

CONHECENDO AS IDÉIAS DOS ESTUDANTES

Existem muitos artigos publicados que discutem distintos aspectos sobre o ensino e a aprendizagem da teoria da evolução biológica. Neste capítulo, serão apresentadas sínteses de alguns deles, nos quais os autores descrevem as idéias dos estudantes ou materiais instrucionais aplicados com o objetivo de promover transformações significativas na compreensão dessa teoria.

As primeiras pesquisas que investigaram as concepções de estudantes sobre a evolução foram realizadas por Deadman (1976) e Deadman e Kelly (1978). Nelas os autores indicaram que os alunos já possuíam explicações sobre alguns eventos evolutivos antes que o tema fosse tratado formalmente na escola.

Em um estudo posterior, Brumby (1984) constatou que a maior parte dos estudantes australianos de um curso de medicina entrevistados por ela explicava as questões evolutivas usando idéias "de senso comum". Por exemplo, quando eles foram convidados a justificar a razão da inquietação da comunidade científica diante do fenômeno da resistência aos antibióticos; somente 21 dos 150 entrevistados responderam que as populações de bactérias sensíveis estavam sendo eliminadas, ou seja, que o uso do antibiótico selecionava as linhagens resistentes. A maioria disse que as bactérias se tornariam imunes com o tempo ou se adaptariam, como se esses organismos fossem capazes de se transformar com o intuito de sobreviver.

Além disso, foi averiguado que uma parcela desses estudantes acreditava que algumas características adquiridas durante a vida do indivíduo poderiam ser transmitidas à prole. Quando questionados sobre o que se poderia prever a respeito da cor da pele dos descendentes de uma criança branca que tivesse crescido na África, um terço dos 32 universitários respondeu que

os bebês herdariam o bronzeamento da pele de seus pais. Somente 10% da amostra explicavam a evolução usando argumentos científicos, sendo que a grande maioria dela acreditava que a mudança evolutiva ocorreria em função da necessidade dos indivíduos.

Essas explicações de “senso comum” sobre a evolução dos seres vivos são relativamente resistentes à mudança. Clough e colaboradores (1987) entrevistaram alunos de dois grupos etários (12 e 14 anos) a fim de avaliar as alterações ocorridas nas explicações sobre o conceito de adaptação e herança de características adquiridas após o período de dois anos, considerando as respostas dadas para as seguintes questões:

- Por que as lagartas claras podem ser encontradas em maior número em troncos claros e lagartas escuras em troncos escuros?
- Como você explicaria a origem da espessa pelagem presente nas raposas árticas?
- Os calos adquiridos por um jardineiro ao longo de sua vida seriam transmitidos para o filho do jardineiro?
- Ratos que tivessem suas caudas cortadas produziriam descendentes sem caudas?

Apenas 3% dos alunos responderam adequadamente as questões sobre adaptação, dizendo que houvera seleção das populações que possuíam características adaptativas. Contudo, cerca de 45% deles afirmaram que houve mudança consciente dos indivíduos em resposta à alteração do meio. Após o período de dois anos, entrevistando novamente os mesmos estudantes, constatou-se que 9% da amostra de 14 anos, e 19% da outra de 16 anos, passaram a expressar-se utilizando argumentos científicos. Entretanto, 45% e 31% deles, respectivamente, conservaram suas explicações. Esses resultados mostraram a existência de concepções cotidianas sobre evolução que não se alteraram significativamente após o período de instrução.

Na década de 80, nem todos pesquisadores concordavam com a asserção de que as crianças possuíam idéias próprias a respeito dos fenômenos biológicos, análogas àquelas descritas por Piaget para os fenômenos físicos. Em 1988, Lawson efetuou uma

série de entrevistas clínicas com três estudantes de distintas faixas etárias pertencentes à mesma comunidade escolar. As questões versaram sobre distintos tópicos, incluindo: fotossíntese, teoria celular, circulação animal, hereditariedade etc. O autor não encontrou evidência da existência de concepções espontâneas quando se consideravam os conhecimentos biológicos. Segundo ele, esse conhecimento seria aprendido a partir do contato com autoridades, sejam familiares, professores ou meios de comunicação.

