



PROGRESSO, ADAPTAÇÃO E TELEOLOGIA EM EVOLUÇÃO: O QUE APRENDEMOS, O QUE ENTENDEMOS E O QUE ENSINAMOS?

PROGRESS, ADAPTATION AND TELEOLOGY IN EVOLUTION: WHAT WE LEARN, WHAT WE UNDERSTAND, AND WHAT WE TEACH.

Maria Luiza Gastal¹, Débora Goedert², Fábio Viegas Caixeta³, Marina Nunes T. Soares⁴

1 Universidade de Brasília/Núcleo de Educação Científica do Instituto de Ciências Biológicas/IB, gastal@unb.br

2 Universidade de Brasília /Instituto de Ciências Biológicas/Programa de Pós-graduação em Ecologia, debora.goedert@gmail.com

3 Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Centro de Biociências/Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia fabiocaixeta@gmail.com

4 Centro Educacional Sigma; Centro de Ensino Fundamental São José, marinantsoares@gmail.com

Resumo

A Teoria Evolutiva é o paradigma central da Biologia, conferindo a essa ciência dimensão histórica, processual e dinâmica, unificando e integrando suas diversas disciplinas. Devido a sua importância para a Biologia, é fundamental que seus mecanismos e processos sejam compreendidos e assimilados por parte dos estudantes. Os conceitos relacionados a ela, entretanto, são frequentemente mal compreendidos, em virtude de questões relacionadas a imagens de natureza e de ciência, filosóficas e religiosas. Este estudo procura identificar a origem de algumas má-interpretações sobre Evolução a partir de análises do uso de conceitos correlatos. Tais má-interpretações prejudicam a compreensão da Teoria, tornando o ensino de Biologia fragmentado e superficial. Esta pesquisa, de natureza qualitativa, faz uso de um questionário como instrumento de coleta de dados. A Teoria Evolutiva é o referencial para análise do conteúdo. Identificar a gênese dos problemas supracitados permitirá sugerir formas de superá-los.

Palavras-chave: Ensino de Evolução, Ensino de Biologia, Teleologia, Adaptação

Abstract

Evolutionary Theory is the central paradigm of biology, giving this science a historical, procedural and dynamic dimension, unifying and integrating its various subjects. Due to its importance for Biology, it is essential that its mechanisms and procedures are well understood and assimilated by students. The concepts related to it, however, are often not well understood, because of issues related to images of nature and science, as well as philosophical and religious aspects. This study intends to identify the source of some misinterpretations of Evolution based on the analysis of the use of related concepts. Such misinterpretations interfere with the understanding of the Theory, leading to a fragmented and superficial teaching of biology. This qualitative research uses a questionnaire as the instrument of data collection. Evolutionary Theory is the main reference for the content analysis. Identifying the origin of the problems mentioned above will allow indicating means to overcome them.

Key-words: Evolution teaching, Biology teaching, teleology, adaptation

INTRODUÇÃO

A idéia de evolução

As idéias predominantes e as questões formuladas em qualquer disciplina científica são produto do desenvolvimento histórico (FUTUYMA, 2002). Não poderia ser diferente, portanto, com a disciplina de Evolução, cujas idéias hoje aceitas datam dos anos 30, mas cujo desenvolvimento histórico pode ser trilhado até muito antes.

A Biologia, como disciplina autônoma, desenvolveu-se principalmente a partir do século XIX, quando foram descritas as primeiras características gerais comuns a todos os organismos vivos. Charles Darwin assinala o nascimento da Biologia moderna por ter descrito em sua obra “A origem das espécies”, publicada em 1859, a idéia que nortearia todo o estudo dos seres vivos, e que mais tarde seria denominada Teoria da Evolução Biológica. Segundo esta, todas as formas de vida compartilham um único ancestral, que através - sobretudo - da Seleção Natural deu origem à enorme diversidade de seres vivos que encontramos hoje. O mérito de Darwin está no fato de ter descrito a Evolução através de um mecanismo regido por leis naturais, simples e gradual, explicando em uma única teoria os processos envolvidos no surgimento, na diferenciação, na manutenção e na extinção das espécies.

Recentemente, a teoria de Darwin foi reestruturada em função de vários avanços em áreas como genética, morfologia, paleontologia e ecologia, apresentando a partir de então um corpo teórico mais robusto e consensual entre as diversas áreas da Biologia. Essa reestruturação, iniciada nos anos 30 do século XX, é conhecida como a Nova Síntese, ou também como a Síntese Moderna da Evolução Biológica. O principal diferencial na nova teoria é a incorporação de conceitos de genética que estabelecem como os seres vivos transmitem suas características através das gerações, e como estas características podem ser modificadas, dando origem a linhagens diferentes de forma que a evolução biológica passou a ser vista como a variação nas frequências gênicas de uma população ao longo do tempo. Mais ainda, acredita-se que a evolução ocorra através da deriva genética, fluxo gênico e pela seleção natural sobre variações surgidas ao acaso (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006). A partir da Nova Síntese houve poucos questionamentos sobre a veracidade da evolução biológica, que hoje é amplamente aceita no meio científico e tida como o paradigma central no estudo da Biologia.

