o acaso, na qual prevalecem os processos de mutação⁷ e recombinação genética, e na segunda etapa, o processo seletivo, propriamente dito, consiste predominantemente na exclusão dos indivíduos menos aptos ou na menor taxa de fertilidade de indivíduos que chegam à idade adulta. O processo de seleção, portanto, no que se refere a uma taxa reprodutiva diferencial dos indivíduos, não é ao simples acaso, embora possam estar presentes elementos de acaso.

Se 50 (90,90%) dos respondentes compreendem que os processos de variabilidade genética são predominantemente estocásticos, quase metade deles afirma que a seleção natural é predominantemente aleatória. Tendo em vista que, para Mayr (2009), a compreensão do processo de seleção natural implica esses dois momentos, o de aleatoriedade, de produção de variabilidade genética, e o de seleção, que consiste na exclusão dos menos aptos, podemos constatar que quase metade dos respondentes não possui uma compreensão clara acerca da seleção natural.

Quando falamos que o processo seletivo não é aleatório, com isso não se estabelece nenhuma teleologia ao processo. Dadas determinadas condições iniciais, não é possível dizer

⁵ Mutação, como pontua Futuyma (2002), é um termo vago, podendo se referir à mudança tanto na sequência dos pares de base de um gene, como no número e na estrutura dos cromossomos.

⁶ Por recombinação genética entende-se a troca aleatória de material genético durante a meiose.

⁷ Usamos a expressão “predomina”, porque existem fatores que interferem na taxa e na direção das mutações, embora uma grande parte das mutações ocorra ao acaso.

em que sentido a evolução ocorrerá, visto que fatores estocásticos operam nela. Mas isso não impede, todavia, que após o resultado do processo seletivo, o observador possa atribuir uma direcionalidade em virtude daquilo que permaneceu e daquilo que foi excluído. Esse aspecto ficará mais claro, quando falarmos de progresso, na próxima questão.

A sexta questão, uma pergunta aberta, se referia ao entendimento geral dos alunos acerca do conceito de evolução, e algumas respostas associaram o conceito de evolução diretamente com a ideia de melhoria do organismo, como se vê nos excertos a seguir:

“Série de eventos naturais ou direcionados que pressionam o indivíduo a “mudar” para perpetuação da espécie.” (Respondente 14)

“Evolução é a mudança de características das espécies para melhor sobrevivência e reprodução e perpetuação da espécie.” (Respondente 28)

“Formas adaptativas que vão sendo adquiridas com o aparecimento de diferentes condições, proporcionando desenvolvimento de algumas estruturas para melhor adaptação.” (Respondente 34)

“Melhoramento genético e fenótipo baseado na seleção natural.” (Respondente 47)

A sétima questão solicitava que os alunos manifestassem seu grau de concordância ou discordância em relação à sinonímia entre evolução e progresso/adaptação. Dos 55 alunos entrevistados, 17 (30,91%) concordaram em algum grau; 4 (7,27%) não possuíam opinião e 34 (61,82%) discordaram em algum grau. Para melhor análise desta questão, separamos os alunos do início e do final do curso. Observamos que entre os alunos das primeiras fases, 8 (38,10%) concordaram, em algum nível, com a afirmação, 4 (19,05%) não tinham opinião e os outros 9 (42,86%) discordaram em algum nível. Já em relação aos alunos do final do curso, 7 (20,58%) concordaram e os 27 (79,41%) restantes discordaram. Aqui notamos uma diferença grande em relação à discordância entre alunos do início e do final do curso.

O intuito da questão foi duplo. Pretendíamos, de um lado, ver se os alunos associavam evolução com melhoria/progresso. Sobre este tópico, há uma extensa bibliografia a respeito (Alfaya-Santos, 2013; Gould, 2001; Mayr, 2008; Meyer & El-Hani, 2005, 2006; Nitecki, 1988; Rosslenbroich, 2006). O livro de Gould (2001), *Lance e dados*, é dedicado inteiramente ao tema, e nele se vê o posicionamento do autor como radicalmente contrário a qualquer ideia de progresso ou melhoria no processo evolutivo. De certa forma, essa compreensão é endossada

por Meyer e El-Hani (2005), que defendem a ideia de que a seleção natural não resulta em organismos perfeitos ou otimizados. Para os autores:

As características adaptativas, na história evolutiva de uma espécie, somente permitiram que os organismos que as apresentavam tivessem mais sucesso, relativamente a outros organismos da mesma população, na sobrevivência e reprodução de um determinado ambiente. Elas seriam perfeitas e seus portadores, organismos ótimos, somente se toda a variação possível estivesse presente em uma dada população, em um dado momento da história evolutiva, mas isso, é claro, nunca acontece. Assim, as características selecionadas são sempre as mais favoráveis dentro de um espectro de variações disponíveis numa população, e não características que se mostram perfeitas diante de desafios que o ambiente apresenta para os organismos. (pp. 68 – 69)

Todavia, a existência ou não de progresso na evolução é um tema em aberto e sujeito a controvérsias. Mayr (2008), apesar de concordar com a afirmação de que os organismos, por mais bem adaptados que estejam, não são perfeitos, aponta também ser possível constatar uma aparência de progresso como resultado inevitável do princípio darwinista de variação e seleção, ou seja, um resultado consequente do processo de seleção natural, sem qualquer espécie de teleologia ou progressivismo.

O segundo intuito era relacionar evolução e adaptação. É certo que o programa adaptacionista, proposto por Mayr (1984), é e continuará sendo frutífero por um bom tempo para explicar as diferentes adaptações dos organismos ao meio ambiente. Todavia, nem todos os traços dos organismos são explicados por adaptação, e se o programa adaptacionista é bem-sucedido em muitos casos, o mesmo programa não é isento de críticas, como vemos em Lewontin (1978), Gould e Lewontin (1979) e Gould e Vrba (1982). O último trabalho é particularmente interessante, pois neles os autores expõem o termo exaptação como uma característica presente nos seres vivos, cuja origem não derivou diretamente da seleção natural, mas como um traço cooptado que mostra certa aptidão para o organismo, ou seja, traços que evoluíram para outros fins, funcionais ou não, mas que atualmente se mostram úteis, tendo sido cooptados para outros usos diferentes daqueles para os quais surgiram inicialmente. Como os autores dizem, adaptações têm funções, exaptações têm efeitos (Gould & Vrba, 1982, p. 6).

