

Teoria da evolução: Representações de professores-pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio

Cristiana Rosa Valença¹ e Eliane Brígida Morais Falcão²

¹Secretaria Municipal de Educação do Rio de Janeiro, Brasil. Email: crisvalmac@yahoo.com.br. ²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. Email: elianebrigida@uol.com.br.

Resumo: Investigou-se as representações sociais de professores-pesquisadores de biologia de uma instituição universitária federal do Rio de Janeiro quanto à teoria da evolução. Utilizou-se a metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC) para a análise dos dados. A representação social dos professores para a teoria evolutiva revelou discursos que tanto se colocam como complementares quanto expressam a influência contingencial de suas atividades acadêmicas. Vimos que, para os professores pesquisados, o darwinismo e o neodarwinismo compõem a teoria evolutiva e a genética é a base dessas duas abordagens. Problemas de ensino-aprendizagem da teoria evolutiva analisados à luz dos resultados indicam a necessidade da integração das explicações genéticas às aulas de evolução no ensino médio.

Palavras chave: representações sociais, teoria da evolução, genética, professores-pesquisadores, ensino médio.

Title: Evolution theory: representations of biology research professors and their relationship with high school.

Abstract: The social representations of biology research professors of a public university from Rio de Janeiro on evolution theory were investigated. It was focused through the subject collective discourse (SCD) methodology. The professor's social representations showed complementary discourses that express the contingent influence of their academic activities. We noticed that, to the researched group, Darwinism and neo-Darwinism compose evolution theory and genetics are on the basis of these approaches. Teaching and learning issues on evolution theory analyzed through our results indicate the need of genetics explanations integrated to evolution theory teaching in high school.

Keywords: social representations, evolution theory, genetics, research professors, high school.

Introdução

A abordagem científica da teoria evolutiva, de base neodarwinista, foi estabelecida a partir da composição de um conjunto de explicações e conceitos evolutivos de diferentes áreas como a genética, a ecologia e a paleontologia. Tais aportes explicativos de áreas diversas consolidaram a teoria evolutiva como um fato empírico sob qualquer critério. Este

panorama estabeleceu a teoria evolutiva como conteúdo obrigatório em diferentes níveis de escolarização. Entretanto, o ensino dos conceitos evolutivos ainda desafia os educadores. Um conceito em particular, central na teoria evolutiva, a seleção natural, tem revelado dificuldades para sua compreensão, pois exige a articulação de um conjunto de ideias, tais como: "descendência com modificação", "reprodução diferencial", "variabilidade" e "adaptabilidade". Além disso, este fenômeno tem sido visto como "abstrato" por estudantes diante das dificuldades na compreensão das implicações precisas da seleção natural, já que só é observado o seu produto final, bem como dificuldades em se produzirem dados empíricos em curto prazo que comprovem a seleção natural (Abrantes e Almeida, 2006; Anderson *et al.*, 2002; Brumby, 1984 apud Tidon e Lewontin, 2004).

Os conceitos de "evolução", "adaptação" e "competição" têm igualmente revelado dificuldades para a compreensão dos estudantes. Tais dificuldades parecem associadas a sentidos diversos dos termos no contexto da linguagem comum. "Evolução", para grupos de estudantes pesquisados, aproxima-se do sentido de "finalidade", "progresso" ou "melhoramento" e para alguns chega a significar "consciência" dos organismos envolvidos no processo evolutivo. Também encontrou-se que "adaptação" pode ser confundida como um processo individual de um organismo e "competição" seria um comportamento violento (Bizzo, 1994; Tidon e Lewontin, 2004). O próprio termo "teoria" tem sido compreendido por alguns grupos de estudantes como algo especulativo e por isso provisório num sentido pejorativo (Branch e Mead, 2008; Cunningham e Wescott, 2009).

Em seus esforços de melhor compreender as explicações evolutivas, os estudantes utilizam concepções prévias, advindas de seu mundo social, tornando, para eles, os conceitos científicos plausíveis (Bishop & Anderson, 1990). Entre as concepções prévias está a presença de crenças religiosas para as explicações evolutivas. Pesquisas apontaram para uma visão antropocêntrica da evolução, típica das religiões cristãs, de que a teoria evolutiva é aceita até o limite da evolução dos humanos, os quais teriam sido criados separadamente das outras espécies (Futuyma, 1999; Cerqueira, Costa e Falcão, 2007; Falcão, Santos e Raggio, 2008; Oliveira e Bizzo, 2009; Porto e Falcão, 2011).

Especialmente com relação ao mecanismo da seleção natural, as crenças religiosas se fazem presentes sobremaneira (Richards, 2008; Gualtieri, 2009). A seleção natural é explicada pela ciência como um processo determinístico e sem direção que ocorre como consequência de mutações aleatórias nos organismos que são, naquele momento, favoráveis às condições do ambiente. Há, porém, uma tendência em se perceber tal mecanismo como um "agente" do processo evolutivo, o que se contrapõe à visão teológica de que Deus é o arquiteto das mudanças evolutivas.

Compondo as dificuldades no ensino-aprendizagem da teoria evolutiva estão as falhas na formação docente tanto com relação à base teórica quanto à pedagógica. Os professores, muitas vezes, evitam debater temas da ciência que podem gerar dúvidas ou outras fontes de explicação, como as religiosas (Nicolini, Falcão e Faria, 2010). Limitações no domínio das explicações teóricas da teoria da evolução foram também identificadas em pesquisas junto a professores, os quais misturavam explicações de base

lamarckista para a explicação do neodarwinismo (Tidon e Lewontin, 2004). Dúvidas e ideias criacionistas foram encontradas em grupos de professores para a explicação da origem e evolução da vida, contribuindo para um ensino deficiente quanto a estes temas (Falcão, Santos e Raggio, 2008).