Teleologia, progresso e adaptação em evolução

Apesar de o pensamento teleológico datar da idade antiga, foi ao ser combinado com o dogma cristão que ele se tornou o conceito predominante da ciência nos séculos XVII e XVIII, sendo muito difundido na primeira metade do século XIX (MAYR, 1998). Embora tenha seu principal apoio no cristianismo, a teleologia pode ser encontrada fortemente associada a filósofos, bem como entre naturalistas da época. Isso se deve ao fato de as pesquisas científicas terem tido como objetivo desvendar a *Scala Naturae*, pois se acreditava que os objetos naturais apresentavam uma escala de melhoramento rumo à perfeição. A idéia de progresso ascendente também está presente na teoria transformacionista de Lamarck, sendo muitos dos lamarckistas considerados teleologistas cósmicos (MAYR, 2004).

Mesmo com a publicação de *A Origem das Espécies*, obra na qual Darwin defendia que a evolução não é intrinsecamente progressiva, o finalismo persistiu (OLIVEIRA, 1998; RIDLEY, 2006). Apesar da teoria evolutiva ter sido prontamente aceita no meio científico, poucos concordavam que ela se desse de forma não direcional ou progressiva. Até que a seleção natural fosse plenamente compreendida, muitos evolucionistas postulavam a existência de uma ortogênese, uma força que impelia o mundo na direção ascendente de perfeição e, para explicar esse fenômeno, invocavam a teleologia (MAYR, 1998, 2004).

Após a formulação da *Nova Síntese*, a seleção natural passa a ser vista como explicação suficiente para a aparente tendência de ascensão entre os organismos (MAYR, 2004). Da mesma maneira que a teleologia era usada para explicar todas as adaptações (MAYR, 2004), muitos

biólogos ainda fazem da seleção natural uma forma de explicar todas as características encontradas nos organismos (GOULD e LEWONTIN, 1979).

Outro problema a respeito das adaptações pode ser visto entremeadado nas questões históricas já mencionadas: a idéia de que as adaptações surgem em resposta a necessidades impostas pelo meio. Pode-se notar essa visão tanto em correntes religiosas intervencionistas (ver PAULA, 2002), quanto em correntes evolutivas que adotam idéias lamarckistas. A teoria transformista de Lamarck presume que o ambiente impõe condições às quais os organismos devem ajustar-se (MAYR, 1998, 2004; FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006). Ao analisar, novamente, trabalhos como o de Oliveira (1998) e Carneiro (2004), pode-se notar que visões lamarckistas sobre o processo evolutivo ainda persistem entre estudantes e professores.

O ensino de evolução e seus problemas

Apesar de ser possível resumir em poucas linhas as questões básicas da evolução, há uma série de problemas na compreensão dos conceitos a ela concernentes, resultado de falhas nos processos de ensino sobre o tema. Isso sugere que tais questões e conceitos devam ser abordados de maneira mais cuidadosa e ampla. Por *ampla* faz-se entender a necessidade de buscar a razão dos problemas não só no cenário atual da educação, como também nas imagens de natureza (ABRANTES, 1998) influenciadas pelo contexto histórico (ou desenvolvimento histórico) dos conhecimentos de evolução e pelo contexto social em que os indivíduos se inserem.

Em primeiro lugar, critica-se o pouco tempo dispensado a essa disciplina, principalmente no Ensino Médio. Ao mesmo tempo em que a Evolução coloca-se como uma disciplina unificadora para as outras áreas da Biologia ou, nas palavras de Dobzansky “*Nada em Biologia faz sentido, exceto à luz da evolução*” (DOBZHANSKI, 1973), essa disciplina exige prévios conhecimentos sobre essas outras áreas para que seja mais facilmente entendida. Assim, no Ensino Médio ela é ministrada no último ano e, muitas vezes, não recebe a atenção compatível com sua importância e seu potencial de aplicação em diversos contextos (CARNEIRO, 2004).

Em segundo lugar, pode-se citar a imagem de natureza providencialista que muitos sustentam (FUTUYMA, 2002; CARNEIRO, 2004). Embora o confronto com visões criacionistas não seja o objetivo primário de cientistas evolucionistas, ao buscar explicações baseadas apenas em fenômenos naturais, a teoria evolutiva bate de frente com interpretações literais de livros considerados sagrados pelos religiosos (MAYR, 1998). Embora muito característica das crenças religiosas, entretanto, não parece ser a busca de explicações sobrenaturais o principal aspecto que levanta essa dificuldade entre a teoria evolutiva e as visões religiosas. Mais importante do que isso, segundo Mayr (2004) é a imagem de natureza teleológica relacionada ao providencialismo, a teleologia cósmica.

A importância da influência do pensamento teleológico é salientada por Mayr (2004), que aponta a rejeição da teleologia como um dos passos para a biologia se caracterizar como uma ciência autônoma. Contudo, estudos recentes mostram que a evolução biológica ainda é vista por muitos como um processo de *melhoramento*, *progresso* com o fim de *aperfeiçoamento* (OLIVEIRA, 1998). Em entrevistas com estudantes de ciências biológicas do primeiro e do último ano, Oliveira (1998) mostra que mesmo entre essa parcela da sociedade, que possui um maior contato com as idéias evolutivas, essas noções estão fortemente presentes ou, no mínimo, são motivo de confusão. Tais idéias podem se constituir em obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996). Na compreensão de tais conceitos, como afirma este autor, “o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior” (p. 17), conhecimento que, neste caso, afirma haver uma direção no processo evolutivo, direção essa que aponta para o progresso e a melhora.