A oitava questão solicitava que os respondentes explicassem, com suas próprias palavras, como ocorre a seleção natural. Dos 55 alunos, apenas 2 não responderam à questão e entre aqueles que a responderam, com frequência apareceram os termos aptidão e seleção. Nas respostas de alguns estudantes:

“Selecionando os indivíduos mais bem adaptados.” (Respondente 3)

“Certos genes são favorecidos pelo meio, os indivíduos que o possuem têm mais facilidade de sobreviver se reproduzir naquele local, isso acaba selecionando os indivíduos da espécie.” (Respondente 12)

“A SN é uma força evolutiva que ‘seleciona’ as populações de acordo com suas características, permitindo a extinção ou o sucesso evolutivo dessas populações.” (Respondente 26)

“De acordo com as mudanças do ambiente, características podem ser negativa ou positivamente selecionadas, assim os indivíduos com a característica positivamente selecionada tendem a se reproduzir mais.” (Respondente 29)

“Através de pressões evolutivas que selecionam indivíduos que se apresentam, por quaisquer motivos, mais adaptado ao meio e a situação.” (Respondente 35)

“A seleção atuaria deixando os indivíduos mais aptos para determinado ambiente ou situação. Ou seja, ela favorece o indivíduo.” (Respondente 40)

Algumas respostas associavam a seleção natural com outros fatores evolutivos, como mutação:

“Os organismos sofrem pressões ambientais que podem condicionar mutações e evolução.” (Respondente 4)

“A seleção natural é, falando de forma bruta, como o indivíduo consegue se adaptar para sobreviver ao meio. Sendo esses mais ‘bem preparados’ sua linhagem tem mais possibilidade de sobreviver.” (Respondente 6)

“Devido a pressões e mudanças ambientais, aliadas à recombinação gênica, pode vir a modificar o genótipo predominante em população com o passar dos muitos anos.” (Respondente 38)

“Seleção natural gera mudança.” (Respondente 43)

Consideramos necessário nos atermos um pouco a essas respostas, em especial no posicionamento dos alunos 3 e 6, tendo em vista que o mecanismo da seleção natural é de fundamental importância para a compreensão do processo seletivo. Vemos em 6 que é o indivíduo que consegue se adaptar para sobreviver ao meio. Aqui, claramente, o respondente

confunde adaptação fisiológica do indivíduo com adaptação evolutiva. Por exemplo, uma pessoa exposta ao sol pode se bronzear e dizemos, com isso, que o seu organismo se adapta a uma condição de maior incidência solar. Mas mesmo que aqui empreguemos o termo adaptação, não se trata de uma adaptação em sentido evolutivo.

Primeiro, porque para considerarmos um traço do organismo como adaptação, devemos vê-lo em uma perspectiva histórica, situando o seu surgimento no tempo, e como esse traço passou a desempenhar a função para a qual hoje atua (Meyer & El-Hani, 2005, p. 75). Segundo, porque há nesses casos, assim como na fala de todos os respondentes, com exceção do 26 e do 38, uma imprecisão entre o pensamento tipológico e o pensamento populacional⁸. É interessante ver como quase todos os respondentes atribuíram a atuação da seleção natural aos indivíduos.

A seleção natural pode agir em indivíduos isolados, todavia o seu resultado em termos evolutivos se dá nas populações. Indivíduos não evoluem biologicamente, mas populações podem evoluir a ponto de se transformarem em espécies distintas. Essa distinção entre pensamento tipológico e populacional, iniciada em Darwin com a publicação de *A origem das espécies*, mas desenvolvida por Mayr (1984), é de extrema importância para compreender o processo evolutivo. Enquanto o pensamento tipológico entende as formas de vida como tipos ideais, sendo os desvios abstrações desses tipos, o pensamento populacional considera os tipos (ou as médias) como abstrações, enquanto a variedade é real. Nas palavras de Meyer e El-Hani (2005):

O pensamento populacional, por sua vez, trata cada espécie como uma coleção de populações de indivíduos com muitas diferenças genéticas. As populações mudam de geração em geração, dependendo das combinações de características que são geradas e do maior ou menor sucesso de cada combinação. (p. 65)

Vemos ainda, no conjunto das respostas, algumas bastante inconsistentes, como as dos participantes 40 e 43. O primeiro, por afirmar que a seleção atua deixando os indivíduos mais aptos e o segundo, por afirmar que a seleção é a causa da mudança, sendo que a seleção apenas atua deixando um maior número de descendentes daqueles indivíduos que, por qualquer razão,

⁸ Ver Mayr (1984).

apresentam características que permitam uma taxa reprodutiva diferenciada. Ela não causa as mudanças, mas as seleciona.

A questão número 9 afirmava que as características adaptativas se tornam frequentes em uma população, pois favorecem a sobrevivência ou a reprodução dos indivíduos que as possuem. Dos 55 alunos, 46 (83,64%) concordaram, em maior ou menor grau, enquanto os outros 9 (16,36%) discordaram, também em maior ou menor grau. Analisando separadamente as respostas para os alunos no começo e no final do curso: 20 (95,24%) dos alunos no início do curso concordaram em maior ou menor grau com a afirmação, enquanto apenas 1 (4,76%) aluno discordou. Já entre os alunos do final do curso 25 (73,08%) concordaram, enquanto os outros 9 (26,92%) discordaram.