Pesquisas criticam a abordagem tradicional da teoria da evolução nas escolas que, baseada em materiais didáticos e currículo inadequados, pode reforçar as interpretações incorretas sobre evolução. Os livros didáticos de biologia apresentam uma abordagem do tema como concluído, desprovido de contextualização histórica de como os conceitos foram desenvolvidos, só ressaltando a clássica dicotomia lamarckismo x darwinismo (Almeida e Falcão, 2005; Santos e Calor, 2007a,b). O currículo pode ser um obstáculo ao ensino da evolução já que reserva pouco espaço à discussão deste tema em que há uma maior necessidade de elaboração por parte dos estudantes.

A partir dessas considerações, as dificuldades de aprendizagem da teoria evolutiva são de diferentes ordens: a teoria é complexa, pois exige a articulação de conceitos de diferentes áreas, conceitos como seleção natural e adaptação não são bem compreendidos, crenças religiosas podem se fazer presentes concorrendo com as explicações evolutivas, material didático, currículo e falhas na formação docente podem ser obstáculo ao ensino-aprendizagem da teoria.

Entre tantos aspectos interessou-nos explorar as dificuldades atribuídas ao corpo de explicações que compõe a teoria evolutiva. Os conceitos científicos seriam de fato muito difíceis? Ou seriam por demais complexos ou incluiriam dificuldades específicas, como controvérsias científicas, de difícil compreensão tanto para professores como para seus alunos de ensino médio?

Para melhor compreensão dessa questão, julgamos necessário investigar tais aspectos dentro da academia com professores-pesquisadores da área da Biologia. Estes professores são um elo entre a produção científica, a graduação em biologia e a formação docente e poderiam contribuir para um melhor esclarecimento, a partir de suas experiências e percepções, das dificuldades detectadas no ensino da teoria evolutiva.

Metodologia

Elaboramos três perguntas para esta pesquisa: I- Como você resumiria o básico da teoria da evolução com suas próprias palavras?; II- Quais os pontos controversos da teoria da evolução e como você vê essas controvérsias? e III- Quais os consensos com relação à teoria da evolução?

Com a pergunta I buscamos perceber se o grupo investigado possuía uma base comum para a explicação da teoria da evolução. As perguntas II e III permitiram captarmos o que os professores julgam controvertido ou consensual dentro do corpo de explicações que compõem a teoria evolutiva.

Foram realizadas entrevistas individuais, a partir de um questionário semi-estruturado, com professores de uma instituição universitária federal do Rio de Janeiro. Esta instituição tem ensino de qualidade e conta com um corpo docente dedicado a pesquisa e a pós-graduação tanto quanto à graduação, além de receber investimentos das instituições de fomento às pesquisas. Interessou-nos investigar apenas professores que fossem

pesquisadores e tivessem contato com pressupostos evolutivos. Como referencial teórico utilizou-se a teoria das Representações Sociais, na perspectiva de Moscovici. As Representações Sociais são construídas e transmitidas a partir das interações humanas e devem ser vistas como uma maneira específica de compreender e comunicar o que já sabemos tendo como objetivo abstrair sentido do mundo introduzindo nele ordem e percepções, que produzam o mundo de uma forma significativa (Moscovici, 2003). Nas palavras deste autor, as representações são:

Um sistema de valores, ideias e práticas, com uma dupla função: primeiro, estabelecer uma ordem que possibilitará às pessoas orientar-se em seu mundo material e social e controlá-lo; e, em segundo lugar, possibilitar que a comunicação seja possível entre os membros de uma comunidade, fornecendo-lhes um código para nomear e classificar, sem ambigüidade, os vários aspectos de seu mundo e de sua história individual e social (1978: 13).

Moscovici destaca que o homem não absorve os conteúdos tais quais lhe são repassados. Ao contrário, segundo ele, os sujeitos os reformulam quando com eles se deparam. Essa reformulação ocorre principalmente devido ao fato de o indivíduo ser ativo e não meramente passivo diante do mundo. Ele pode às vezes simplesmente reproduzir os significados recebidos, mas em outras, a apropriação que faz da realidade passa por um processo de reorganização dos significados que lhes foram fornecidos. Uma das maneiras do indivíduo se apropriar dos aspectos da realidade seria via Representação Social, compreendida como uma forma de conhecimento elaborado e compartilhado socialmente que contribui para uma realidade comum de um conjunto social.

O objeto tema da pesquisa aqui apresentado é a teoria da evolução. Poderia se esperar que apenas os conceitos científicos relacionados ao tema permeassem as atividades pedagógicas em diferentes níveis de ensino: básico, graduação, pós-graduação e laboratórios onde dominam pesquisadores especializados no tema. Entretanto, apreciações controversas sobre conceitos específicos da teoria como o acaso e ritmo dos processos seletivos e de diferenciação também são encontrados na literatura especializada, o que pode contribuir para diferentes visões pessoais dos professores-pesquisadores.

Considerando tal realidade, optamos por trabalhar com o conceito de Representações Sociais com o objetivo de capturar tanto quanto possível a diversidade de tais conteúdos entre os professores-pesquisadores. Interessa-nos identificar e caracterizar visões mais completas dos conteúdos que possivelmente estão incluídos nas convicções desses pesquisadores e não em apenas checar a presença de conteúdos científicos. Uma vez que estes professores podem enfatizar, por exemplo, determinados aspectos ou conceitos científicos relativos à teoria evolutiva, justifica-se tal direcionamento.

Em resumo, buscamos nessa pesquisa investigar elementos científicos e não científicos que venham a ser expressos nos discursos dos pesquisados, de modo a encontrar possíveis elementos que permitam melhor precisão no diagnóstico das dificuldades no ensino e aprendizagem em relação à teoria da evolução no ensino médio.