Não apenas os estudantes apresentam tais problemas conceituais. Carneiro (2004) mostra que apenas 27% dos professores da disciplina de biologia entrevistados apresentavam bom domínio do conhecimento de evolução. Outro estudo com professores de Ensino Médio revela que 34% dos participantes da pesquisa acreditam que evolução resulta em aperfeiçoamento e 48% acreditam que evolução tem uma direção (TIDON e LEWONTIN, 2004).

A origem e evolução da vida é um tema de importância central no ensino de Biologia. Sua importância para o Ensino Médio tem sido enfatizada nos documentos oficiais, como os PCN (2000) e os PCN + (2002). Conceitos relativos ao assunto devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas. A presença do tema origem e evolução da vida ao longo de diferentes conteúdos não representa a diluição do tema evolução, mas sim a sua articulação com outros assuntos, como elemento central e unificador no estudo da Biologia. (PCNEM, 2006, p. 22). A abordagem proposta nesse documento parece ser mais apropriada por que assegura à evolução a importância que este conceito possui no estudo de Biologia e prolonga o tempo disponível que os estudantes têm para entrar em contato e refletir sobre os processos evolutivos, aumentando significativamente as chances de que este conteúdo seja efetivamente aprendido.

Uma vez que é o paradigma da Biologia contemporânea, esperaríamos que fosse bem compreendida por estudantes que já tenham cursado o Ensino Médio, e que os professores de Biologia, egressos dos cursos de licenciatura, não apresentassem dificuldades na interpretação de seus pressupostos. Entretanto, ainda hoje evidencia-se uma dificuldade generalizada na compreensão de seus mecanismos básicos. Esse cenário relativo a tema tão importante, que se configura no ensino de biologia no Brasil, foi estudado por diversos pesquisadores em diferentes estados (CARNEIRO, 2004; SILVA, 2004; TIDON e LEWONTIN, 2004) e nos motivou a investigar a percepção de diferentes públicos escolares a respeito do tema.

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem como proposta identificar dificuldades no aprendizado de Evolução por estudantes egressos do Ensino Médio e em formação universitária. Para isso aplicamos questionários com questões sobre a Evolução Biológica a formandos da Universidade de Brasília dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Química, e Letras. Ao comparar a compreensão desses diferentes atores a respeito de conceitos de evolução, buscamos responder a duas perguntas distintas. Num primeiro momento investigamos se os formandos de Licenciatura em Ciências Biológicas - futuros professores de biologia para o Ensino Médio - apresentavam domínio dos conceitos relacionados à Evolução Biológica, o paradigma central da Biologia contemporânea. Num segundo momento comparamos os questionários destes formandos com os de outros cursos (Licenciatura em Química e Licenciatura em Letras Portuguesas e Respectiva Literatura), para verificar possíveis diferenças com respeito à compreensão desses conceitos.

Com esta pesquisa pretendemos identificar a origem de algumas má-interpretações com relação ao fenômeno da Evolução, que podem comprometer a boa compreensão do pensamento biológico, contribuindo para um ensino de Biologia pouco coeso, fragmentado e superficial. A identificação da origem dos problemas analisados pode permitir refletir a respeito das melhores formas de corrigi-los.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi baseada em questionários compostos por afirmativas simples, sobre as quais o participante deveria informar se concordava, concordava parcialmente ou discordava, justificando suas respostas (Anexo 1). As questões buscavam identificar a percepção dos participantes a respeito da teoria da evolução sobre as seguintes questões: O processo evolutivo sempre resulta em adaptação? A evolução biológica necessariamente gera progresso e/ou aumento de complexidade? O processo evolutivo é teleológico? Existem outros mecanismos evolutivos além da seleção natural? O homem é a espécie mais evoluída?

O questionário foi elaborado de forma a que determinados assuntos relativos ao ensino de evolução, como a noção de progresso ou o conceito de adaptação, se repetissem em mais de uma questão, permitindo a análise de eventuais incoerências nas respostas de um mesmo sujeito. Os sujeitos foram divididos em três grupos: formandos de Licenciatura em Ciências Biológicas (grupo B), formandos de Licenciatura em Letras Portuguesas e Respectiva Literatura (grupo L),

e formandos em Licenciatura em Química (grupo Q) Os grupos B, L e Q são formados por 25 sujeitos cada. Os questionários foram analisados qualitativamente em grupos e individualmente, procurando-se identificar eventuais incoerências internas e vieses na compreensão do fenômeno evolutivo. Na análise em grupo, buscou-se identificar tendências gerais de cada grupo na compreensão dos conceitos apresentados tendo servido como um indicador preliminar do que encontraríamos ao analisar detalhadamente cada questionário.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Humanos da Faculdade de Medicina - Processo nº CAAE - 0077.0.012.000-0), e os sujeitos, informados sobre todas as etapas do estudo, um termo de consentimento livre e esclarecido antes de consentir com sua participação. Os questionários não foram individualmente identificados, preservando, assim, a identidade de todos os sujeitos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise dos questionários por questão

Abaixo se encontram as respostas encontradas para os três grupos:

	Ciências Biológicas								Letras								Química							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
C	4	4	0	0	0	1	0	20	11	15	11	6	9	13	13	13	19	18	8	9	16	16	12	10
CP	6	14	5	1	4	1	3	1	9	4	5	9	4	7	4	4	3	11	14	11	5	4	13	10
D	14	6	19	23	20	21	21	2	5	6	9	10	12	13	8	8	8	0	8	10	7	9	4	10

Tabela 1. Total das respostas objetivas a cada questão no grupo B. *um sujeito não marcou qualquer resposta nos três grupos. (C = concordo; CP = concordo parcialmente; D = discordo)

A análise do conjunto das respostas objetivas indica que existe um consenso teórico sobre o assunto tratado, e que os conceitos apresentados no questionário são conhecidos e bem compreendidos pela maioria dos formandos em Ciências Biológicas entrevistados.