O que gostaríamos de enfatizar, com esta questão, não é tanto a sua confirmação ou infirmação, mas ressaltar que nem todas as características presentes em uma população se tornam frequentes em função do seu caráter adaptativo. Muitas destas características podem simplesmente ter se tornado frequentes em uma população por simples deriva genética, como no modelo evolutivo proposto por Kimura (1979), sem que a posse dessa característica indique, necessariamente, o favorecimento reprodutivo dos indivíduos que a possuem. No entanto, é preciso deixar claro que uma visão estritamente darwiniana do processo evolutivo não teria nada a obstar à afirmação feita na questão. Possivelmente, o fato de um maior número de alunos do final do curso discordar da afirmação revela o fato de já terem tomado contato com teorias diversas sobre o processo evolutivo.

As questões 10 e 11 diziam respeito à teoria evolutiva proposta por Lamarck. A primeira questão afirmava que as variedades das formas de vida são explicadas pela teoria lamarckiana por duas leis principais, a do uso e desuso dos caracteres e a lei da hereditariedade dos caracteres adquiridos. A questão 11 pedia que os alunos justificassem a resposta da questão anterior. Dos 55 alunos, 37 (67,27%) discordaram em maior ou menor grau; 13 (23,64%) concordaram em maior ou menor grau e os 5 (9,09%) restantes não tinham opinião a respeito. Entre os 37 discordantes da afirmação, 30 apenas discordaram enquanto outros 7 discordaram fortemente e destes, 5 eram das fases iniciais. Quando solicitados a justificar a marcação da questão anterior, 12 respondentes (21,8%) não se sentiram seguros a emitir qualquer opinião sobre o assunto.

Para Martins (1997), embora as duas leis mencionadas estejam presentes na teoria lamarckiana, é injusto resumir a teoria apenas a esses aspectos. Na verdade, a teoria lamarckiana

teria quatro leis principais, a saber: a tendência para o aumento da complexidade; o surgimento de órgãos em função das necessidades que se fazem sentir e que se mantêm; o desenvolvimento ou atrofia do órgão em função do seu emprego (tradicional uso e desuso); e, por fim, a herança daquilo que foi adquirido. Ainda que a crença no uso e desuso dos órgãos, assim como a transmissão hereditária daquilo que foi adquirido era algo generalizável no século XIX, incluso muito presente no pensamento darwiniano, de modo que atribuir essas afirmações como errôneas e taxá-las como exclusividade de Lamarck não condiz, historicamente, com a verdade. Em Darwin, que costumeiramente é representado nos livros didáticos como sendo um antípoda de Lamarck, vemos que tanto o uso quanto a transmissão daquilo que é utilizado têm papel na sua interpretação sobre o mundo vivo:

O hábito também constitui uma influência decisiva, como no período da floração das plantas, quando transportadas de um clima para outro. Nos animais há um efeito mais acentuado; descobri, por exemplo, que, em relação a todo o esqueleto do pato doméstico, os ossos das asas ficam menos pesados e os ossos das patas ficam mais pesados do que os mesmos ossos do pato selvagem; e eu presumo que esta mudança possa ser atribuída com segurança ao fato de o pato doméstico voar muito menos e andar mais que seu ancestral selvagem. O aumento – grande e herdado – do úbere de vacas e cabras em países onde elas estão habitualmente ordenhadas, em comparação com o estado desses órgãos em outros países, é outro exemplo do efeito do uso. (Darwin, 2018, p. 34)

As questões 12, 13 e 14 abordavam a compreensão sobre mutação. A questão 12 afirmava que mutação é um conceito associado às mudanças nas sequências dos nucleotídeos, (podendo ser benéfica ou não para o organismo ou ainda não causar nenhuma vantagem ou prejuízo), e 53 dos 55 respondentes (96,36%) concordaram com a afirmação.

A questão 13 afirmava que, tendo em vista a questão anterior, toda e qualquer mudança na sequência dos nucleotídeos leva à evolução da espécie. A questão 14 pedia para os alunos justificarem a marcação da questão 13. 46 alunos (83,64%) discordaram, em algum grau, da afirmação da questão 13. Quando solicitados para justificar a questão anterior, apenas 2 respondentes citaram as mutações em células germinativas e outros 7 trouxeram, de alguma forma, a importância de as mutações serem herdáveis, como vemos nas respostas abaixo:

“Elas só levam a evolução se o ambiente favorecê-las.” (Respondente 12)

“Muitas mutações – a gigante maioria delas, são neutras e não fazem diferença nenhuma a nível evolutivo. Ainda, as mutações nas células gaméticas são as únicas que podem causar alguma diferença para evolução.” (Respondente 26)

“Não, porque as mutações geralmente são deletérias e boa parte dessas sequências nucleotídicas não são transcritas em proteínas, e para que ela seja passada de uma geração para outra é necessário que ela ocorra em uma região que seja passada para os gametas.” (Respondente 44)

“Primeiramente esta modificação na sequência de base pode ocorrer em locais que não interfiram diretamente na manifestação de características, não representando mudança alguma no indivíduo. Segundo que uma mutação em um único indivíduo não quer dizer que esta será levada adiante promovendo uma modificação significativa na espécie.” (Respondente 48)

“A mudança deve ser herdável pela prole para ser um processo evolutivo.” (Respondente 53)

Entre as justificativas de concordância com a afirmação da questão 13, obtivemos respostas como as seguintes:

“Independente da mudança que ocorreu, o indivíduo não é mais o mesmo, por isso ele evoluiu.” (Respondente 24)

“Concordo, pois acredito que há evolução sempre que as forças evolutivas operam – mutação é uma delas.” (Respondente 25)

Embora poucos alunos (9 dos 55 respondentes) tenham afirmado que toda e qualquer e mutação leva à evolução, vemos que entre eles ainda não se tornou claro que a mutação, para justificar a evolução da espécie, é preciso ser herdável. Podemos recorrer novamente ao exemplo da adaptação fisiológica. O fato de alguém se expor ao sol pode fazer com que o DNA de suas células epidérmicas se altere, que sofra uma mutação. Essa mutação, como ocorreu nas células epidérmicas, não é herdável para os descendentes, logo, não interfere no processo evolutivo.