Considerando o referencial teórico utilizamos, para a análise das respostas dos entrevistados, uma metodologia qualiquantitativa formulada a partir do conceito de Representações Sociais, o Discurso do Sujeito Coletivo – DSC (Lefèvre e Lefèvre, 2000, 2003). Nas palavras dos autores:

A técnica do DSC constitui-se um recurso metodológico que permite a realização de pesquisas de resgate das opiniões coletivas (...) nas pesquisas com o DSC, o pensamento é coletado por entrevistas individuais com questões abertas, o que faz com que o pensamento, como comportamento discursivo e fato social individualmente internalizado, possa se expressar (Lefèvre e Lefèvre, 2003: 21).

A partir dos depoimentos individuais são retiradas uma ou mais expressões-chave (ECH) que agrupadas de acordo com os elementos comuns, são nomeadas por ideias centrais (IC). Cada conjunto de expressões-chave semelhantes formará um discurso-síntese (DSC) nomeado pela IC. O DSC é construído na primeira pessoa do singular que expressa o compartilhamento coletivo do grupo sobre determinado tema. Para tal resultado, as respostas dos sujeitos são reproduzidas fielmente. Logo, o DSC:

(...) visa reconstruir, com pedaços de discursos individuais, como em um quebra-cabeça, tantos discursos-síntese quantos se julguem necessários para expressar uma dada 'figura', ou seja, um dado pensar ou representação social sobre um fenômeno (Lefèvre e Lefèvre, 2000: 19).

Como etapa metodológica, após a análise dos dados foi realizado um seminário que contou com a participação de 12 dos professores pesquisados para apresentação, discussão e validação dos Discursos Coletivos os quais constam em Figuras ao final deste trabalho. Os professores não só confirmaram seus discursos como sugeriram nomes (ideias centrais) dos DSC 2 e 3 da pergunta I: Discurso Darwiniano clássico e Discurso Neoclássico. No conjunto, a participação dos professores foi muito interessante e interessada haja vista a duração do seminário: cerca de 3 horas. Foi observado por eles que o seminário havia sido uma rara oportunidade, na instituição, de discussão entre os pesquisadores que estudam e pesquisam temas afins.

Resultados

Os discursos coletivos expressos e construídos através da metodologia do discurso do sujeito coletivo (DSC) estão expostos nos Anexos 1, 2 e 3. Ao lado de cada ideia central, que nomeia os DSC, estão expostos o número (n) e o percentual (%) de professores que aderiram a cada discurso. A soma do percentual dos DSC obtidos em cada uma das perguntas é superior a 100%. Isto indica que os DSC não são excludentes, ou seja, um mesmo entrevistado pode ter aderido a mais de uma IC. As referências percentuais oferecem um elemento para apoio à interpretação dos dados obtidos.

O grupo investigado tem dedicação exclusiva à universidade dedicando-se ao ensino e à pesquisa. Foram identificados 17 professores que lecionavam tanto na graduação quanto na pós-graduação em biologia e produziam pesquisa científica relacionada a aspectos genéticos ou

ecológicos. Cinco destes professores lecionavam na disciplina de Evolução e todos afirmaram ter pressupostos evolutivos em suas linhas de pesquisa. Os professores pesquisados são altamente qualificados, todos doutores e a maioria com pós doutorado.

Todos estão envolvidos em programa de pós graduação e publicam em periódicos da área genética ou ecológica, tais como: *Genetics and Molecular Biology*; *Genetics and Molecular Research*; *Journal of Evolutionary Biology*; *PloS one*; *Genetics and Evolution*; *Genetics*; *Nature*; *Science*; *Oecologia Brasiliensis*; *Acta Limnologica Brasiliensia*; *Revista Brasileira de Zoologia*; *Brazilian Journal of Biology*; *Neotropical Entomology*). A faixa etária concentrou-se entre 39 e 59 anos (77%), poucos com menos de 35 (11%) e mais de 60 anos (12%). A maior parte do sexo masculino (82%).

Representações dos professores-pesquisadores quanto à teoria da evolução:

Para a pergunta I: Como você resumiria o básico da teoria da evolução, com suas próprias palavras? foram formadas as ideias centrais:

1. A teoria da evolução é apresentada com referências epistemológicas – o básico da teoria com referências à origem, estrutura, status, validade e utilidade do conhecimento produzido pela teoria evolutiva.

2. Discurso darwiniano clássico – a teoria é explicada a partir de fatos científicos que suportam o mecanismo central darwinista: a seleção natural.

3. Discurso neoclássico– a teoria da evolução é definida com base no neodarwinismo: seleção natural, mecanismos genéticos e ecológicos.

4. Discurso da distinção entre 'evolução' e 'progresso' – DSC formado por respostas que enfatizam a concepção comum e incorreta de que evolução significa progresso.

A leitura dos discursos (expostos no Anexo 1) nos mostra que houve um discurso de base epistemológica, dois discursos com os conteúdos científicos da teoria evolutiva e um discurso formado a partir da ênfase dos professores na distinção entre os termos "evolução" e "progresso".

Os discursos de maior adesão referem-se tanto aos aspectos da epistemologia quanto às duas principais abordagens da teoria da evolução: o darwinismo e o neodarwinismo. É importante ressaltar que o DSC-1 (A teoria da evolução é apresentada com referências epistemológicas) e o DSC-4 (Discurso da distinção entre evolução e progresso) tanto estão associados ao DSC-2 (Discurso darwiniano clássico) quanto ao DSC-3 (Discurso neoclássico). Entretanto o DSC-2 e DSC-3 são excludentes entre si, ou seja, os DSC-2 e DSC-3 tiveram a adesão de diferentes pesquisadores. Porém, conforme já assinalado, vários pesquisadores que aderiram ou ao DSC-2 ou ao DSC-3 participaram do DSC-1 revelando preocupações epistemológicas comuns.