As únicas questões que apresentaram respostas diversas são as de número 1 e 2, o que já era esperado, pois ambas abordam o tema da complexidade na evolução. O tema é controverso - apesar do mecanismo evolutivo não gerar, necessariamente, um aumento na complexidade dos organismos, historicamente, verificou-se um aumento de complexidade entre os organismos. Pode-se ainda argumentar que o aumento da diversidade de espécies é um aumento na complexidade da vida, o que também indicaria que houve um aumento de complexidade ao longo da história evolutiva do nosso planeta.

Na questão 1, 14 sujeitos discordaram da afirmativa sobre o aumento da complexidade ao longo da evolução. Destes, nove não justificaram, o que pode ser devido à identificação de um erro conceitual simples, que não precisa ser discutido. Os outros três sujeitos que discordaram, juntamente com cinco outros que concordaram parcialmente com a afirmativa, argumentaram que a evolução pode causar diferenciação ou mesmo trazer simplificações para o organismo. Dentre os sujeitos que concordaram com a afirmativa, somente um justificou seu ponto de vista, da seguinte maneira: “As novidades que surgem nos organismos ao longo do tempo são frutos da evolução biológica”. Não foi encontrado qualquer erro conceitual nessas justificativas, apesar da variedade de respostas, o que reforça a idéia de que a utilização da palavra complexidade no contexto evolutivo é controversa, mesmo entre os formandos de biologia.

Na questão dois, que também se refere à complexidade, os quatro sujeitos que concordaram com a possibilidade de se ordenar os seres vivos por seu grau de complexidade justificaram que tal classificação só é possível se definirmos o que estamos chamando de complexidade. Dos catorze que assinalaram CP, quatro afirmaram que tal classificação depende dos critérios utilizados, e cinco afirmaram que tal classificação é subjetiva ou difícil de ser feita.

Dentre os seis sujeitos discordaram, um argumentou que o termo complexidade não deveria ser utilizado para classificar organismos, pois poderia ser confundido com a idéia de progresso.

Na questão 3, 19 sujeitos discordaram da afirmativa, sendo a justificativa de B2 significativa: “O conceito de evolução não está atrelado à idéia de progresso. A evolução pode levar organismos à extinção”. Os demais que discordaram, e os que concordaram parcialmente usaram argumentos como “Nem sempre”, ou “Mais bem adaptados, mas não melhores”.

Na questão 4, dos 23 sujeitos que discordaram da afirmação, 12 justificaram que não existe uma espécie mais evoluída que as outras, e portanto o homem não estaria a frente das outras espécies. O único sujeito que concordou parcialmente com a afirmação, justificou-se da seguinte maneira: “Em determinados ambientes penso que o ser humano é o mais adaptado”.

Na questão cinco a distinção entre adaptação evolutiva e adaptação fisiológica foi prontamente identificada pela maioria dos sujeitos, sendo que alguns inclusive apontaram possíveis falhas na interpretação do enunciado, acusando-no de ser finalista.

A análise das respostas da questão 6 nos permite identificar com alguma segurança que este grupo realmente não associa teleologia à evolução, pois 17 sujeitos argumentaram que as mamas servem para a função de amamentação, mas não foram desenvolvidas “para” este fim. Houve respostas como “O desenvolvimento de estruturas não é intencional.” E “Essa característica surgiu e permitiu a amamentação”.

Na questão sete, os sujeitos foram relativamente unânimes em afirmar que nem toda mudança evolutiva é adaptativa, e citaram processos que resultam em mudanças neutras, ou mesmo na extinção de espécies. Mesmo entre os três sujeitos que concordaram parcialmente, encontramos a seguinte justificativa: “Às vezes as mudanças não interferem nas taxas de sobrevivência”. Na questão oito, quatorze sujeitos indicaram que houve evolução, independente das vantagens que poderiam ou não advir da mudança observada. Também encontramos pela primeira vez erros conceituais claros neste grupo, já que dois sujeitos defendem que “não houve adaptação, logo não houve evolução”. Interessantemente ambos se contradizem ao defender este ponto de vista, pois na questão sete haviam dito que existem outros mecanismos evolutivos além da seleção natural.

Diferentemente do que foi encontrado no grupo B, o grupo L não apresenta polarização em suas respostas. É difícil concluir a respeito do conhecimento desses alunos sobre evolução sem analisar as justificativas das respostas. O grupo é mais heterogêneo que o grupo B em relação aos conceitos, coerentemente com o fato de que o último contato formal que estes sujeitos tiveram com a Evolução Biológica ocorreu no Ensino Médio.