A questão 15 pedia que os alunos explicassem, brevemente o que entendiam por competição. Muitas respostas apresentaram palavras como disputa e recurso, como vemos na sequência:

“É a disputa entre dois indivíduos (Ex.: por comida, território) por um mesmo recurso.” (Respondente 3)

“Competição – quando espécies iguais ou diferentes competem entre si por comida, habitat, fêmea.” (Respondente 7)

“Se dois organismos utilizarem os mesmos recursos e coexistem, quando esse recurso for limitado haverá uma disputa (competição).” (Respondente 28)

Apenas dois dos respondentes relacionaram, de alguma forma, competição com o processo evolutivo:

“É um processo que constitui a seleção natural, a competição por alimento, habitat, parceiro para reprodução entre outros. Faz com que características que beneficiam essas interações sejam selecionadas nas espécies. De acordo com Darwin é um dos principais fatores ou pressões que levam a evolução.” (Respondente 22)

“Competição é uma relação ecológica que por muito tempo considerado foi considerado o mais importante fator evolutivo, numa relação social da ciência, a qual reproduz em seu interior valores da sociedade (como na época de reforço do capitalismo).” (Respondente 31)

Novamente, aqui não se trata da falsidade ou veracidade das respostas. Em uma visão estritamente darwiniana da evolução, a competição tem um papel marcante no processo evolutivo, mas há autores que defendem teorias em que a competição não seria o agente predominante, como a deriva natural, proposta por Maturana e Mpdozis (1995) e Maturana e Varela (1995), e a teoria do apoio mútuo, proposta por Kropotkin (2012). Aqui não interessa entrar na polêmica da falsidade ou veracidade de tais teorias, mas tão somente demarcar que há tentativas de explicar a diversidade da vida por mecanismos que não sejam predominantemente de competição e exclusão.

A décima sexta questão afirmava que o flagelo bacteriano é composto por uma interação de cerca de 50 partes proteicas e que, na ausência de qualquer uma dessas proteínas, o flagelo se torna disfuncional. Diante disso, solicitamos aos alunos como poderiam explicar o surgimento do flagelo bacteriano por meio da seleção natural. Esta foi a questão com maior número de abstenções, portanto, não fizemos distinção entre as respostas do começo e final do

curso: ao todo 15 (27,27%) alunos não responderam e outros 7 (12,73%) não souberem justificá-la, representando 40,00% dos respondentes.

Algumas respostas, todavia, foram bastante satisfatórias em relação ao conhecimento científico atualmente estabelecido:

“Como nem toda mutação precisa ser benéfica ou ter utilidade, pode ser que as proteínas foram se unindo até que um dia funcionou.” (Respondente 2)

“A estrutura encontrada em bactérias recentes foi fruto de sucessivas mutações até resultarem na conformação encontrada atualmente.” (Respondente 16)

“EXAPTAÇÃO. Isto é, o processo pelo qual uma estrutura é expropriada para uma outra função, possivelmente mais complexa.” (Respondente 25)

“O surgimento de estruturas complexas acontece aos poucos durante milhares ou milhões de anos. Não conheço muito sobre o assunto, mas provavelmente algum estágio anterior dessa estrutura fosse diferente (talvez menos ágil) e também há a hipótese de que talvez outras proteínas anteriormente substituíam as proteínas da estrutura atual. Não li sobre o assunto, mas penso que são possibilidades. Falando dos olhos e fazendo um paralelo, hoje existem animais com diversos níveis de complexidade, desde células fotossensíveis, ocelos, olhos compostos, etc. O olho humano é bem complexo, por exemplo, mas se fosse algo tão único e absoluto, não existiriam tantos níveis de complexidade.” (Respondente 46)

Alguns respondentes, todavia, atribuíram um caráter progressivo ao surgimento do flagelo:

“Podemos dizer de forma bem básica que uma estrutura sofreu ao longo do tempo várias mutações, deixou de ser uma forma mais simples, para uma mais complexa, a evolução gradativa “avança” na direção de características cada vez mais complexas e diferenciadas de outras espécies.” (Respondente 22)

“Bilhões de anos de pequenas tentativas e erros, selecionando a estrutura mais efetiva ou menos prejudicial, menos cara.” (Respondente 53)

Apenas dois alunos relacionaram a questão com a “teoria” do *design* inteligente, muito embora não tenham desenvolvido uma resposta:

“Essa é uma das principais questões levantadas pelo Design Inteligente. Eu não saberia explicar sobre a gênese.” (Respondente 43)

“Design Inteligente?” (Respondente 55)

Outros alunos, apesar de não terem citado a “teoria” do *design* inteligente, acabaram dando respostas que se baseiam na ideia de complexidade irreduzível:

“Foi preciso a geração de (aproximadamente) 50 proteínas para o flagelo bacteriano. Ou seja, na falta de uma proteína qualquer, a função do flagelo bacteriano é corrompida.” (Respondente 3)

“Diria que mudando a estrutura de bactéria pode não matá-la, mas ela precisa daquela combinação para funcionar corretamente. Assim como muitas coisas no nosso corpo. Então essa modificação para 50 partes proteicas é uma forma de evolução.” (Respondente 6)

“Faltando uma proteína, fará que outra não funcione, se essa não funciona outra também pode parar de funcionar e assim repetidamente.” (Respondente 15)

“Vejo como algo semelhante a uma construção, se faltar algo na estrutura a edificação pode até ficar de pé, porém com falhas.” (Respondente 37)

Nosso intuito, com essa questão, foi trazer um exemplo como certas vertentes críticas do evolucionismo, em particular a “teoria” do *design* inteligente, procuram apresentar objeções à tese evolucionista de que estruturas dotadas de alta complexidade, como flagelos ou olhos, não poderiam evoluir gradativamente. A “teoria” do *design* inteligente, proposta pelo bioquímico norte-americano Michael Behe, no livro *A caixa preta de Darwin* (1997), ressuscita objeções que o próprio Darwin já havia previsto na formulação de sua teoria, a saber, a dificuldade de se formarem, gradualmente, estruturas complexas. A suposta inovação do argumento de Behe é que agora não se fala mais da dificuldade da formação de novos órgãos, mas que o evolucionismo não teria condições de explicar estruturas moleculares e processos bioquímicos, uma vez que, na ausência de qualquer uma das moléculas ou etapas bioquímicas para o funcionamento do sistema, toda a estrutura ou cascata bioquímica se tornaria disfuncional.

