

Avaliando o conceito de evolução biológica dos professores de biologia do ensino médio de João Pessoa, Paraíba, Brasil

José Eriberto De Assis¹
Martin Lindsey Christoffersen^{1,2}
Carmen Alonso²
Elinei Araújo-De-Almeida³

Resumo

A Teoria Evolutiva constitui a base da Biologia, incluindo estudos abrangentes e contextualizados sobre Meio Ambiente e Ecologia, que lidam com a Biodiversidade. O ensino da evolução ajuda os estudantes a compreenderem o processo científico e diferenciar o que é ciência e não-ciência. Nosso objetivo foi investigar os conceitos de evolução biológica no ensino médio em escolas de João Pessoa, Paraíba, Brasil. Foram aplicados 30 questionários contendo 10 questões, que foram divididas em três grupos. No primeiro grupo, formado por 2 questões, os professores mostraram um bom nível metodológico para trabalhar evolução em sala de aula. No segundo grupo, formado por 4 questões, os professores acertaram mais questões metodológicas do que conceituais. No terceiro grupo, contendo 4 questões-chave para o ensino de evolução, os professores acertaram apenas metade das questões que envolviam conceitos de evolução. Conclui-se que os professores necessitam compreender mais claramente os conceitos científicos relacionados à evolução biológica.

Palavras chave: Ensino de Ciências; Evolução; Seleção Natural.

Abstract

EVALUATING THE CONCEPT OF BIOLOGICAL EVOLUTION OF HIGH SCHOOL BIOLOGY TEACHERS OF JOÃO PESSOA, PARAÍBA, BRAZIL. Evolutionary theory is basic to Biology, including broad and contextualized studies on environment and ecology, which deal with biodiversity. The teaching of biological evolution helps students in understanding the scientific process and to differentiate the sciences from non-scientific attitudes. Our objective was to investigate the scientific concepts of biological evolution held by biology teachers in the secondary schools of João Pessoa, Paraíba, Brazil. Thirty questionnaires with 10 queries were divided into three groups. In the first group, formed by two queries, the teachers demonstrated a good methodological training in class. In the second group, formed by four queries, the teachers succeeded more often with methodological than with theoretical aspects of evolutionary theory. In the third group, containing four key-queries for evaluating evolutionary comprehension, teachers answered correctly only half of the queries that involved evolutionary concepts. In conclusion, secondary teachers need to obtain a better comprehension of scientific concepts involved in evolutionary theory.

Key words: Science teaching; Evolution; Natural Selection.

Introdução

Estudos contextualizados de Meio Ambiente pressupõem uma adequada formação básica em Teoria Evolutiva, uma vez que um dos principais componentes dos estudos ecológicos envolve como objeto de estudo a biodiversidade, gerada pela seleção natural e pela especiação.

A evolução biológica provê um importante arcabouço para a compreensão das mudanças nas espécies em um

longo período de tempo e explica a diversidade observada na natureza (Schram, 1989; Santos, 2002; Wuerth, 2004).

Os temas sobre evolução em geral, são trabalhados nas escolas como mais um tópico no rol dos conteúdos de biologia, sendo esta situação preocupante, em especial, porque pesquisas recentes apontam que a teoria evolutiva tem baixos índices de compreensão e pouca credibilidade fora do meio acadêmico (Dias, 2001). Neste sentido, o

¹ Bolsista do CNPq, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, CEP 58.059-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mails: eri.assis@gmail.com (Autor para correspondência) mlchist@dse.ufpb.br

² Departamento de Sistemática e Ecologia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, CEP 58.059-900, João Pessoa, Paraíba, Brasil. E-mails: mlchist@dse.ufpb.br; carmenalonso@globo.com

³ Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Lagoa Nova, RN. CEP: 59072-970. elinei@cb.ufrn.br

ensino acerca do processo de evolução da vida ajuda os estudantes a compreenderem o processo científico e, talvez o mais importante, a ilustrarem as diferenças entre ciências e não-ciências (Wuerth, 2004).

No Brasil, o ensino de evolução biológica foi investigado por Bizzo (1994), Santo & Bizzo (2000), Carneiro (2004), Goedert (2004) e Tidon & Lewontin (2004), que mostraram uma série de equívocos decorrentes de posicionamentos pessoais dos professores, de concepções prévias dos alunos, e de entendimentos incorretos, possivelmente decorrentes de dificuldades não-resolvidas na formação inicial dos docentes, ou por credos religiosos muito fortes.

A falta de clareza sobre conhecimentos científicos a respeito deste tema, principalmente por parte dos professores, dificulta um melhor desempenho na apresentação dos tópicos sobre evolução em sala de aula. Os professores encontram muitos confrontos ao falar de evolução biológica por causa das concepções religiosas que permanecem muito fortes no cotidiano de cada aluno. Isso é aceitável, pelo fato de que, logo cedo, os alunos vão para as instituições religiosas (igrejas) que apresentam o esboço do Criacionismo para explicar a origem da diversidade de acordo com a Bíblia. Sendo assim, o ensino de evolução torna-se crucial para a maior parte dos alunos que dizem não acreditar que a evolução acontece. De maneira geral, é considerado como um momento tenso para os professores de Ciências e Biologia, por ser um espaço propício ao surgimento da polêmica entre criacionismo e evolucionismo (Bybee, 2001; Chuang, 2003; Goedert, 2004).