No DSC-1 os professores enfatizaram que a teoria da evolução é um fato científico empiricamente comprovado e aceito pela comunidade científica: "Hoje em dia, a teoria da evolução não é mais uma teoria, é um fato científico" e "Evolução não é uma teoria, é o fato de que as coisas mudam". Futuyama (2002) já afirmou que o termo teoria corresponde a um conjunto de explicações baseadas em evidências que sustentam uma gama de

observações, por isso pode-se fazer tais afirmações em relação à teoria da evolução.

Há elementos comuns nos DSC-2 (darwiniano clássico) e DSC-3 (neoclássico): seleção natural, hereditariedade, adaptabilidade e variação entre outros. Porém, o DSC-3 torna explícito o valor da contribuição genética para a compreensão dos fenômenos da evolução. Inicialmente pensou-se que o DSC darwiniano estivesse associado aos professores cujas linhas de pesquisa estavam ligadas à ecologia e que, por outro lado, o DSC neoclássico estivesse ligado aos professores cujas linhas de pesquisa estavam ligadas à genética. Porém, em ambos os DSC há pesquisadores de um e outro departamento.

Durante o seminário realizado com os professores, eles não só confirmaram seus discursos como atribuíram a ênfase na explicação darwiniana ou neodarwiniana às suas pesquisas e práticas momentâneas, o que levaria a uma valorização da genética em determinados momentos. Enfatizaram, ainda, que um discurso não excluía o outro, apenas enfocavam duas abordagens que se complementavam.

O DSC-4 (Discurso da distinção entre "evolução" e "progresso") expressou a observação dos investigados, do fato não raro entre estudantes, de atribuir ao termo evolução os sentidos veiculados do senso comum, qual seja, associar evolução e progresso. A evolução, no darwinismo, sabemos, é um processo às cegas que, quando bem sucedido, promove a adaptação das espécies e que, por outro lado, pode levar espécies à extinção. Porém, os estudantes tendem a atribuir ao processo evolutivo a ideia de melhora ou aperfeiçoamento dos organismos envolvidos no processo evolutivo (tal qual foi exposto na Introdução) e isto tem sido percebido pelos professores.

Para a pergunta II: Quais os pontos controversos da teoria da evolução e como você vê essas controvérsias? foram nomeadas as ideias centrais:

1. As controvérsias estão relacionadas a aspectos dos mecanismos e eventos evolutivos – o tempo, ritmo e o peso relativo dos mecanismos e eventos evolutivos. Destaca-se ainda o que está sendo discutido e revisto pela comunidade científica.

2. Não há controvérsias com relação à teoria e sim desconhecimento epistemológico - as controvérsias estão fora da academia.

3. As controvérsias têm origem no contexto das religiões.

Foram formados três discursos coletivos (expostos no Anexo 2) com base na visão dos professores quanto aos aspectos controversos da teoria evolutiva.

O DSC-1 (As controvérsias são práticas do cotidiano acadêmico e estão relacionadas a aspectos dos mecanismos e eventos evolutivos) foi formado com base na visão dos professores de que aspectos relacionados aos mecanismos evolutivos como o tempo, o ritmo e o peso relativo dos mecanismos evolutivos são os fatos controversos atualmente na comunidade científica. As controvérsias não estariam nos mecanismos em si, e sim na periodicidade ou na importância de determinado mecanismo em detrimento de outro. Confirma-se o que Meyer e El-Hani (2005) já haviam

destacado: a comunidade científica tem uma base comum com relação à teoria evolutiva e as discussões vigentes referem-se ao tempo e ritmo dos mecanismos evolutivos. Discutem-se também os diferentes mecanismos que levaram as espécies a originar novas espécies (mecanismos da especiação: especiação alopátrica, simpátrica, equilíbrio pontuado etc.).

Este é um discurso que inclui as descobertas mais recentes incorporadas pela biologia evolutiva, como a epigenética, e argumentos, como a herança dos caracteres adquiridos, que estão sendo colocados em foco novamente. Este discurso aceita as controvérsias como práticas que compõem o cotidiano do trabalho científico. As controvérsias seriam aspectos relacionados a fenômenos específicos que estão em desenvolvimento e expressam diferentes análises de um fenômeno científico em busca de explicação completa.

O DSC-2 (Não há controvérsias com relação à teoria e sim desconhecimento epistemológico) foi formado a partir da visão de que não há fatos controversos no corpo da teoria evolutiva. Há o reconhecimento de que a teoria está em elaboração, o que inclui aspectos relacionados à natureza da ciência. Neste discurso revela-se ainda o que seria uma percepção da limitação da teoria da evolução: a possibilidade de ser testada, como no trecho "Acho que a questão mais controversa é sua capacidade de testá-la".

No DSC-3 (As controvérsias tem origem no contexto das religiões) os professores vêem que discussões da academia são aproveitadas por religiosos, principalmente criacionistas, que se aproveitam do que ainda não está estabelecido, ou está sendo discutido, como uma tentativa de invalidar a teoria.

Para a pergunta III: Quais os consensos com relação à teoria da evolução? foram formadas as ideias centrais:

1. A seleção natural é um consenso.
2. A teoria da evolução é um consenso embora haja questões sobre as influências e dinâmicas genéticas.
3. Os mecanismos genéticos são um consenso.

Foram formados três discursos coletivos (expostos no Anexo 3) com base na visão dos professores do que é consensual dentro do corpo de explicações que compõem a teoria evolutiva.