Entre os exemplos citados pelo autor no livro mencionado está o do flagelo bacteriano. Behe chamou tais estruturas de complexamente irreduzíveis.

É preocupante a constatação de que essa tenha sido a questão com maior abstenção dos respondentes e até mesmo a admissão de que não saberiam como respondê-la. No sexto capítulo de *A origem das espécies*, Darwin (2018) já havia levantado objeções que poderiam dificultar a aceitação de sua teoria, e entre essas dificuldades estava justamente a formação de órgãos complexos, como o olho. Dois argumentos servem para afastar essas objeções, sejam elas aplicadas ao olho complexo ou ao flagelo bacteriano. O primeiro argumento consiste em ter clareza que, quando se trata de investigar a origem de um órgão, a simples descrição do seu funcionamento, por mais importante que seja, é incapaz de revelar a sua gênese. Para isso é necessário investigar os ancestrais do organismo ou descendentes colaterais da forma original e constatar aí que gradações seriam possíveis “e quais gradações poderiam ter a chance de ter sido transmitidas desde as primeiras fases da descendência de maneira inalterada ou pouco alterada” (p. 198). Vemos uma diversidade de olhos na natureza, desde uns extremamente simples, como um simples nervo óptico revestido com pigmento, presentes em alguns artrópodes, até olhos altamente sofisticados, como os das águias. Darwin (2018) estabelece uma analogia interessante para explicar o surgimento de tais estruturas por meio da seleção natural:

É praticamente impossível evitar a comparação entre o olho e um telescópio. Sabemos que este instrumento foi aperfeiçoado pelos esforços contínuos dos maiores intelectos humanos; e, naturalmente, inferimos que o olho tenha sido formado por meio de um processo análogo. (p. 199)

Evidentemente a analogia é válida para o contínuo aperfeiçoamento e pela dimensão temporal, visto que o aperfeiçoamento de instrumentos ópticos é feito por meio de agentes intencionais, enquanto a melhoria dos olhos se deu por processos naturais não finalísticos, resultantes da seleção natural.

O segundo argumento de Darwin para o surgimento de estruturas complexas diz respeito a estruturas que executam ao mesmo tempo funções distintas. A seleção natural poderia fazer com que a estrutura, ou uma molécula, se especializasse em apenas uma função. Isso é interessante para explicar o caso do flagelo bacteriano e todas as demais objeções levantadas por Behe à teoria evolucionista. As proteínas presentes no flagelo, por mais numerosas que sejam, poderiam não estar unicamente relacionadas com o funcionamento do flagelo, ou mesmo

não ter qualquer relação direta com o funcionamento flagelo. O processo seletivo cooptou essas proteínas para que, gradualmente, passassem a desempenhar de forma cada vez mais aprimorada e especializada o funcionamento do flagelo bacteriano.

As teses de Behe buscam infirmar a teoria darwiniana por meio de um discurso supostamente científico, a exemplo do flagelo bacteriano. Este foi o exemplo que trouxemos no questionário aplicado com professores em formação. Essa infirmação, não obstante, como pontua Martins (2001), é movida unicamente por fundo religioso. Os defensores do *design* inteligente nada mais são do que criacionistas dissimulados.

Considerações finais

Neste artigo foram investigados elementos referentes às concepções de EB em licenciandos do curso de Ciências Biológicas da UFSC. Sabemos da imensa heterogeneidade que existe no território brasileiro, em especial quando se trata de educação. Sabemos também que, em virtude do número amostrado nesta pesquisa (55 respondentes), nossas conclusões devem ser prudentes quanto a possíveis generalizações.

Todavia, acreditamos que o cenário que se desenha para futuros professores oriundos da UFSC parece preocupante. Nossa pesquisa permite corroborar parte dos resultados já obtidos por trabalhos anteriores, como o de Tidon e Lewontin (2004), que constata um número expressivo de professores que afirma ser a evolução um evento que produz melhoria, ocorre em nível individual e possui direção (teleologia).

Endossamos que uma possível e desejável via para modificar o quadro atual seja o uso mais disseminado de elementos históricos e filosóficos no ensino e na formação de professores, como apontam os trabalhos de Martins (1998) e Corrêa e colaboradores (2010). No caso em questão, além de desmitificar a atividade científica, que passa a ser vista como uma atividade sujeita a falhas e permeada por fatores sociais e culturais, de desenvolvimento gradual e lento, consideramos de suma importância que futuros professores façam leitura de textos clássicos de sua área de atuação, mesmo que, aos olhos dos avanços científicos atuais, tais textos estejam desatualizados.

Os elementos possíveis para justificar essa dificuldade em relação à compreensão dos conceitos evolutivos são variados, seja para alunos concluintes do ES seja para estudantes ingressantes nesta modalidade de ensino. A defasagem de materiais didáticos (Martins, 1998; Tidon & Lewontin, 2004), os conceitos profundamente abstratos, como adaptação e seleção natural, as barreiras linguísticas que levam os alunos a confundirem conceitos científicos com o uso cotidiano que se faz desses conceitos (como, por exemplo, adaptação), são apenas alguns desses complicadores.