Alguns estudos têm mostrado que a crença religiosa parece interferir na compreensão e aceitação do ponto de vista científico, especialmente para a evolução. Entretanto, um fato importante na pesquisa científica é estender várias estratégias dirigidas aos obstáculos religiosos e à visão de mundo destes obstáculos. Somente assim, os estudantes poderão realmente começar a compreender e aceitar a ciência da evolução (Brian & Nelson, 2002; Trani, 2004). Por este motivo, a maior parte dos alunos chega às universidades com grande carência em relação aos tópicos que envolvem este tema, confundindo homologia e analogia, sem nunca ter ouvido falar no significado de série de transformação e especiação, nem tampouco compreende o que são árvores filogenéticas e que somente através delas é possível reconstruir a história evolutiva dos seres vivos. De acordo com Alles (2001), é necessário que o professor use o processo de evolução na forma de esquemas para as aulas de Biologia, esperando que os alunos consigam aprender de maneira mais concisa sobre as Ciências Naturais. Também é importante, segundo Scott & Branch (2003), que haja uma aproximação do construtivista à instrução da ciência para que o ensino de evolução seja aplicado em um ambiente de aprendizagem onde o estudante possa ser motivado a trabalhar com seus erros conceituais

precedentes, construindo uma compreensão nova e mais corrente baseada na informação científica exata.

Porém, o que se pode perceber nos escritos que tratam do tema Welch et al. (1981); Rutledge & Warden (2000); Alles, 2001; Rutledge & Mitchell (2002), é que os alunos que ingressam nos cursos universitários, mesmo tratando-se do curso de graduação em Ciências Biológicas, raramente demonstram uma formação sólida em Teoria Evolutiva, Seleção Natural e Especiação, que atualmente constituem as áreas mais fundamentais da Biologia.

Nosso objetivo foi investigar como se encontram os conceitos científicos relacionados aos tópicos principais de evolução biológica dos professores de Biologia do ensino médio de escolas públicas e privadas da cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. Também para verificar como estes conceitos estão sendo abordados nas aulas de Evolução das escolas nas quais os professores foram entrevistados.

Metodologia

Foi elaborado um questionário contendo 10 questões objetivas. Nas questões 1, 3 e 10 aparecem espaços para a justificativa das respostas, ficando a critério do professor entrevistado preenchê-las. Cada questão apresentava até quatro respostas para correlação ou marcação. Foram aplicados 30 questionários para serem respondidos em até cinco dias úteis, em 15 escolas públicas e privadas de ensino médio de João Pessoa. As questões envolveram os tópicos relacionados às definições de evolução biológica, adaptação, teorias evolucionárias, especiação, estruturas homólogas e análogas, seleção natural, séries de transformação e árvores filogenéticas. As questões foram divididas em grupos com base no nível de conhecimento científico sobre a evolução biológica. O primeiro grupo de questões foi formado pelas questões **3** e **9**, que exigiam apenas um enfoque metodológico do professor e não possuem tópicos científicos rigorosos envolvendo a evolução biológica. Sendo assim, não puderam ser avaliadas como corretas ou erradas. O segundo grupo foi formado pelas questões **1**, **4**, **6** e **7** está formado por questões tanto de caráter metodológico como conceitual. O terceiro grupo foi formado pelas questões **2**, **5**, **8**, **10**, todas de caráter conceitual, e foram consideradas como questões-chave para o conhecimento da evolução biológica.

O questionário seguiu padrões de organização semelhantes aos de Welch et al. (1981); Bird et al. (1991); Rutledge & Warden (2000); Rutledge & Mitchell (2002).

Resultados e Discussão

Para a questão **3**, representada graficamente na Figura 1, dos 30 questionários avaliados, 3% dos professores acreditam que a Teoria Criacionista é mais adequada para

explicar a origem da diversidade biológica, enquanto 97% dos professores acreditam que a Teoria Evolucionista é a que explica a origem da diversidade biológica, por concordarem com o advento da produção científica, da demonstração através do método científico. A Teoria Criacionista baseia-se nas idéias fundadas numa lei natural, em que as espécies são imutáveis e perfeitas. Estas idéias atravessaram séculos, até que a noção de princípio vital fosse questionada, concebendo as leis criacionistas como submetidas à ação contínua de um poder de plano criador, mediante a intervenção de Deus (Moore, 1982; Branco, 1994; Carneiro, 2004). Segundo o esclarecimento de Mayer (1998), na visão criacionista, não se concebe o surgimento contínuo de novas espécies, já que todas foram criadas por Deus durante seis dias de criação. Alguns religiosos conservadores associados com o movimento criacionista oferecem a noção errada de que o ensino de Evolução está de algum modo associado ao declínio de valores morais na sociedade (Eger, 1991). Para Alles (2001) aproximadamente 68% da população pensa que o criacionismo deve ser ensinado nas escolas públicas. Nós acreditamos que a Teoria Criacionista deve ser abordada em sala de aula apenas como um comentário do advento religioso, mas não deve ser utilizada para explicação de fatos diante da comprovação científica, para a visão da riqueza de organismos que é observada durante toda a história da Terra.