Na década seguinte, não havia mais dúvidas que os modelos explicativos para distintos fenômenos, presentes na mente dos estudantes previamente ao período de instrução formal, modulavam a aprendizagem de novos conceitos. Esses conhecimentos foram descritos como “misconceptions”, concepções alternativas, prévias ou cotidianas. Esses termos sinalizam distintas compreensões acerca do que é esse conhecimento e se pautam em teorias de aprendizagem diferentes. Entretanto, a aceitação de que as crianças possuem conhecimentos sobre os fenômenos não significa entender que esses conhecimentos tenham “brotado” espontaneamente em suas mentes.

Em 1990, Bishop e Anderson publicaram relato de pesquisa no qual eles não somente descreveram as concepções dos estudantes sobre a teoria evolutiva, como também elaboraram um conjunto de atividades didáticas, considerando as proposições do *modelo de mudança conceitual*. Esse material foi aplicado em uma amostra de estudantes de séries correspondentes ao Ensino Médio. Em relação aos estudos anteriores, houve avanço não somente no que tange ao uso e avaliação de estratégias de ensino distintas das tradicionais, como também em relação aos procedimentos de pesquisa. O instrumento de avaliação e o módulo de atividades elaborados¹ serviram a outros estudos.

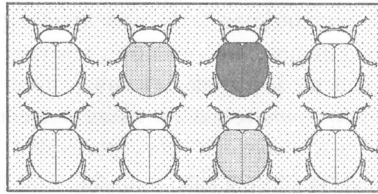
1. Uma cópia do módulo de atividades elaborado por Bishop e Anderson, “Evolution by natural selection: a teaching module”, está depositada na Biblioteca do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo como anexo da dissertação de mestrado da autora. Bizzo (1991) utilizou instrumento de levantamento das concepções dos estudantes baseado no daqueles autores.

Santos, S. Evolução Biológica - ensino
e aprendizagem no cotidiano. SP, Ann
Blume/Fapesp. 1999

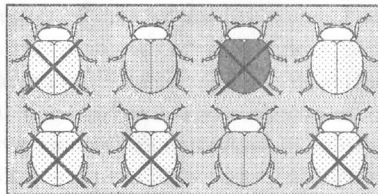
ILUSTRAÇÃO I - COMPARAÇÃO ENTRE A
CONCEPÇÃO CIENTÍFICA DE EVOLUÇÃO

Concepção científica

Os indivíduos de uma população possuem
variações em relação a uma característica

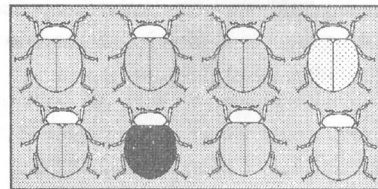


Alterações ambientais acarretam
mortalidade diferencial



População sobrevivente

A população sobrevivente
se reproduz

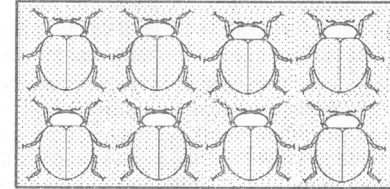


A pressão seletiva modifica a frequência de
algumas características na população, sendo
que novas características surgem por mutação.
Essas mudanças evolutivas ocorrem ao acaso.

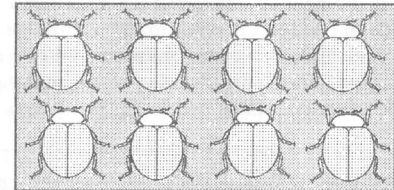
É UMA GENERALIZAÇÃO DAS IDÉIAS
DOS ESTUDANTES

Concepção dos estudantes

A população é composta por
indivíduos do mesmo "tipo"

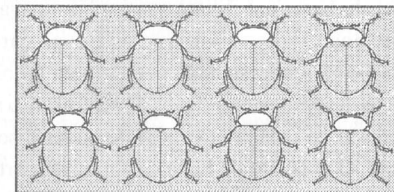


A alteração no meio cria a necessidade
de uma característica



Descendentes parcialmente adaptados

A espécie evolui. Os indivíduos se
adaptam devido à necessidade



Os indivíduos percebem a necessidade de se
ajustar e, devido ao uso/desuso de partes do corpo,
eles se transformam com o tempo. A espécie
melhora ou progride.