Um ponto interessante nos questionários deste grupo é a contradição na resposta de questões que abordam conteúdos semelhantes. Por exemplo, nove sujeitos argumentaram que a os organismos não se tornam necessariamente mais complexos ao longo da evolução na questão 1, mas cinco destes aceitaram que os seres vivos podem ser ordenados de acordo com sua complexidade na questão 2. Apenas três sujeitos defenderam coerentemente que não há um aumento de complexidade ao longo da evolução, enquanto treze tiveram uma postura clara ao afirmar que as espécies tornam-se mais complexas, podendo ser classificadas segundo sua complexidade. Todos os sujeitos que classificaram os seres vivos de acordo com sua complexidade indicaram o ser humano como o ser vivo mais complexo da escala.

Observamos uma noção de progresso na resposta à questão três neste grupo, já que onze sujeitos concordam que a evolução resulta em organismos mais bem sucedidos, sendo que seis destes afirmam literalmente que esta é a função/finalidade da evolução. Dentre os outros catorze sujeitos, entretanto, seis justificativas ressaltam que muitas vezes a evolução trata apenas de mudança, ou que não necessariamente leva a uma melhoria.

As justificativas da questão 5 foram bastante diversificadas, revelando falta de consenso sobre a posição do ser humano no cenário evolutivo. Quatro sujeitos indicam critérios segundo os quais o ser humano é mais evoluído que as demais espécies, como inteligência, linguagem e raciocínio desenvolvido. Três sujeitos disseram que o *Homo sapiens* não é o ser vivo mais

evoluído, pois este mérito é dos *Homo sapiens sapiens*. Quatro sujeitos defendem que somos a espécie mais complexa, mas não necessariamente a mais adaptada. Talvez essa afirmativa seja apenas um reflexo das questões 1 e 2 onde esses sujeitos haviam numerado as espécies segundo sua complexidade. Finalmente, sete sujeitos não concordaram com o enunciado e argumentaram que não podemos comparar o nível de evolução entre diferentes organismos.

Pouco mais da metade dos sujeitos concordou ou concordou parcialmente com a afirmativa da questão 5, oferecendo justificativas semelhantes a “São tipos de adaptação.”. Dos doze que discordaram da afirmativa, apenas quatro identificaram que se tratavam de dois processos distintos, um evolutivo e outro fisiológico. A partir desses resultados parece-nos que a maioria dos sujeitos não diferencia prontamente um processo evolutivo, que ocorre ao longo de várias gerações, de um processo biológico que ocorre ao longo da vida dos indivíduos.

Poucos sujeitos discordaram da afirmação da questão 6, que procurava identificar a compreensão dos entrevistados sobre a noção de finalidade na evolução biológica. A partir das justificativas apresentadas podemos inferir que este grupo entende que adaptações podem surgir em resposta a demandas ambientais, remetendo às teorias Lamarckistas.

Na questão 7 observamos que o termo apto (aptidão) e o conceito de adaptação evolutiva não são bem compreendidos por todos indivíduos deste grupo, o que dificulta a interpretação das respostas, já que alguns sujeitos discordaram da utilização do termo neste contexto, e não da afirmação em si. Isso fica claro em afirmações como “... depende do que é apto. Apto a quê?” ou “Acho que esta leitura está cheia de percepções muito próprias ao modelo ocidental de sociedade que tem a competitividade como norte”. Dos treze sujeitos que concordaram com a afirmação, em 5 justificativas podemos notar um forte elemento teleológico, como no sujeito L19: “Sim, este é o propósito da evolução, não é?”.

Na questão 8, 17 sujeitos concordam ou concordam parcialmente com a afirmação, sendo que em nove justificativas argumentou-se que se houve mudança, houve evolução. Isso parece contraditório quando se observa que nas questões 1, 2 e 3 encontramos um forte elemento de progresso na concepção de evolução de mais da metade dos sujeitos.

O grupo dos estudantes de Química apresentou maior coesão em suas respostas com respeito à relação entre complexidade e evolução.

A Tabela 1 também revela que a maioria dos sujeitos (19) concorda que a evolução resulta em aumento de complexidade. Desses, três justificam dizendo que isso é a teoria de Darwin ou o neodarwinismo. Outros seis reforçam a idéia de um aumento de complexidade com o passar do tempo, afirmando que “com a evolução e adaptação ao meio, as espécies tendem a ficar mais complexas”. Nove dos outros sujeitos justificaram suas respostas dizendo que nem sempre ou não necessariamente a evolução resulta em aumento de complexidade, sendo que cinco desses afirmaram que evolução é adaptação e que adaptação não exige aumento de complexidade.

Os resultados da questão dois mostram que nenhum sujeito discordou que é possível ordenar os seres vivos apresentados nas figuras do mais simples para o mais complexo. Ao total, 26 entrevistados numeraram e 14 deles justificaram suas respostas. De modo geral, pode-se notar que todos eles colocaram o ser humano com o mais complexo e há uma tendência a colocar os protozoários como o mais simples (apenas um indivíduo não colocou como primeiro). Dezesesseis indivíduos seguiram uma ordem bem próxima à seqüência apresentada na questão (1-2-3-4-5-6-7-8). Dentre as justificativas pode-se notar que um sujeito que concorda faz uma ressalva, dizendo que alguns dos seres vivos apresentam níveis semelhantes de complexidade, sendo essa, também, a justificativa de quatro sujeitos que não concordam completamente. Outros dois ressaltaram que complexidade é um termo relativo. Dentre os que concordam, a maioria justifica dizendo qual é o seu entendimento de complexidade, por exemplo: “(...) de acordo com o grau de evolução”; “o mais complexo seria o que tem formas mais diversificadas de células, tem metabolismo mais complexo, etc.”; “(...) podemos chamar os indivíduos com maior número de adaptações como o mais complexo”.