O DSC-1 (A seleção natural é um consenso) foi o discurso no qual os professores defenderam a seleção natural como o maior consenso com relação à teoria evolutiva. Embora a biologia evolutiva conte com as explicações de áreas como a genética, a ecologia e a biogeografia, o mecanismo proposto por Darwin seria a referência consensual na comunidade científica.

O DSC-2 (A teoria evolutiva é um consenso embora haja questões sobre as influências e dinâmicas genéticas) ressalta a importância da teoria evolutiva como um todo, sua viabilidade, etc. dentro da área da biologia. Entretanto, esse discurso faz restrições à tendência de se 'genetizar' a teoria na intenção de torná-la mais concreta. Com a síntese evolutiva moderna (ou neodarwinismo), a base genética da teoria teria permitido a

matematização da teoria tornando-a mais palpável e passível de comprovações empíricas. Reconhece-se que isto abriu uma gama de possibilidades e novos mecanismos passaram a compor a teoria e, de acordo com a especialização ou experiência prática de cada profissional da área da biologia evolutiva ou área afim, tais mecanismos seriam mais ou menos familiares.

O DSC-3 (Os mecanismos genéticos são um consenso) é um discurso que destaca a base genética da teoria como um consenso. No contexto do citado seminário, os professores chamaram a atenção de que este é um discurso muito específico relacionado à experiência de professores no contexto da área genética.

Os três discursos obtidos a partir dos consensos da teoria evolutiva não são excludentes e manteve-se a distinção dos discursos porque ressaltam diferentes aspectos: dão ênfase ao mecanismo da seleção natural, à aspectos da epistemologia da teoria evolutiva ou à base genética da teoria. A partir da análise dos DSC encontrados na pergunta III (Anexo 3) percebe-se que o neodarwinismo pode ser considerado a base da teoria evolutiva, o que reforça os discursos coletivos da pergunta 1 (Como você resumiria o básico da teoria da evolução, com suas próprias palavras?).

Discussão

Os discursos da pergunta I (Anexo 1) mostraram que os professores-pesquisadores têm dois discursos e um aparentemente não valorizou a genética. Isto foi discutido durante o seminário realizado com o grupo investigado e ficou claro que os dois grupos argumentaram sobre a importância da genética para a compreensão de fenômenos abordados pela teoria evolutiva. São, na visão dos professores, discursos que se complementam. Os discursos da pergunta II (Anexo 2) mostraram a percepção dos investigados de que não há controvérsias quanto à teoria evolutiva e que o questionamento quanto a fenômenos específicos que estão em processo é resultado do cotidiano da atividade científica, a qual permite a convivência de hipóteses concorrentes em busca de mais dados e explicações para fenômenos naturais. Os discursos da pergunta III (Anexo 3) mostraram o consenso em torno da seleção natural e das explicações genéticas confirmando a análise dos discursos da pergunta I: sem que se excluam aspectos destacados pela abordagem que se convencionou nomear de darwinismo, o neodarwinismo é percebido como a base da teoria evolutiva.

Os discursos, portanto, expuseram as diferentes faces da representação da teoria da evolução do grupo investigado. Há o reconhecimento de que a abordagem neodarwinista descreve de forma mais completa os processos da evolução biológica porque integra a base da compreensão genética. Entretanto, há pontos específicos da evolução biológica cujas explicações não necessitam das informações genéticas para sua compreensão. Isto explica a formação dos dois discursos entre os professores pesquisados: darwinista e neodarwinista. Essa constatação revela a contingência das atividades científicas que no momento os envolvia. Este dado é relevante para a nossa pesquisa porque oferece elementos para enquadrar algumas

dificuldades de ensino já detectadas e apresentadas no início desse artigo: o ensino de genética não é usualmente integrado às explicações evolutivas.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais da biologia para o ensino médio (PCNEM) (Ministério da Educação do Brasil, 1999) que têm por objetivo apresentar as diretrizes gerais para o ensino da biologia não há uma orientação quanto ao tipo de abordagem da teoria evolutiva. Mas, um outro documento, os Parâmetros Curriculares PCN+ Ensino médio, com orientações educacionais complementares aos PCNEM (Ministério da Educação do Brasil, 2003) foi elaborado com o objetivo de conferir maior especificidade organizando o conteúdo de biologia em seis temas estruturadores. Um desses temas é a evolução da vida que tem como competência "Elaborar explicações sobre a evolução das espécies, considerando os mecanismos de mutação, recombinação gênica e seleção natural." (Ministério da Educação do Brasil, 2003, p.51). Há, portanto, uma orientação em se ensinar a evolução sob a ótica do neodarwinismo. Estas orientações permitem que as escolas organizem os conteúdos de biologia contando com um "currículo mínimo da biologia" que inclui o aporte de explicações genéticas para o ensino da teoria evolutiva.

Entretanto, a inclusão da genética no ensino médio tem enfrentado dificuldades. É comum encontrar-se o ensino da genética desarticulado em relação à teoria da evolução: a genética é ensinada na 2ª série ou no início da 3ª série do ensino médio, enquanto que a teoria evolutiva é ensinada ao final da 3ª série. Além disso, a experiência nos mostra que muitos professores desconhecem o currículo mínimo da biologia o que pode acarretar na inclusão, ou não, das explicações genéticas no ensino da teoria evolutiva. O uso de muitos exercícios de probabilidade e porcentagem para o ensino da genética não só limitam a articulação entre os conceitos genéticos e evolutivos quanto requerem conhecimentos de matemática que os estudantes não dominam. Um problema adicional é o tempo curricular previsto para o ensino da teoria da evolução, nem sempre suficiente.