A Teoria Evolucionista encontra no processo biológico argumentos para justificar os fenômenos naturais (Carneiro, 2004). Evolução biológica consiste nas mudanças de adaptação, que são estabelecidas pela Teoria da Seleção Natural. Pôde-se perceber que a maior parte dos professores busca oferecer aos alunos um pouco daquilo que é norteado nos livros didáticos de Biologia de ensino médio em relação às teorias evolutivas, para que os alunos compreendam a importância de conhecer como surgiram as idéias evolutivas e como elas foram sendo aperfeiçoadas ao longo dos séculos. É importante aproximar a idéia de evolução aos estudantes que não querem misturar suas concepções pessoais e fazerem escolhas entre as concepções teóricas ou crenças religiosas (Blackwell et al., 2003). A disposição dos alunos para as mudanças pode ser um componente essencial na aprendizagem sobre evolução biológica, pois as suas mudanças conceituais são facilitadas, ao passo que ele compara explicações concorrentes. Desta forma, requer uma mente relativamente aberta e disposição pessoal não-absolutista (Sinatra et al., 2003).

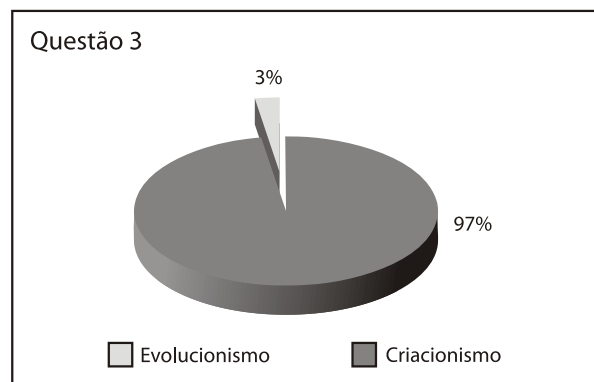


Figura 1. Porcentagem de professores que utilizam a Teoria Evolucionista ou a Teoria Criacionista para explicar a origem da diversidade biológica nas aulas de Evolução.

A questão 9 (explícita no gráfico da Figura 2), que está relacionada com a aplicação de modelos filogenéticos para explicar a diversidade biológica, durante as aulas de Evolução e, aos mecanismos de surgimento de novas espécies, 23% dos professores responderam que a evolução biológica pode ser explicada através dos fósseis ou das estruturas morfológicas atuais bem como através de evidências comportamentais, sem fazer nenhuma alusão às árvores filogenéticas, enquanto que 77% dos professores utilizam as hipóteses filogenéticas nas aulas de Evolução.

A Sistemática Filogenética, como destacado em Amorim (2002) corresponde a uma ferramenta metodológica utilizada na classificação dos organismos para explicar a sua história evolutiva e reuní-los com base no grau de parentesco filogenético. Para Sisto et al., (1999) é possível estabelecer modelos filogenéticos para argumentar de maneira mais efetiva a evolução na sala de aula enfatizando a Biodiversidade e a ordem existente na natureza biológica, que é gerada pelo processo evolutivo. A quantidade de professores que utilizam hipóteses filogenéticas nas aulas de Evolução superaram a quantidade de professores que não concordam com este enfoque evolutivo para resolver as lacunas que ainda existem na compreensão do processo evolutivo.

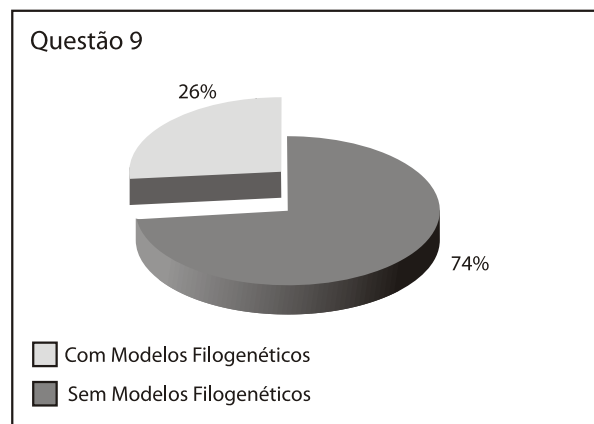


Figura 2. Porcentagem de professores que utilizam ou não modelos filogenéticos nas aulas de Evolução do ensino médio em João Pessoa.

No segundo grupo de perguntas (1, 4, 6 e 7), referindo-se a questão 1, que trata da definição científica de evolução biológica, 26% acertaram esse conceito, sendo ela a que consideramos a mais adequada para se trabalhar em sala de aula. Esta porcentagem indica que os professores compreendem a evolução biológica como um processo que gera mudanças nos organismos ao longo do tempo. Essas mudanças se dão nas proporções individuais, fazendo as espécies diferirem geneticamente, o que torna esse processo real e não apenas uma hipótese. A evolução biológica é compreendida como uma série de mudanças nas propriedades genéticas das populações, que transcendem o período de vida de um único indivíduo. Linhart (1997) reuniu diferentes definições apresentadas nos livros-texto de evolução biológica, na tentativa de explicar em que consiste esse processo nas mais diversas áreas do conhecimento, tais como: Biologia Evolutiva, Biologia Geral, Genética, Ecologia, Paleontologia, entre outros. Os 74% dos professores restantes acreditam que a evolução biológica é o estudo das transformações que ocorrem nos organismos ao longo do tempo. Este resultado torna-se preocupante, visto que 25 professores da amostra possuem formação específica em Ciências Biológicas e indica que os professores estão presos aos conceitos equivocados encontrados nos livros didáticos de Biologia, os quais não abordam a evolução biológica como um processo.