Em relação à terceira questão, dentre os sujeitos que concordam, os que justificaram colocam, por exemplo, que “um exemplo disso é o homem”, e “acho que o objetivo da evolução é melhorar”. Apenas um indivíduo diz que “(...) evolução não necessariamente resulta em melhora, mas sim em mudança”. Dentre os que concordaram parcialmente, encontramos justificativas que explicam que melhor não seria o melhor termo, pois a evolução resulta em adaptação, ou que “melhor” é relativo.

Na quarta questão, nota-se uma divisão equitativa nas respostas, mas dentre os que justificaram a razão de discordarem, a maior parte (cinco) disse ser por haver outra espécie mais evoluída, como por exemplo “Pois ele foi superado pelo *Homo sapiens sapiens*”. Cinco sujeitos que marcaram “CP” e um sujeito que marcou “D” justificaram dizendo que depende do conceito de evolução ou que *mais evoluído* é relativo. Por fim, vale destacar uma última justificativa, de um sujeito que marcou “CP”, que é interessante por sua idéia de evolução: “Se for a espécie que sofreu o maior número de mutações, é correto. Talvez o termo mais correto seja adaptado”.

A questão de número cinco apresentou maior número de justificas que não se encaixam no objetivo da questão. Julgamos que é possível que a questão não tenha ficado clara para os entrevistados.

Os resultados da questão seis mostram que a maioria dos sujeitos não identificou problemas na afirmação apresentada. Apenas treze entrevistados justificaram a resposta, sendo que cinco dos que concordaram ressaltaram em suas justificativas que os mamíferos possuíam as glândulas mamárias devido à necessidade de alimentar os filhotes, ou como forma de garantir a sobrevivência dos mesmos. Como exemplo, podemos citar: “Com a necessidade de alimentar corretamente e proteger os filhotes, ocorreu o desenvolvimento das glândulas mamárias”. Finalmente, vale destacar que apenas um sujeito justificou dizendo que “as glândulas mamárias foram desenvolvidas e então utilizadas para amamentação dos filhotes”.

Seis indivíduos justificaram a sétima questão dizendo que nem sempre evolução biológica resulta em organismos melhores e mais bem sucedidos, havendo problemas conceituais semelhantes aos encontrados na terceira questão. Dois indivíduos discordaram do uso do termo *apto*, corrigindo-o para *adaptado*. Por fim, dentre o que discordaram da afirmação, um indivíduo justificou que “cada ser vivo tem um tipo de adaptação”, outro disse que “Um ser pode evoluir simplesmente para adaptar-se a uma mudança no meio e outro não evoluir sem extinguir-se”.

Na última questão, os que discordaram usaram alguns argumentos como genética e influência do meio, como nos casos: “A mancha deve ser alguma mudança genética” e “Pode ser apenas uma reação biológica ao meio em que o macaco vive”. Alguns ainda reforçaram que “(...) se não traz vantagens ou desvantagens, não pode ser caracterizado como um processo evolutivo”. Interessantemente, indivíduos que assinalaram “C” ou “CP” usaram justificativas semelhantes, explicando que poderia ser uma mudança genética ou uma reação ao meio, por exemplo: “Influência do ambiente pode ter causado” e “Pode ser uma variação genética não causada por evolução”. Além disso, dois sujeitos também abordaram a questão de se evolução traz ou não vantagens: “Nem sempre um processo evolutivo precisa conferir alguma vantagem ao animal”. Outro argumento utilizado por sujeitos que concordaram, ao menos parcialmente, foi o de que é possível que a função ainda não tenha sido encontrada.

Análise dos questionários por conceito

Nenhum dos formandos de Licenciatura em Ciências Biológicas apresentou idéias como teleologia, propósito ou intencionalidade no processo evolutivo. A maioria deles afirmou que a evolução trata apenas de mudanças nos organismos e que estas podem causar tanto aumento quanto redução de complexidade associadas ao surgimento de novidades. Foram citados exemplos como o surgimento de uma nova enzima, a simplificação de estruturas pré-existentes.

Alguns sujeitos defendem que existe uma tendência ao aumento de complexidade morfológica na evolução dos seres vivos. Entretanto, de acordo com as justificativas

apresentadas podemos inferir que o termo complexidade demasiado subjetivo para ser utilizado na classificação dos seres vivos, especialmente para se comparar grupos filogeneticamente distintos. O maior problema conceitual observado nos questionários deste grupo foi a dificuldade encontrada por vários sujeitos ao diferenciar o termo "evolução" dos termos "seleção natural" e "adaptação". Dez sujeitos utilizaram esta expressão de forma inconsistente, dando a entender que a função da evolução fosse a de gerar e manter as adaptações, apesar de demonstrarem conhecimento sobre outros processos evolutivos ao longo do questionário. Essa falta de clareza conceitual pode ser um grande problema mais a frente, quando estes formandos se depararem com a tarefa de esse conteúdo para alunos do Ensino Médio, podendo gerar desde cedo noções enviesadas ou confusas sobre a definição de evolução biológica.