Em resumo, o papel da genética não tem sido suficientemente contemplado no ensino da teoria da evolução no ensino médio, o que pode desguarnecer a teoria evolutiva de importantes fundamentos. É possível associar esta constatação às dificuldades dos estudantes, apontadas em pesquisas citadas na introdução deste artigo, em compreender os conceitos de evolução, adaptação e seleção natural.

Apresentar aos estudantes, durante a aula de evolução, conceitos como os de "alelo" e "mutação" permitiria que compreendessem que tais alelos (formas variantes de um gene decorrentes de mutações) estão presentes em grupos de indivíduos conferindo-lhes tal variabilidade. Esta compreensão explícita dados científicos da teoria evolutiva viabilizando o reconhecimento da evolução como um fato científico. A própria compreensão de que "grupos" de indivíduos partilham características, as quais poderão resultar em adaptação, ajudaria a elucidar a visão dos estudantes de que a "adaptação" é um processo individual.

O conceito de "evolução", visto por estudantes como um processo associado à ideia de "progresso" e "melhora", poderia ser melhor compreendido com as explicações de base genética. Apresentar aos estudantes exemplos de variabilidade genética de organismos

aparentemente simples, como as bactérias, cuja existência é possível há milhões de anos nos mais diversificados ambientes, permitiria aos estudantes a compreensão de que a evolução não necessariamente envolve uma melhora das aptidões físicas externas ou a transformação de uma espécie em outra.

A "seleção natural" poderia ser melhor compreendida com os fundamentos genéticos, os quais permitem a compreensão de que é sobre as variações, ocorridas por alterações genéticas, que a seleção natural irá atuar. Isto, aliado a compreensão do "acaso" na seleção natural, poderia minimizar a distorção comumente encontrada entre estudantes de que a seleção natural é um "agente" do processo evolutivo, o que pode inclusive favorecer a compreensão de que não há algo sobrenatural dirigindo o processo evolutivo.

A inserção de conteúdos ou temas que permitem a compreensão da influência genética na dinâmica da evolução, ou seja, o resgate de conceitos da genética junto às aulas de evolução pode ser condição relevante para que os estudantes entendam a origem das variações nas características dos organismos de uma população, fenômeno central abordado na teoria evolutiva. E poderá ainda oferecer referências mais objetivas de esclarecimentos quanto aos campos das crenças religiosas e da ciência.

Conclusões

A questão deste artigo foi a busca da compreensão de problemas de ensino-aprendizagem relacionados ao corpo de explicações da teoria evolutiva no ensino médio. Buscou-se um novo olhar sobre estes problemas a partir da análise das representações de professores-pesquisadores em relação à teoria da evolução. Vimos que, para os professores pesquisados, o darwinismo e o neodarwinismo compõem a teoria evolutiva e as explicações genéticas estão na base dessas duas abordagens.

Nesta pesquisa, buscamos argumentar que o valor explicativo da genética no contexto da teoria da evolução não é usualmente evidenciado e a este quadro foi possível associar problemas de ensino-aprendizagem já identificados. A inclusão da genética de forma articulada ao ensino da teoria da evolução no ensino médio pode, portanto, ser um caminho a ser pedagogicamente melhor explorado porque pode trazer ganhos objetivos na superação dos citados problemas. Neste sentido, as explicações da genética, apresentando dados objetivos, permitiriam uma visão mais clara dos fenômenos da variabilidade, adaptação entre outros e promoveriam condições de melhor compreensão dos estudantes para a teoria da evolução.

Os resultados da pesquisa aqui relatados nos levam a concluir que a não integração das explicações genéticas ao ensino da teoria da evolução é mais um aspecto que leva a dificuldades no processo de ensino-aprendizagem da teoria da evolução. Logo, esta integração é uma medida recomendada no sentido de se eliminarem lacunas teóricas que dificultam a compreensão do processo evolutivo. Certamente, a inclusão da genética não resolverá todos os problemas de ensino da teoria da evolução no ensino médio, porém como um dos pilares evolutivos permitiria compreensão mais completa da teoria.

Referências bibliográficas

Abrantes, P. e F.P.L. Almeida (2006). Criacionismo e darwinismo confrontam-se nos tribunais... da razão e do direito. *Episteme*, 11, 24, 357-402.

Almeida, A.V. e J.V.C. Falcão (2005). A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Ciência & Educação*, 11, 1, 17-32.

Anderson, D.L.; Fisher, K.M. e G.J. Norman (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952-978.

Bishop, B.A. e C.W. Anderson (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415-427.

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.

Branch, G. e L.S. Mead (2008). "Theory" in Theory and Practice. *Evo Edu Outreach*, 1:287-289.

Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68: 493-503.

Cerqueira, A.V.; Costa, G.S. e E.B.M. Falcão (2007). Origem do ser humano: visões de dois grupos de estudantes do ensino médio. In: VI ENPEC, 2007, Florianópolis. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.

Cunningham, D.L. e D.J. Wescott (2009). Still More "Fancy" and "Myth" than "Fact" in Students' Conceptions of Evolution. *Evo Edu Outreach*, 2, 3, 505-517.

Falcão, E.B.M; Santos, A.G. e R. Raggio (2008). Conhecendo o mundo social dos estudantes: encontrando a ciência e a religião. *REEC- Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7, 2, 420-438.

Futuyma, D.J. (1999). *Evolution, science and society: evolutionary Biology and the national research agenda*. New Jersey: Office of University Publications, Rutgers, The State University of New Jersey.

Gualtieri, R.C.E. (2009). *Evolucionismo no Brasil - Ciência e educação nos museus*. São Paulo: Ed. Livraria da Física.