Tratando-se da questão 4, referente ao conceito de homologia e analogia, 60% dos professores conseguiram correlacionar corretamente as principais Teorias Evolucionárias, evidenciando que conhecem as diferenças que existem entre elas. Zuzovski (1994) reuniu as idéias produzidas por estudantes-professores sobre as distintas Teorias Evolucionárias, entre elas, a Teoria Lamarckista, a teoria Darwiniana e a teoria Sintética de Evolução. Os outros 40% dos professores confundiram as Teorias Evolucionárias e no questionário (Ver anexo I).

Tratando-se na questão 6, do conceito de homologia e analogia, 46% dos professores conseguiram assinalar corretamente a questão. A pergunta formulada intencionava saber se o professor podia diferenciar estes dois termos. Na pergunta abordou-se o porquê de não incluir os morcegos dentro do grupo das aves se eles possuem asas. Possuir membros anteriores transformados em asas que é um caráter que surgiu em momentos históricos diferentes tanto nos morcegos como nas aves (homoplasia). Ao se falar de asas de morcegos e asas de aves, estamos falando de membros anteriores dos Tetrapoda. Então, temos duas estruturas a princípio homólogas, se levarmos em consideração apenas as estruturas ósseas (anatômicas) e suas origens embriológicas. O aparecimento deste caráter nos dois grupos é denominado de convergência, pois raramente produz estruturas de fato idênticas (Panchen, 1993; Amorim, 2002). Então, mesmo sabendo que estas

estruturas possuem muitas diferenças anatômicas, não podemos considerá-las como estruturas análogas, mas para 54% dos professores foi mais pertinente atribuir-lhe apenas a função do voo, que as tornam estruturas análogas, pois confundiram a possibilidade de voar com o caráter morfológico (asas). Para os alunos, é importante que os professores apresentem estruturas anatômicas bem diferentes e com funções de fato idênticas, como as asas de insetos e as asas de aves (complemento na questão 8).

Sobre o conceito de série de transformação abordado na questão 7, obteve-se 23% de acerto por parte dos professores acerca deste conteúdo. Uma série de transformação é compreendida como uma seqüência de modificações que uma determinada estrutura sofreu, tornando-se sucessivamente derivada (Amorim, 2002). Dos professores analisados, 77% erraram sua resposta, por confundirem este termo com radiação adaptativa (52%) e desenvolvimento (25%). De acordo com Futuyma (1992), a radiação adaptativa é utilizada para descrever a diversificação em diferentes nichos ecológicos das espécies derivadas de um ancestral comum. Os professores que confundiram evolução biológica com processo de desenvolvimento, apresentado numa das respostas os estágios de metamorfose de uma borboleta (*Lepidoptera*). O desenvolvimento ocorre em todos os organismos multicelulares que não possuem origem repentinamente formada por completo, as estruturas surgem por um processo vagaroso relativo às mudanças progressivas (Gilbet, 1994).

As questões do segundo grupo estão representadas graficamente, de forma comparada, na Figura 3 seguinte.

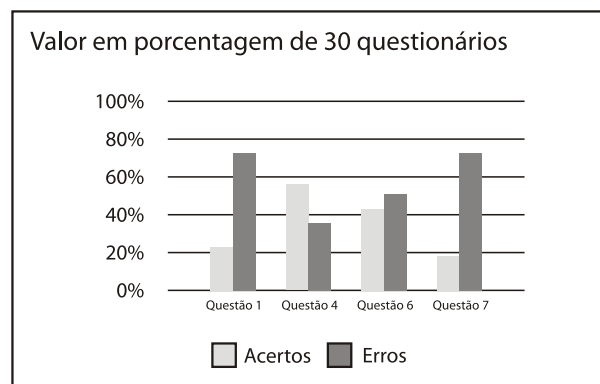


Figura 3. Porcentagem de acertos e erros do segundo grupo de questões, assinalados pelos professores de ensino médio de escolas públicas e particulares de João Pessoa.

O terceiro grupo de perguntas é formado pelas questões-chave para o conhecimento de evolução biológica.

Relatando sobre o conceito de adaptação na questão 2, verificou-se que 83% dos professores assinalaram corretamente acerca do tema. A adaptação é um processo de mudança genética de uma população, devido à seleção natural, pelo qual o estado médio de um caráter é

aperfeiçoado com relação a uma função específica numa determinada população, que se torna mais ajustada para uma característica ambiental (Futuyma, 1992; 1998). As mudanças bruscas de ambientes acarretam extinção em massa de organismos, provocando alterações nas populações, principalmente naquelas que conseguem suportar os altos níveis de variação do ambiente e, assim, tornam-se adaptadas. Apenas 17% dos professores não conseguiram correlacionar corretamente esta questão.