As dificuldades de compreensão sobre a Biologia Evolutiva que trouxemos à tona nesta pesquisa, e a discussão acerca delas expusemos com detalhes na parte sobre os resultados. O que gostaríamos de ressaltar nas conclusões deste trabalho diz respeito a um aspecto mais geral da formação de professores e que, evidentemente, abarca também os futuros professores de Ciências e Biologia. No caso da Biologia, já é repetitiva a afirmação de que a teoria evolutiva cumpre uma espécie de eixo integrador entre os diversos conteúdos (Dobzhansky, 1973; Meyer & El-Hani, 2005), e os documentos oficiais que, durante anos balizaram o ensino de Biologia, enfocavam a EB como um tema estruturador no EM (PCNEM, 2000).

A afirmação de Dobzhansky nos anos 1970 e a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), no início da década de 2000 (PCNEM, 2000) parecem ter surtido pouco efeito, quanto à formação de professores de Ciências e Biologia, pelo menos em relação aos conteúdos de Biologia Evolutiva, haja vista que as dificuldades de compreensão aqui levantadas endossam aquelas que já foram constatadas por pesquisas anteriores. No entanto, nas últimas décadas, tem se investido tempo, dinheiro e pesquisas intermináveis sobre novos modelos para a formação de professores.

Esses novos modelos partem todos de uma crítica à chamada racionalidade técnica e ao modelo de formação baseado no formato 3+1⁹, o qual é constituído por 3 anos de teorias, sendo elas de disciplinas específicas da formação de cada professor e também de teorias pedagógicas, mais 1 ano de prática, destinado ao estágio supervisionado (Diniz-Pereira, 1999). Essas discussões e mudanças acerca dos currículos dos cursos de licenciatura se consubstanciaram a partir da promulgação das Diretrizes Nacionais para os Cursos de Formação de Professores, em 2002 (Resolução CNE/CP n.º 1, 2002) e, desde então, inúmeros pareceres e resoluções foram

⁹ Para entender melhor os aspectos do modelo 3+1 assim como aspectos históricos da formação de professores no Brasil, sugerimos a leitura de Saviani (2009).

promulgados, mas todos orientados pela mesma agenda: crítica ao modelo da racionalidade técnica e valorização do aspecto prático da profissão de professor, de uma epistemologia da prática¹⁰.

Tendo em vista que o ambiente em que a presente pesquisa se deu é na formação de futuros professores, não podemos nos furtar de levantar a presente questão: a UFSC, assim como diversas universidades, reformulou seu currículo de formação de professores, orientando-se pelas críticas apontadas ao modelo anterior (3+1) e pela defesa de uma espécie de epistemologia da prática, a qual defende que a proposta anterior afastava demasiadamente os futuros professores da prática escolar. Para isso foram incorporadas as práticas pedagógicas como componente curricular (PCC), as quais, em nossa compreensão, estabeleceram uma mudança que serve para permanecer mais do mesmo. Mudaram apenas a dimensão temporal do modelo 3+1, que antes era dividido em anos, para adotar um modelo que divide cada disciplina em uma forma de 3+1. Ou seja, a atividade de uma prática pedagógica no final das disciplinas apenas incorporou a antiga divisão do curso para o interior de cada disciplina¹¹. No caso da UFSC, a reformulação curricular que implementou as PPC ocorreu entre dezembro de 2002 a outubro de 2005 (Mohr & Cassiani, 2017).

É extremamente questionável que este modelo tenha trazido contribuições significativas para a formação de professores, e críticas à epistemologia da prática já estão bem disseminadas (Duarte, 2003). O que apontamos nesta pesquisa, pelo menos no que diz respeito à compreensão da teoria evolutiva, é que tal modelo de formação de professores não melhorou em nada a compreensão daquilo que é considerado o aspecto mais relevante da Biologia.

Pesquisas anteriores sobre a formação de professores e o tema da EB, como as de Goedert, Leyser e Delizoicov (2006), apontavam insuficiências quanto à formação de professores para trabalhar tal tema, e que tais insuficiências eram devidas, não exclusivamente,

¹⁰ Embora, em 2015, o Conselho Nacional de Educação tenha sancionado a lei que “Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial em Nível Superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a Formação Continuada” (Resolução n.º 2, 2015), e tal lei revogou as resoluções de 2002, nela a “PCC continua como componente curricular obrigatório com 400 horas nos currículos. Portanto, mesmo com a nova lei, os desafios e as questões colocadas pela PCC nos currículos estão atuais e necessitam ser compreendidas e debatidas nos cursos de formação de professores” (Mohr & Cassiani, 2017, p. 64).

¹¹ É importante ressaltar que cada universidade teve autonomia para pensar seus modelos formativos a partir da interpretação que teve de documentos oficiais que balizaram as diretrizes e as orientações para formação de professores, autonomia que se materializa nos projetos políticos pedagógicos de cada instituição. Mais sobre esse novo modelo formativo e sua aplicação na UFSC pode ser encontrado em Mohr e Wielewicz (2017).

mas principalmente, por um currículo que privilegiava a teoria em detrimento da prática. Esse currículo era claramente influenciado pelo modelo 3+1 e pela racionalidade técnica. Diante dos problemas constatados, as autoras indicavam como solução a inclusão de disciplinas pedagógicas nos semestres iniciais do curso e a necessidade de os conteúdos científicos serem trabalhados com os pedagógicos, sem a prevalência de uns em detrimento de outros (Goedert, Leyser, & Delizoicov, 2006).

A mudança curricular que foi objeto de trabalho durante anos da UFSC incorporou tais sugestões, com a inclusão das práticas pedagógicas no maior número possível de disciplinas do curso (UFSC, 2005). E a que conclusões podemos chegar em termos de melhoria de formação, ao menos no que se refere ao principal tema das Ciências Biológicas, a EB, diante dos resultados que a presente pesquisa constatou por meio dos questionários? A nosso ver, definitivamente, a melhoria desses aspectos não pode passar por uma reformulação curricular, qualquer que seja, se essa reformulação for orientada por uma epistemologia de caráter praticista.