Lefèvre, F. e A.M.C. Lefèvre (2000). Os novos instrumentos no contexto da pesquisa qualitativa. Em Lefèvre, F.; Lefèvre, A.M.C. e Teixeira, J.V. (Eds.), *O discurso do sujeito coletivo: uma nova abordagem metodológica em pesquisa qualitativa* (pp. 11-35). Caxias do Sul: EDUSC.

Lefèvre, F. e A.M.C. Lefèvre (2003). *O discurso do sujeito coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (desdobramentos)*. Caxias do Sul: EDUSC.

Ministério da Educação do Brasil. (1999). Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio*. Brasília: MEC/Semtec.

Ministério da Educação do Brasil. (2003). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec.

Moscovici, S. (1978). *A representação social da Psicanálise*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.

Moscovici, S. (2003). *Representações sociais: investigações em psicologia social*. Petrópolis: Editora Vozes.

Meyer, D. e C.N. El-Hani (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora UNESP.

Nicolini, L.B.; Falcão, E.B.M. e F.S. Faria (2010). Origem da vida: como licenciandos em Ciências Biológicas lidam com este tema? *Ciência & Educação*, 16, 2, 355-367.

Oliveira G.S. e N.M.V. Bizzo (2009). *Aceitação/rejeição da Evolução Biológica: atitudes de alunos da Educação Básica*. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade de São Paulo.

Porto, P.R.A e E.B.M. Falcão (2011). Teorias da origem e evolução da vida: dilemas e desafios no ensino médio. *Revista Ensaio - Belo Horizonte*, 12, 03, 13-30.

Richards, R. (2008). Philosophical Challenges in Teaching Evolution. *Evo Edu Outreach*, 1, 158-164.

Santos, M.D.S. e A.R. Calor (2007a). Ensino de Biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da Sistemática Filogenética – I. *Ciência & Ensino*, 1, 2.

Santos, M.D.S. e A.R. Calor (2007b). Ensino de Biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da Sistemática Filogenética – II. *Ciência & Ensino*, 2, 1.

Tidon, R. e R.C. Lewontin (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, 1, 124-13.

Anexo 1: DSC encontrados na pergunta I "Como você resumiria o básico da teoria da evolução, com suas próprias palavras?"

1- A teoria da evolução é apresentada com referências epistemológicas. (n=9 / 53%)

Hoje em dia, a teoria da evolução não é mais uma teoria, é um fato científico. É uma teoria que visa explicar o porquê do que chamamos hoje de biodiversidade, a multiplicidade de formas de vida, suas semelhanças e diferenças. A teoria da evolução explica como ocorrem as mudanças em todos os níveis (...) e as interações que essas mudanças têm com fatores bióticos e abióticos. A teoria é muito mais que isso: eu diria que é uma teoria criada no século 19 que na essência é igual à teoria atual. É um guia para interpretar todos os dados biológicos. É a única teoria com grande poder explicativo originária da biologia. É uma teoria que tenta explicar desde a origem da vida até os dias de hoje, como as espécies evoluíram, em cima de discussões de ideia já que uma parte nós não podemos provar. Exemplo: a falta de alguns passos evolutivos. (...) Evolução não é uma teoria, é o fato de que as coisas mudam. É um encaminhamento de idéias.

2- Discurso darwiniano clássico. (n=8 / 47%)

A teoria da evolução com base em Darwin: evolução por descendência e reprodução diferencial. Todos os seres vivos compartilham um ancestral comum e vão se diferenciando. Eu diria que é a descendência com modificação: muitas características hereditárias que têm impacto diferente nas características dos organismos. Ela explica de modo plausível as características morfológicas e fisiológicas para que os organismos tenham a adaptabilidade através da seleção natural. O principal agente causador da evolução é a seleção natural. A parte básica para entender a seleção natural é entender a reprodução, pois os que fazem isso de forma diferencial têm mais chances de perpetuar. O básico em uma palavra é mudança. Mudanças que acontecem ao longo de diferentes gerações. Também poderia ser modificações herdáveis ao longo do tempo. É adaptação, sobrevivência do mais adaptado. Uma definição simples: é o processo de transformação por seleção natural.

3- Discurso neoclássico. (n=6 / 35%)

A teoria da evolução é uma teoria que explica as mudanças a nível morfológico e bioquímico dos organismos a partir da genética. As mudanças ocorrem a nível genético e são herdadas. A idéia básica é que você tem mudança de frequência gênica que codificam diferentes características que vão mudando nas populações. Tem outros processos: deriva gênica, efeito do fundador, acaso (...) Os mecanismos envolvidos nessa variação: mutação, mecanismos que organizam essa variação: seleção natural, deriva genética (...) A ideia de que existem nas populações de seres vivos variações genéticas que são selecionadas ao longo do tempo em função da adaptabilidade ao meio. (...) A teoria da evolução eu basicamente dividiria em um tripé: hereditariedade, mutação e seleção natural. A base da teoria é aleatória, não é determinística. A evolução em si é a maneira pela qual (...) os organismos lidam com o ambiente. Na verdade, a evolução, simplificadamente, é a mudança no valor médio de um caráter.

4- Discurso da distinção entre 'evolução' e 'progresso'. (n=3 / 18%)

Evolução não tem nada a ver com progresso. (...) a teoria da evolução é uma teoria de mudança, e não de progresso, em larga escala. Sendo mudança ocorre em tempo curto e em larga escala. (...) Para o entendimento em larga escala é preciso a compreensão da história da Terra. Não tem essa coisa de progresso.

Anexo 2: DSC encontrados na pergunta II "Quais os pontos controversos da teoria da evolução e como você vê essas controvérsias?"