Na questão 5, ao abordar sobre os mecanismos de especiação, 80% dos professores conseguiram assinalar corretamente acerca desses processos. A especiação consiste num mecanismo de produção de novos complexos gênicos capazes de gerar mudanças ecológicas na qual a evolução avança (Futuyma, 1992). Darwin assumiu que a origem das espécies resulta simplesmente das mudanças evolutivas ao longo do tempo, pois enxergava a especiação como um de seus eventos (Panchen, 1993). Darwin também concluiu que o isolamento geográfico foi necessário para haver a multiplicação das espécies ou estas espécies iriam eliminar muitas semelhanças a partir de cruzamentos com espécies próximas (Ospovat, 1995). Podemos classificar a especiação em diversos eventos na produção de novas espécies, dentre eles: o isolamento geográfico, quando duas espécies por algum evento geológico perdem a possibilidade de fluxo gênico, ocorrendo em conseqüência o isolamento reprodutivo, resultando numa impossibilidade dessas espécies se inter cruzarem. Desta forma, chega-se à conclusão, que as espécies recentes possuem ancestralidade comum, comentada por Darwin em seu livro “Origem das Espécies” (Meyer & El-Hani, 2005). Apenas 20% dos professores não conseguiram assinalar corretamente esta questão.

Na questão 8, que trata das estruturas compartilhadas entre os seres vivos, apenas 33% dos professores acertaram esta questão. A homologia é compreendida como uma característica derivada de um ancestral comum, que pode apresentar modificações ou não, mas é compartilhada por duas ou mais espécies, enquanto que analogia é compreendida como uma relação entre estruturas que desempenham a mesma função em um organismo, as quais não podem ser homólogas (Hall, 1992; Panchen, 1993; Amorim, 2002). A presença de pêlos em ursos e a presença de pêlos em grilos são estruturas análogas, visto que a origem embriológica dessas estruturas é completamente diferente. De acordo com as conceituações obtidas a partir de Amorim (2002), são consideradas estruturas homólogas e idênticas entre espécies de grupos relativamente distantes: a presença de vértebras caudais no lagarto verde e a presença de vértebras caudais nas galinhas; a presença de clorofila em colônias de *Volvox* (Clorofíceas) e a presença de clorofila em samambaias; a presença de espermatozoides em planárias de água doce e a presença de espermatozoides em ouriços-

do-mar. 67% dos professores confundiram as estruturas homólogas e análogas aqui apresentadas. Este resultado mostra-se preocupante para o ensino de evolução biológica no ensino médio, levando em consideração a importância destes conceitos para a aprendizagem dos processos evolucionários. Somente através das homologias podemos fazer posicionamentos evolutivos de estruturas mais basais e estruturas mais derivadas ou estabelecer estruturas que surgiram independentemente na história evolutiva.

Quanto à definição científica de Seleção Natural ressaltada na questão 10, verificou-se que 20% dos professores assinalaram de forma precisa o que foi questionado. De acordo com Bardell (1994), Geary (2002), Kutschera (2003) e Kutschera & Niklas (2004), a Seleção Natural foi proposta primeiramente por Darwin e Wallace em 1858, que apresentaram as seguintes hipóteses: (1) todos os organismos produzem mais prole que seu ambiente pode suportar; (2) variabilidade intra-específica da maioria dos caracteres existe em abundância; (3) competição por recursos limitados está relacionada com o esforço de vida ou existência; (4) ocorre descendência com modificações hereditárias; (5) como resultado geral, novas espécies se desenvolvem. Para Futuyma (1992) a Seleção Natural é uma diferença parcial ou completamente determinista nas entidades hereditariamente diferentes para gerações subseqüentes. Este conceito surgiu a partir do século XIX, tomando como essência as noções de Seleção Natural de Darwin e Wallace. Os conceitos de Seleção Natural foram reelaborados com base em princípios genéticos, devido principalmente aos trabalhos de Gregor Mendel (1822-1884) como destaca Chautard-Freire-Maia (1990). Esta nova visão de Seleção Natural com princípios genéticos foi estabelecida em 1930 e 1940 pelos cientistas T. Dobzhansky, J. S. Huxley, E. Mayr, B. Rensch, G.G. Simpson, e G.L. Stebbins (Murray, 2001). 80% dos professores acreditam que a Seleção Natural deve ser conceituada como principal fator evolutivo que atua na variabilidade genética das populações. *A Origem das Espécies*, livro escrito por Darwin em 1859, esclarece duas hipóteses sobre o processo de evolução biológica: que todos os organismos descendem com modificações a partir de um ancestral comum, e que o principal agente de modificação é uma ação da Seleção Natural. Porém, estas hipóteses não podem ser encaradas como conceitos (Carneiro, 2004). No sentido mais amplo da Seleção Natural, Campbell & Robert (2005) fizeram explicações sobre o esboço da Seleção Natural para que se possa reinterpretar o processo através das leis que a regem, num princípio fundamental do advento da evolução biológica. As explicações científicas são baseadas na compreensão dos fenômenos nos diferentes níveis de complexidade, desde o nível molecular até os níveis de populações. Isso dificulta os alunos de ensino médio organizar suas idéias sobre a Seleção Natural (Pedersen

& Halldén, 1994). Sendo assim, é válido que o professor crie possibilidade de ilustração para explicar o processo de Seleção Natural em sala de aula. Wuerth (2004) relata como desenvolve atividades com feijões vermelhos e feijões brancos, que representam alelos para um determinado gene. Após os cruzamentos, os estudantes podem ver como a pressão seletiva afeta as frequências e os alelos das populações. A autora também desenvolve trabalhos com relação aos bicos dos pássaros sob o processo de Seleção Natural, que interferem nas atividades de busca de alimentos desses animais (padrões de alimentação). Encontra-se no guia dos professores de Wuerth (2004) um anexo, explicando como o ensino de Evolução fornece estas oportunidades para a prática da Seleção Natural. Por fim, ela agrega todas as idéias produzidas para uma apresentação final. A partir deste guia, busca-se juntar as idéias de todos os estudantes envolvidos.