É evidente que mais pesquisas precisam ser feitas, tanto em relação à compreensão de futuros professores sobre os conceitos principais da teoria evolutiva assim como aspectos mais diretamente envolvidos com o modelo de formação de professores. Conquanto, cabe deixar um questionamento, principalmente para aqueles que são responsáveis pelas reformulações curriculares: se o conhecimento, que é a principal ferramenta pedagógica de trabalho dos professores, não se modificou, permanecendo as mesmas dificuldades que existiam antes da reformulação curricular, pelo menos no que se refere aos conteúdos de EB, será que tais modificações curriculares, orientadas por uma epistemologia da prática que pretende cada vez mais “praticizar” os cursos de formação de professores, deve ser o caminho para melhorar o ensino e a formação?

Referências

- Alfaya-Santos, J. V. (2013). Concepções de progresso biológico em livros didáticos de biologia. *Ciências em Foco*, 6(1), 2-18.
- Behe, M. (1997). *A caixa-preta de Darwin*. Jorge Zahar.

- Coimbra, R. L., & Silva, J. (2007). Ensino de Evolução Biológica e a necessidade de formação continuada. In *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC.
- Corrêa, A. L., Araújo, E. N. N., Meglhioratti, F. A. & Calderia, A. M. A. (2010). História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia. *Filosofia e História da Biologia*, 5(2), 217-237.
- Darwin, C. (2018). *A origem das espécies*. Edipro.
- Diniz-Pereira, J. E. (1999) As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. *Educação & Sociedade*, 20(68), 109-125.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Dorvillé, L. F. M., & Teixeira, P. (2015). O crescimento do criacionismo no Brasil: principais influências e avanços recentes. In *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindoia, SP.
- Duarte, N. (2003). Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). *Educação & Sociedade*, 24(83), 601-625.
- Empresa Brasil de Comunicação. (2018). *Em crescimento, bancada evangélica terá 91 parlamentares no Congresso*. <http://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2018-10/em-crescimento-bancada-evangelica-tera-91-parlamentares-no-congresso>
- Futuyma, D. (2002). *Biologia evolutiva*. FUNPEC-RP.
- Gastal, M. L., Goedert, D., Caixeta, F. V., & Soares, M. N. T. (2009). Progresso, Adaptação e Teleologia em Evolução: o que aprendemos, o que entendemos e o que ensinamos? In *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC.
- Goedert, L., Leyser, V. ,& Delizoicov, N. C. (2006). A Formação do Professor de Biologia na UFSC e o Ensino da Evolução Biológica. *Contexto e Educação*, 21(76), 13-41.
- Gould, S. J. (2001) *Lance de dados: a ideia de evolução de Platão a Darwin*. Record.
- Gould, S. J., & Lewontin, R. C. (1979) The Spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proc. R. Soc. Lond.*, 205, 581-598.

- Gould, S. J., & Vrba, E. S. (1982). Exaptation-A missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8(1), 4-15.
- Kimura, M. (1979). The neutral theory of molecular evolution. *Scientific American*, 241(5), 98-129.
- Kropotkin, P. (2012). *Apoio mútuo: um fato de evolução*. Deriva.
- Lewontin, R. C. (1978). Adaptation. *Scientific American*, 239(3), 212-222.
- Licatti, F., & Diniz, R. E. S. (2005). Concepções de professores de Biologia sobre o ensino de Evolução Biológica em nível médio. In *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, SP.
- Martins, L. A.-C. P. (1997). Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. *Episteme*, 2(3), 33-54.
- Martins, L.A.-C.P. (1998). A história da ciência e o ensino da biologia. *Ciência & Ensino*, 5, 18-21.
- Martins, M. V. (2001). De Darwin, de caixas-pretas e do surpreendente retorno do 'criacionismo'. *História, ciências, saúde-Manguinhos*, 8(3), 739-756.
- Marx, K., & Engels, F. (1973). *Cartas sobre las ciencias de la naturaleza y las matemáticas*. Anagrama.
- Maturana, H., & Mpdozis, J. (1995). Origen de las especies por medio de la deriva natural: o la diversificación de los linajes a través de la conservación y cambio de los fenotipos ontogénicos. In H. Maturana, *La realidad: objetiva o construida?: fundamentos biológicos de la realidade* (pp. 105-159). Anthropos.
- Maturana, H., & Varela, F. (1995). *A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano*. Psy.
- Mayr, E. (1984). Typological versus Population Thinking. In E. Sober (Ed.), *Conceptual issues in Evolutionary Biology* (pp. 14-18). The MIT Press.
- Mayr, E. (2005). *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Companhia das Letras.
- Mayr, E. (2008). *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. Companhia das Letras.
- Mayr, E. (2009). *O que é a evolução*. Rocco.
- Meyer, D., & El-Hani, C. N. (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. Editora UNESP.

Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)*. Brasília: Autor.

Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. (2002). *Resolução CNE/CP n.º 1, de 18 de fevereiro de 2002*. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura de graduação plena. Brasília: Autor.
http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01_02.pdf

Ministério da Educação. (2015). *Resolução n.º 2, de 1º de julho de 2015*. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Brasília: Autor. <http://portal.mec.gov.br/docman/agosto-2017-pdf/70431-res-cne-cp-002-03072015-pdf/file>

Mohr, A., & Cassiani, S. (2017). Concepção, proposta e execução da prática como componente curricular no curso de graduação de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina. In A. Mohr, & H. G. Wielewicky (Orgs.), *Prática como componente curricular: que novidade é essa 15 anos depois?* (pp. 61-86). NUP/CED/UFSC.

Mohr, A., & Wielewicky, H. G. (2017). *Prática como componente curricular: que novidade é essa 15 anos depois?* NUP/CED/UFSC.

Nitecki, M. H. (1988) *Evolutionary Progress*. The University Chicago Press.

Oleques, L. C., Bartholomei-Santos, M. L., & Boer, N. (2011). Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 243-263.