1- As controvérsias são práticas do cotidiano acadêmico e estão relacionadas a aspectos dos mecanismos e eventos evolutivos. (n=11/53%)

Acho que talvez o ponto que está mais em discussão é o tempo em que a evolução ocorre. O tempo que a seleção natural demora a agir. O ritmo. A importância relativa de eventos evolutivos para a evolução como um todo. Temos questões em que em determinadas espécies, forças estão envolvidas ou não: se é deriva, se é seleção natural. Eu acho que esses pontos são específicos demais. Alguns evolucionistas acreditam que os eventos macro foram a causa da evolução e outros acreditam que os pontos micro é que são a causa da variação. Existem essas duas correntes. (...) Um ponto que é bem controverso é a especiação. Se tem isolamento geográfico, simpatria. Se discute muito em ciência a questão do acaso. A matéria prima pode ser produzida ao acaso, mas não é acaso quando determinadas características são selecionadas e sim a seleção natural. (...) Hoje temos uma visão molecular melhor: grandes modificações às vezes se dão na expressão do gene. Eu acho que as coisas estão andando muito bem. A discussão atual é de coisas muito mais técnicas, como entender a evolução do fenótipo, incorporar a teoria da evolução à biologia evolutiva, ao genoma. Atualmente discute-se a influência da epigenética. Agora estão reavaliando Lamarck, a questão dos caracteres adquiridos, a questão da epigenética: certas alterações no DNA podem passar adiante, via hereditariedade, e isto não envolve necessariamente uma mutação. Isso está em discussão.

2- Não há controvérsias com relação à teoria e sim desconhecimento epistemológico. (n=6 / 35%)

Eu não vejo pontos controversos na teoria da evolução. São detalhes dentro do corpo da teoria de modo geral. Para mim se a gente tivesse uma postura menos cientificista seria menos nocivo para a ciência. (...) Na verdade a gente não está diante de um quadro pintadinho. A gente está diante de um quebra-cabeças. Todo mundo exalta Kuhn e a competição dos paradigmas e eu acho que isso não é ruim. Eu acho que é um presente muito maior para os obscurantistas religiosos. É normal existirem pontos de vista divergentes, o que é normal dentro da ciência. (...) Há falta de provas da evolução: isto é uma limitação. Não é que isso invalida, mas abre espaço para extrapolações. Acho que a questão mais controversa é sua capacidade de testá-la. É uma questão circular, tautológica.

3- As controvérsias têm origem no contexto das religiões. (n=5 / 29%)

Os criacionistas ficam inventando pseudo controvérsias. Um dos pontos é o equilíbrio pontuado. Envolve inocência e má fé por parte dos criacionistas quando tentam invalidar a teoria. Eu acho que entre os biólogos não há muitas controvérsias. Mas essas novas tendências mostram que o processo evolutivo é mais complexo, e isso é aproveitado pelos criacionistas para criticar a teoria. Por exemplo: a seleção natural não é a única explicação. Utilizam isso para invalidar a teoria. As controvérsias são pequenas se comparadas a (discussão em torno da) existência ou não de Deus. Na academia não vejo nada de muito controverso. Não leio muito atualmente, mas já li muitos artigos criticando a teoria da evolução. Não vejo esses artigos nas revistas científicas é mais em outras revistas. Criticam a base da teoria da evolução que é a seleção natural: procuram contestar que a seleção natural não é uma força tão importante para a mudança e a maneira tal qual ela foi formulada.

Anexo 3: DSC encontrados na pergunta III "Quais os consensos com relação à teoria da evolução?"

1- A seleção natural é um consenso. (n=8 / 47%)

A ideia de seleção natural é um consenso. A hipótese geral de que existe uma variação e essas variações são selecionadas dentro daquele ambiente dos seres vivos faz com que aumentem as chances de sobrevivência. A seleção natural é a principal força que causa a adaptação. O papel da seleção natural na evolução é uma coisa concreta, o que não se sabe é sua influência exata. (...) O papel preponderante do ambiente: o ambiente agindo sobre a seleção é um consenso. Têm vários exemplos, a base é a seleção natural. A seleção natural é consenso total, a sobrevivência do mais adaptado e que a seleção natural está constantemente mudando.

2- A teoria da evolução é um consenso embora haja questões sobre as influências e dinâmicas genéticas. (n=10 / 59%)

A teoria da evolução como um todo é um consenso. O conceito de evolução é a ideia de descendência com modificação: a evolução a partir de um ancestral comum. A especiação, ou seja, também o mecanismo central "que as espécies evoluem" está muito bem estruturado. A importância da teoria da evolução em si. A sua viabilidade. O fato de ser uma teoria unificadora. (...) A teoria está bem consolidada até que seja derrubada. Pode ser que tenha alguma mudança de paradigma. As pessoas têm falado de herança epigenética etc. como se isso fosse uma mudança na teoria. (...) Com os avanços da biologia molecular não se sabe mais o que é um gene. Os geneticistas se apossaram da teoria e isso sacrificou a contribuição da biologia do desenvolvimento. Uma enorme plasticidade fenotípica é ignorada, por exemplo, por parte dos geneticistas. Hoje há uma entrada da biologia do desenvolvimento. A teoria evolutiva, na síntese, foi muito genetizada. A tendência atual é a epigenética: uma maior importância do ambiente como sendo capaz de introduzir mudanças fenotípicas. Do meu ponto de vista a consolidação já é bem grande na área da biologia.

3- Os mecanismos genéticos são um consenso. (n=6 / 35%)

A base genética da teoria é um consenso: a incorporação da hereditariedade via genética de populações, o entendimento da genética em termos bioquímicos, toda a parte da regulação gênica, a deriva e o determinismo genético. As mitocôndrias e cloroplastos eram bactérias, a questão da especiação: estas coisas estão bem aceitas. Tem muitas coisas bem fundamentadas, pois a evolução é toda a biologia.