A representação gráfica referente às questões do grupo três (2, 5, 8 e 10) encontra-se explícita na Figura 4.

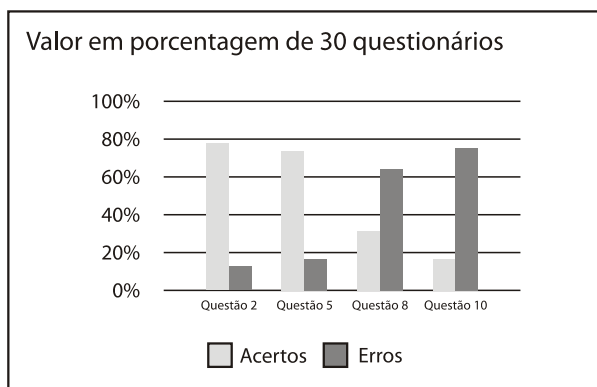


Figura 4. Porcentagem de acertos e erros do terceiro grupo de questões (questões-chave), assinalados pelos professores de ensino médio de escolas públicas e particulares de João Pessoa.

Conclusões

As respostas do grupo 1 indicam que: os professores estão seguindo as propostas metodológicas para alcançar bons resultados no ensino da evolução biológica em sala de aula, levando em consideração os padrões atuais de agrupamentos filogenéticos para explicações do processo de evolutivo.

O segundo conjunto de respostas indicou que: os professores ainda precisam absorver conceitos mais elaborados de evolução biológica, compreendendo-a como um processo contínuo na produção de novos complexos gênicos. A grande maioria dos professores diferenciou corretamente as Teorias Evolucionárias. Porém, é necessário que os professores não confundam, em hipótese nenhuma, os conceitos de homologia e analogia. Somente assim os alunos poderão compreender o processo evolutivo corretamente. É importante para os alunos que

os professores desenvolvam estratégias metodológicas para esclarecer o que é série de transformação e jamais descrevam evolução como processo de desenvolvimento.

O terceiro grupo de respostas indicou que: apesar de muitos professores terem acertado a questão sobre adaptação, esta encontra-se associada frequentemente às mudanças ambientais, sob a pressão da Seleção Natural, o que gera descendência com modificação. A especiação deve ser trabalhada em sala de aulas como mecanismo básico para se compreender como surgem novas espécies. É também necessário que o professor crie hipóteses sobre estruturas homólogas e análogas, para compará-las nos diversos grupos. O conceito de Seleção Natural deve ser trabalhado dinamicamente com produção de práticas para que os alunos absorvam a essência da teoria evolutiva e compreendam os processos envolvidos neste fenômeno.

Conclui-se, então, que os conceitos científicos relacionados à evolução biológica ainda não estão sendo transmitidos de maneira satisfatória aos estudantes de Ensino Médio, levando em consideração o segundo e o terceiro grupos de questões. É importante que o professor busque fontes de informações gerais para atualização, dos conceitos atuais que regem o ensino de evolução biológica. Talvez este seja o único caminho para um melhor desempenho no ensino de evolução como um conteúdo primordial para a compreensão do avanço da explosão cultural humana e biológica.

Agradecimentos

A todos os professores que colaboraram respondendo o questionário aplicado a determinada escola. Ao graduando e amigo Felipe Campos pelas sugestões valiosas na fase inicial do trabalho monográfico. Aos revisores Dr. Roberto Sassi e Dr. Ricardo de Souza Rosa pelas correções e sugestões valiosas para a versão final do manuscrito. Ao CNPq por fornecer a bolsa de pós-graduação ao mestrando J. E. De Assis.

Referências

- ALLES, D.L. 2001. Using Evolution as the Framework for Teaching Biology. *The American Biology Teacher*, 63(1): 20-23.
- AMORIM, D.S. 2002. Fundamentos de Sistemática Filogenética. Ribeirão Preto: Holos Editora.
- BARDELL, D. 1994. Some Ancient-Greek Ideas on Evolution. *The American Biology Teaching* 56(4): 198-200.
- BIRD, J.R., FENSHAM, P.J., GUNSTONE, R.F. & WHITE, R.T. 1991. The Importance of Reflection in