Os formandos de Licenciatura em Letras Portuguesas e Respectiva Literatura, por sua vez, apresentaram pontos de vista muito divergentes em seus questionários, chegando algumas vezes a utilizar o mesmo argumento para defender pontos de vista opostos.

Apesar de nove sujeitos afirmarem que os organismos podem se tornar mais simples ou mais complexos ao longo da evolução, enquanto apenas sete indicam que eles necessariamente tornam-se mais complexos, 19 sujeitos concordam que os organismos vivos podem ser ordenados de acordo com sua complexidade. Os sujeitos apresentaram dificuldades em distinguir o conceito de evolução do conceito de seleção natural, utilizando um como sinônimo do outro. Em somente dois questionários (L14 e L17) a palavra adaptação foi utilizada de acordo com sua definição formal em biologia.

O que fica claro no grupo é uma incompreensão sobre o significado biológico do termo adaptação, a falta de conhecimento sobre os mecanismos evolutivos diferentes da seleção natural, e uma perspectiva de que a evolução, embora não tenha um fim pré-determinado, tende a agir numa determinada direção, culminando na espécie humana.

Os alunos da química apresentam algumas dificuldades de compreensão de conceitos que se expressam tanto no uso inadequado quanto inconsistente desses conceitos. É possível identificar, também, incoerências entre a resposta de uma questão e outra dentro de um mesmo questionário que, em alguns casos, podem ser vistas como resultantes desse problema conceitual. Dois outros indivíduos apresentam respostas bastante interessantes, um dizendo que os organismos mais resistentes a mudanças são os que sobrevivem e, então, evoluem, e outro afirmando que evolução resulta em aumento de resistência. Um indivíduo diz discordar da primeira questão porque “acho que o aumento de complexidade é que resulta em evolução”.

Em relação à teoria da evolução, em si, pode-se identificar algumas concepções lamarckistas de que os indivíduos se adaptam ao meio ou às necessidades, que há uma escala progressiva dos seres e que há um objetivo na evolução. Em alguns casos, nota-se uma mistura entre as idéias de Lamarck e Darwin, revelando conhecimento da Teoria da Seleção Natural, e citando a seleção, mas aparentemente acreditando que as adaptações se dão de forma lamarckiana, servindo de material para que a seleção natural atue. Assim, é possível identificar a idéia de que as adaptações surgem pelas necessidades imposta pelo meio ou são modificadas por ela. Em algumas das respostas também se pode perceber uma idéia de finalidade na evolução, ou uso de linguagem teleológica, como a resposta “acho que o objetivo da evolução é melhorar cada organismo”. Esse resultado é reforçado pelo resultado da questão 06, em que um único indivíduo conseguiu identificar o problema na linguagem, afirmando que concordava parcialmente, pois “as glândulas foram desenvolvidas e então puderam ser usadas para esse fim”. Também é possível encontrar a idéia de cadeia progressiva dos seres vivos em algumas respostas, dizendo, por exemplo, ser possível ordenar os seres vivos do mais simples para o mais complexo “de acordo com a origem ou o nível de evolução dos reinos”. Mais ainda, alguns afirmam que a teoria da evolução é a seleção natural, sendo assim, “todas as mudanças evolutivas representam a sobrevivência do mais apto”. Além disso, aparecem confusões sobre os mecanismos evolutivos, especialmente na última questão. Alguns sujeitos identificam maneiras pelas quais a característica neutra possa ter surgido ou sido estabelecida na população, como a mutação, mas

ficam em dúvida ou afirmam que esse mecanismo não é evolutivo, podendo ser “uma casualidade genética (...)”; “um defeito genético”; ou “relacionado a genes dominantes, mas não evolução”. Pode-se notar, nesses exemplos, não só a falta de conhecimento sobre fatores evolutivos, mas também problemas com a definição de mutação, e de como a genética, em si, está relacionada à evolução.

Problema semelhante é encontrado com a adaptação. O uso do termo “adaptação”, algumas vezes, é feito quando o sujeito está se referindo a uma mudança evolutiva sem qualquer influência na aptidão individual e, portanto, não resultante da seleção natural. Em relação à complexidade na evolução biológica, nenhum sujeito discordou da possibilidade de ordenar organismos do mais simples para o mais complexo, e apenas quatro sujeitos não propuseram uma seqüência. Dentre as ordenações, o unicelular sempre é sempre o mais simples e o ser humano o mais complexo. As seqüências variam pouco.

Nota-se, portanto, uma diferença marcante no emprego de conceitos essenciais para a compreensão da teoria evolutiva entre os cursos, sendo esses mais apropriadamente empregados pelos alunos do curso de Ciências Biológicas.

CONCLUSÃO

Alguns padrões observados nesse trabalho são de extrema relevância para o entendimento de algumas importantes dificuldades apresentadas para a compreensão da teoria evolutiva por estudantes que cursaram o Ensino Médio. Em uma primeira análise, pode-se ressaltar as concepções a respeito de conceitos como complexidade e adaptação apresentadas pelos sujeitos investigados. Nota-se que a maior parte deles associa evolução a um aumento de complexidade e a adaptação. Aparece, muitas vezes o uso de linguagem teleológica para explicar esse processo. Os alunos do curso de Ciências Biológicas, porém, apresentam melhor compreensão desses aspectos, identificando problemas no uso de linguagens finalistas e apontando que a seleção natural não é o único aspecto da evolução. Porém, algumas incoerências colocam em dúvida o quanto bem alguns sujeitos conseguiriam transmitir esse conhecimento de forma coerente.