Oliveira, M. M. (2007). *Como fazer pesquisa qualitativa*. Vozes.

Rede Brasil Atual. *Criacionista é indicado do governo Bolsonaro para presidir a Capes*. <https://www.redebrasilatual.com.br/educacao/2020/01/criacionista-e-indicado-do-governo-bolsonaro-para-presidir-a-capes/>

Rosslenbroich, B. (2006). The notion of progress in evolutionary biology – the unresolved problem and an empirical suggestion. *Biology and Philosophy*, 21(1), 41-70.

Saviani, D. (2009). Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Educação*, 14(40), 143-155.

Silva-Porto, F. C., Luz, M. R. M. P., & Waizbort, R. (2007). A suposta centralidade da evolução nos livros didáticos de biologia. In *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis, SC.

Tidon, R., & Lewontin, R. C. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124-131.

Universidade Federal de Santa Catarina. (2005). *Proposta de Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Ciências Biológicas da UFSC*. Florianópolis. http://cienciasbiologicas.grad.ufsc.br/files/2013/08/relatorio_final_completo.pdf

Dados da submissão:

Submetido à avaliação em 23 de março de 2020; revisado em 01 de outubro de 2020; aprovado para publicação em 23 de fevereiro de 2021.

Autor correspondente: UFSC, Programa de Pós-graduação em Educação, Florianópolis, Brasil.

Apêndice A – questionário utilizado para a coleta de dados na pesquisa Concepções de estudantes de Ciências Biológicas sobre mecanismos evolutivos

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa sobre ensino de ciências e evolução biológica na Universidade Federal de Santa Catarina. O questionário ocorre em modo anônimo. Sinta-se à vontade em deixar de participar da pesquisa em qualquer momento durante a resolução do questionário. Ao submeter suas respostas, você declara estar ciente de que os resultados deste trabalho poderão ser divulgados no meio acadêmico e científico e, por ocorrer somente em modo anônimo, os dados obtidos serão mostrados apenas como um todo, sem revelar seu nome ou qualquer informação relacionada com a sua privacidade.

*Obrigatório

1. Favor ler, preencher e enviar por e-mail o TCLE:

"Eu, _____, compreendo meus direitos como um participante de pesquisa e voluntariamente consinto em participar e ceder as informações fornecidas no questionário para este estudo.

Local e data: _____, ____ / ____ / ____." no campo de resposta desta questão, preenchendo com os dados solicitados. *

2. Em qual fase da graduação você se encontra? (Responda aquela que representa o maior número de cadeiras atualmente cursadas) *

Marcar apenas uma opção.

- 1.^a
- 2.^a
- 8.^a
- 9.^a
- 10.^a
- Outra

3. Durante o ensino médio, você teve contato com algum/alguns desse(s) tema(s)? Se a resposta for sim, selecione-o(s) *

Marque todas que se aplicam.

- Evolução
- Adaptação
- Seleção Natural
- Lamarckismo
- Neolamarckismo
- Fixismo
- Mutação
- Ancestral
- Competição
- Biologia Evolutiva
- Design* Inteligente
- Desconheço todos os termos citados acima

4. Até o presente momento, você mudou sua percepção em relação a algum dos temas anteriormente marcados? Selecione-o(s) *

Marque todas que se aplicam.

- Evolução
- Adaptação
- Seleção Natural
- Lamarckismo
- Neolamarckismo
- Fixismo
- Mutação
- Ancestral
- Competição
- Biologia Evolutiva
- Design* Inteligente
- Desconheço todos os termos citados acima

Análise qualitativa

Se você desconhece ou não teve contato com o termo apresentado na questão, favor informar na caixa de resposta correspondente.

5. Relacione as Linhas com as Colunas: *

Marcar apenas uma opção por linha.

	Aleatória	Direcional
Deriva gênica		
Migração		
Mutação		
Recombinação		
Seleção Natural		

6. De maneira breve, responda: o que você entende sobre "evolução"? *

7. A evolução é sinônimo de adaptação/progresso. *

Marcar apenas uma opção.

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não tenho opinião
- Discordo
- Discordo fortemente

8. Explique, brevemente, de que forma a seleção natural atua para que a evolução aconteça? *

9. É correto afirmar que características adaptativas se tornam frequentes em uma população, pois favorecem a sobrevivência e/ou reprodução dos indivíduos que as possuem. *

Marcar apenas uma opção.

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não tenho opinião
- Discordo
- Discordo fortemente

10. Segundo Jean-Baptiste de Lamarck, a variedade de espécies existentes pode ser explicada através de duas leis: Lei do Uso e Desuso e Lei da Hereditariedade. O que você acha disso? *

Marcar apenas uma opção.

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não tenho opinião
- Discordo
- Discordo fortemente

11. Justifique a marcação da questão anterior.

12. Em biologia, mutação é um conceito associado às mudanças nas sequências dos nucleotídeos, (podendo ser benéfica ou não para o organismo ou ainda não causar nenhuma vantagem ou prejuízo). Você: *

Marcar apenas uma opção.

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não tenho opinião
- Discordo
- Discordo fortemente

13. Considerando a questão anterior, é correto afirmar que toda e qualquer mudança nas sequências dos nucleotídeos leva à evolução da espécie. *

Marcar apenas uma opção.

- Concordo fortemente
- Concordo
- Não tenho opinião
- Discordo
- Discordo fortemente

14. Justifique a marcação da questão anterior.

15. De maneira breve, responda: qual o seu entendimento para "competição"? *

16. O flagelo bacteriano é constituído por um motor molecular com interação de cerca de 50 partes proteicas complexas. A ausência de qualquer uma destas proteínas faz com que o flagelo deixe de funcionar, ou seja, esta estrutura é irredutivelmente complexa porque, se tentarmos reduzir sua complexidade, excluindo alguma dessas proteínas, obteremos uma estrutura que não funciona de maneira apropriada. Diante disso, como você explica a gênese do flagelo bacteriano?