- Improving Science Teaching and Learning. *Journal of Research in Science Teaching* 28(2): 163-182.
- BIZZO, N.M.V. 1994. From Down House landlord to Brazilian high-school-students – What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31: 537-556.
- BLACKWELL, W.H., POWELL, M.J. & DUKES, G.H. 2003. The Problem of Student Acceptance of Evolution. *Journal of Biological Education* 37(2): 58-67.
- BRANCO, S.M. 1994. *Evolução das Espécies: o pensamento científico, religioso e filosófico*. São Paulo: Ed. Moderna.
- BRIAN, A.J. & NELSON, C.E. 2002. Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution* 56(10): 1891-1901.
- BYBBE, R.W. 2001. Teaching about evolution: old controversy, new challenge, *Bioscience* 51(4): 309-312.
- CAMPBELL, R. & ROBERT, J.S. 2005. The structure of evolution by natural selection. *Biology and Philosophy* 20: 673-696.
- CARNEIRO, A.N.P. 2004. A Evolução Biológica aos olhos de professores não-licenciados. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Acessível em <http://www.ppgect.ufsc.br/dis/04/dissert.pdf>. Acessado em 05/05/2007.
- CHAUTARD-FREIRE-MAIA, E.A. 1990. Aspectos polêmicos da teoria sintética da evolução. *SBPC – Ciência e Cultura*. 42(5/6): 360-368.
- CHUANG, H. C. 2003. Teaching Evolution: Attitudes and Strategies of Educators in Utah. *The American Biology Teacher* 65(9): 699-674.
- DIAS, M.C.E. 2001. Docentes de Ciências e Formação Continuada. In: I Encontro Regional de Ensino de Biologia. Anais da Universidade Federal Fluminense. p.214-218.
- EGER, M. 1991. Dissonance in the Theory and Practice of Rationality: Teaching Evolution Biology and Teaching Morals. In MATTHEWS M.R. (ed.). *History, philosophy, and science teaching, selected readings*. Toronto: OISE Press. p.63-64.
- FUTUYMA, D.J. 1992. *Biologia Evolutiva*. 2ª Ed. Trad. de Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética.
- FUTUYMA, D.J. 1998. *Evolutionary Biology*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., MA.
- GEARY, D.C. 2002. Principles of Evolutionary Educational Psychology. *Learning and Individual Differences* 12: 317-345.
- GILBET, S.F. 1994. *Developmental Biology: fourth Edition*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.
- GOEDERT, L. 2004. A formação dos professores de Biologia na UFSC e o Ensino de Evolução Biológica. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Acessível em <http://www.ppgect.ufsc.br/dis/10/Dissert.pdf>. Acessado em 05/05/2007
- HALL, B.K. 1992. *Evolutionary developmental biology*. London: Chapman and Hall.
- KUTSCHERA, U. 2003. A comparative analysis of the Darwin-Wallace Papers and development of the concept of natural selection. *Theory Bioscience* 122: 343-359.
- KUTSCHERA, U. & NIKLAS, K.J. 2004. The Modern Theory of Biological Evolution: an Expanded Synthesis. *Naturwissenschaften*, 91: 255-276.
- LINHART, Y.B. 1997. The teaching of evolution-we need to do better. *Bioscience*, 47(6): 385-391.
- MEYER, E. 1998. *O desenvolvimento do Pensamento Biológico*. Brasília: Ed. da Universidade de Brasília.
- MEYER, D. & EL-HANI, C.N. 2005. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Universidade Estadual de São Paulo.
- MOORE, J.A. 1982. Evolution and Public Education. *Bioscience* 32(7): 606-611.
- MURRAY, B.G. 2001. Are Ecological and Evolutionary Theories Scientific? *Biological Reviews* 76: 255-289.
- OSPOVAT, D. 1995. The development of Darwin's theory: natural history, natural theology and natural selection, 1838-1859. Cambridge: Cambridge University Press, 6-38.
- PANCHEN, A. 1993. *Evolution*. London: Bristol Classical Press.
- PEDERSEN, S. & HALLDÉN, O. 1994. Intuitive ideas and scientific explanations as parts of students' developing understanding of biology: the case of evolution. *European Journal of Psychology of Education* 9(1): 127-137.
- RUTLEDGE, M.L. & WARDEN, M.A. 2000. Evolutionary theory, the nature of science and high school biology teachers: critical relationships. *The American Biology Teacher* 62(1): 23-31.

- RUTLEDGE, M.L. & MITCHELL, M.A. 2002. Knowledge Structure, Acceptance and Teaching of Evolution. *Teaching Evolution*, 64(1): 21-28.
- SANTOS, S. 2002. *Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula*. São Paulo: Annablume, Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo, Pro - Reitoria de Pesquisa.
- SANTOS, S. & BIZZO, N. 2000. O ensino e a aprendizagem de evolução biológica no cotidiano da sala de aula. In: VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais da Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
- SINATRA, G.M., SOUTHERLAND, S.A., MCCONAUGHY, F. & DEMASTES, J.W. 2003. Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 40(5): 510-528.
- SISTO, A.A., LOPES, D.R.N., BRAGA, J.A. & ALMEIDA, V.L.F.O. 1999. Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino. In: BARBIERI, M.R. (Coord.) *Aulas de Ciências: projeto LEC-PEC de Ensino de Ciências*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 67p.
- SCHRAM, F.R. 1989. Darwin, evolution, and pseudoscience. *Environment Southwest* 524: 8-11.
- SCOTT, E.C. & BRANCH, G. 2003. Evolution: what's wrong with 'teaching the controversy' *TRENDS in Ecology and Evolution*, 18(10): 499-502.
- TRANI, R.I. 2004. Won't teach evolution; it's against my religion. and now for the rest of the story. *The American Biology Teacher* 66(6): 419-427.
- TIDON, R. & LEWONTIN, R.C. 2004. Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology* 27(1): 124-131.
- WELCH, W.W., KLOPFER, L.E., AIKENHEAD, G.S. & ROBINSON, J.T. 1981. The role of inquiry in science education: analysis and recommendations. *Science Education* 65(1): 33-50.
- WUERH, M. 2004. Resources for teaching evolution. *Teaching Evolution* 66(2): 109-113.
- ZUZOVSKY, R. 1994. Conceptualizing a Teaching Experience on the Development of the Idea of Evolution: an Epistemological Approach to the Education of Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5): 557-574.