As concepções a respeito de tais conceitos expressas pelos estudantes de Química revelam-se preocupantes, uma vez que é comum encontrar profissionais com essa formação como professores de ciências. Mesmo as concepções expressas pelos formandos em Letras podem nos conduzir algumas considerações. Ainda que não seja possível determinar qual a influência que outros professores efetivamente têm na construção do conhecimento acerca de um tema que transcenda o da suas aulas, podemos supor que atuam de alguma forma, uma vez que são, também, uma fonte de informações. Isso vale, sobretudo, quando se trata de temas amplamente discutidos na mídia, e em contextos extra-escola, como é o caso da Teoria Evolutiva e seus conceitos associadas. Concepções problemáticas passadas por outros profissionais, tanto antes quanto concomitantemente ao estudo do tema, portanto, podem criar obstáculos à compreensão desses conceitos.

Os resultados encontrados nesta pesquisa mostram que muitos conceitos relacionados à evolução biológica ainda necessitam ser trabalhados em maior profundidade ao longo do Ensino Médio e da Graduação. Talvez possamos, efetivamente, colocar em prática a estratégia proposta pelos PCNs, ou seja, de que a evolução seja o eixo integrador de todos os temas da biologia. Dessa forma, é possível que os obstáculos epistemológicos verificados para o entendimento da Teoria Evolutiva e de seus pressupostos sejam gradualmente vencidos, e que a aprendizagem propicie aos futuros professores uma compreensão mais segura a respeito desses conceitos, com a conseqüente melhora na qualidade de seu ensino a respeito do assunto.

REFERÊNCIAS

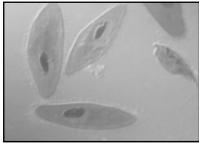
- ABRANTES, P. **Imagens De Natureza, Imagens De Ciência**. Campinas: Papirus, 1998. 247 p.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.
- BRASÍLIA, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006. 137 p.
- BRASÍLIA, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília, 2000. 71 p. (Manual PCNEM)
- BRASÍLIA, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio +**. Brasília, 2002. (Manual PCNEM+)
- CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004.137f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade de Santa Catarina, Santa Catarina.
- DOBZHANSKI, T. Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, p125-129. 1973.
- FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Tradução por: Mario de Vivo. 2. ed. São Paulo: FUNPEC. 2002. 632 p.
- GOULD, S. J.; LEWONTIN, R. C. Spandrels of San-Marco and the Panglossian Paradigm - a Critique of the Adaptationist Program. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 205, p. 581-598. 1979.
- MAYR, E. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Tradução por: Ivo Martinazzo. Brasília: Universidade de Brasília. 1998. 1107 p.
- MAYR, E. **Biologia, Ciência Única**. Tradução por: Marcelo Leite São Paulo: Companhia das Letras. 2004. 272 p.
- OLIVEIRA, D. L. Polêmicas recorrentes na síntese evolutiva. **Episteme**. v 3, n.6, p.52-67. 1998.
- RIDLEY, M. **Evolução**. Tradução por: Henrique B. Ferreira, Luciane Passaglia e Rivo Fischer 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2006. 752 p.
- SILVA, D. V. C. **Análise do desenvolvimento de conceitos científicos sobre a teoria da evolução das espécies em alunos do Ensino Médio**. 2004. 166f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.
- TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**. v. 27 n. 1, p. 124-131. 2004.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO

Em cada pergunta, o aluno deveria assinalar C (concordo) CP (concordo parcialmente) ou D (discordo), justificando, a seguir, sua resposta,

1. A evolução biológica resulta em aumento de complexidade dos organismos.
2. É possível ordenar seguintes seres vivos, do mais simples para o mais complexo.

Caso concorde, numere-os.



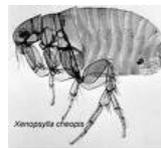


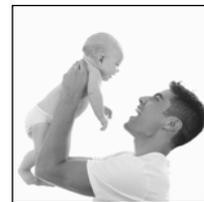












3. A evolução biológica resulta em organismos melhores e mais bem sucedidos.
4. *Homo sapiens* é a espécie mais evoluída.
5. As afirmações abaixo referem-se ao mesmo tipo de processo biológico.
 - a) O esqueleto das aves é formado por ossos pneumáticos, que são leves e delicados, pois o vôo impõe limitações como o peso e densidade do corpo.
 - b) Pessoas que se mudam de uma região de baixa altitude para outra de elevada altitude apresentam aumento da concentração de hemoglobina que resulta numa maior capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue.
6. Durante o curso da evolução, os mamíferos desenvolveram glândulas mamárias **para** alimentar seus filhotes.
7. Todas as mudanças evolutivas representam a sobrevivência do mais apto.
8. Imagine uma população de macacos de pelo completamente liso, que, após algumas gerações, passou a apresentar uma mancha na axila. Após estudos exaustivos, cientistas concluíram que tal mancha não confere vantagens ou desvantagens para o animal. Podemos compreender tal fenômeno como um processo evolutivo.