Anexo I

Avaliando o conceito de evolução biológica dos professores de biologia de ensino médio de João Pessoa, Paraíba, Brasil

1. O que você compreende por evolução biológica?
 - () Uma mudança ao longo do tempo das proporções de organismos individuais, diferindo geneticamente em suas características.
 - () É o estudo preciso das transformações que ocorrem nos organismos originando novas espécies ao longo do tempo.

2. A adaptação é o mecanismo mais importante que favorece a evolução biológica devido:
 - () Extinção em massa
 - () A seleção natural
 - () A mudança brusca de ambientes
 - () A especificação do agente seletivo

3. Abaixo se encontram duas teorias principais que buscam explicar a evolução biológica. Qual delas que você acredita que explica a origem da diversidade?
 - () A teoria Criacionista (criação especial) que concebe a diversidade dos seres vivos, com suas características como uma criação imutável de Deus.
 - () A teoria Evolucionista, que busca a explicação da diversidade biológica através de comparações entre os organismos.

4. O que você entende por Seleção Natural?
 - () Diferença parcial ou completamente determinista nas entidades hereditariamente diferente para gerações subsequentes.
 - () É o principal fator evolutivo que atua na variabilidade genética das populações.
 - () É o processo de escolha de novos caracteres para futuras gerações.

5. Correlacione as abordagens das principais teorias evolucionárias:
 - (1) Lamarckismo
 - (2) Darwinismo
 - (3) Teoria Sintética de Evolução
 - () Todos os organismos descendem de um ancestral comum por um contínuo processo de ramificação; a evolução é um processo de mudança que resulta em organismos mais adaptados ao seu meio e não os mais perfeitos.
 - () Somente as mutações podem acarretar o surgimento de variação e nem todas são deletérias; a recombinação

genética é a origem mais importante de variabilidade nas populações.

() Todos os organismos descendem de um ancestral comum por um contínuo processo de mudança como respostas as alterações ambientais; a alteração do comportamento acarreta o uso e desuso de certos órgãos que, em consequência disso se transformam.

6. A Especiação é um mecanismo de produção de novos complexos gênicos capazes de gerar mudanças ecológicas, pelo qual a evolução avança. Sem a especiação não haveria diversificação do mundo orgânico, radiação adaptativa e nem tão pouco progresso evolutivo. Este fenômeno se deve a:

- () Isolamento geográfico
- () Mudança genética aleatória
- () Competição entre populações
- () Adaptação ao novo habitat

7. Por que os morcegos não são considerados aves se eles possuem asas?

- () porque seria uma característica que surgiu a partir de genes exclusivos de morcegos e aves;
- () porque seria uma característica que surgiu no ancestral de mamíferos e aves, sendo herdado apenas nos morcegos e nas aves, com mesma origem embriológica (homologia);
- () que seria um característica que surgiu apenas no ancestral das aves, em seguida surgindo independentemente nos morcegos (Analogia).

8. Homologia é compreendida como uma característica derivada de um ancestral comum, podendo apresentar modificações ou não, sendo compartilhada por duas ou mais espécies. Assinale somente a características homólogas.

- () Presença de pelos em urso polar e presença de pelos no grilo.
- () Presença de vértebras caudais em lagarto verde e presença de vértebras caudais em galinha.
- () Presença de asas em inseto e presença de asas em aves.
- () Presença de flor em abacateiro presença de flor em papoula.

9. Analogia é uma relação de semelhança entre duas estruturas que desempenham a mesma função em um organismo, as quais não podem ser homólogas. Com base nestas informações, assinale apenas as características análogas.

- () Ausência de dentes em baleias de barbatanas e ausência de dentes em galinhas.

() Presença de capilares em poliquetos (anelídeos) e presença de capilares em macacos;

() Ausência de membrana nuclear em bactéria e ausência de membrana nuclear em algas azuis.

() Presença de fruto grande em coqueiro e presença de fruto pequeno em dendezeiro.

10. Abaixo se encontra uma árvore filogenética que narra a história evolutiva dos diversos grupos zoológicos. Assinale a questão correta. (Modificada do PSS-2007).

- a () 1 Diblastia; 2 Bilateralidade; 3 Pseudoceloma; 4 Celoma; 5 Metameria.
- b () 1 Diblastia; 2 Trilateralidade; 3 Celoma; 4 Pseudoceloma; 5 Metameria.
- c () 1 Bilateralidade; 2 Diblastia; 3 Pseudoceloma; 4 Celoma; 5 Metameria.
- d () 1 Diblastia; 2 Bilateralidade; 3 Articulata; 4 Celoma; 5 Metameria.