(Modificado, BISHOP E ANDERSON, 1990)

O modelo de mudança conceitual

Posner e colaboradores propuseram o *modelo de mudança conceitual* em 1982, pressupondo que a aprendizagem de conceitos seria análoga às revoluções científicas, como preconizado por Kuhn. Os autores consideraram que os conceitos mais organizadores do pensamento poderiam sofrer uma grande mudança sempre que um novo conceito fosse julgado mais inteligível, plausível e fértil do que outro.

Essa mudança conceitual ocorreria em função de um conflito cognitivo, ou seja, quando o estudante percebesse que suas idéias não explicavam dados empíricos, evidências ou fenômenos propostos em atividades didáticas, por exemplo. Nesse momento, insatisfeito com as suas próprias idéias, o estudante aceitaria uma nova explicação mais abrangente que estivesse sendo apresentada.

Isto implicava entender o aprendizado como um processo racional no qual o aprendiz reconheceria suas próprias explicações e conseguiria distingui-las das científicas. Essa ênfase dada à racionalidade presente em um primeiro momento da concepção do modelo de mudança conceitual foi posteriormente revista, quando também foram considerados como importantes a motivação do aprendiz e os seus valores (STRIKE E POSNER, 1992).

Bishop e Anderson (1990) verificaram que os estudantes não distinguiam dois processos biológicos distintos: um responsável pelo aparecimento de novas características em uma população e um outro que as conservaria. Um único processo, reconhecido por eles como sendo a “seleção natural ou adaptação”, afetaria todos os indivíduos da população. Os estudantes entendiam que o meio atuava diretamente sobre os organismos vivos, sendo que as novas características adquiridas em resposta à necessidade gerada pelo ambiente seriam transmitidas para os descendentes. Alguns disseram que o meio afetaria os genes, alterando-os de maneira que a prole pudesse sobreviver em um novo ambiente. O conceito de herança abrangia, portanto, a idéia de evolução progressiva: os genes de sucessivas gerações tornar-se-iam melhores com o tempo. As variações encontradas nas diferentes espécies teriam sido consequência da necessidade de se ajustar e não resultado de processos aleatórios. Na Ilustração I foram representadas as diferenças existentes entre a concepção científica e as generalizações das idéias dos estudantes acerca do processo evolutivo.

Muitas dessas idéias cotidianas encontradas entre os estudantes fizeram parte do discurso de pensadores do passado. Greene (1990), por exemplo, analisou as respostas dos alunos de um curso introdutório de Biologia quando eles justificaram porque os biólogos acreditam que os ancestrais dos morcegos atuais não tinham asas. O autor assumiu *a priori* que os estudantes deveriam agrupar como espécie um conjunto de indivíduos que representava um tipo comum. E, para eles, as variações existentes entre os indivíduos de uma população seriam pouco relevantes, se considerarmos que no passado essas variações foram entendidas como imperfeições. Além disso, os alunos tenderiam a assumir que quaisquer mudanças seriam direcionadas por um agente “divino”.

Os critérios usados pelo autor para examinar as respostas dos estudantes foram os seguintes:

- 1) o foco da resposta indica pensamento tipológico ou populacional?
- 2) o processo de mudança é direcionado ou não, surgindo com ele apenas uma característica ou várias?
- 3) a idéia de seleção é usada ou não?

As categorias de classificação das respostas foram elaboradas *a priori*, considerando as premissas descritas. Este instrumento foi validado, analisando se as respostas dos alunos eram agrupadas nas mesmas categorias por distintos pesquisadores.

O autor concluiu que somente 3% dos estudantes avaliados possuíam compreensão consistente com a concepção científica, sendo que 43% entendiam parcialmente a evolução. Alguns, por exemplo, mencionaram a importância da variabilidade e a idéia de seleção, no entanto, possuíam uma concepção tipológica de espécie. O mais importante, no entanto, é constatar semelhanças lógicas entre as idéias dos alunos e as concepções presentes no discurso de pensadores do passado (GREENE, 1990).

Paralelos entre a História da Ciência e o Ensino de Ciência

Uma das hipóteses que tem sido intensamente investigada, derivada da epistemologia genética, considera que existiriam

paralelos entre o progresso alcançado na organização racional do conhecimento, a História da Ciência, e o desenvolvimento cognitivo do indivíduo. Esses paralelos, contudo, têm sido compreendidos de distintas maneiras.

Alguns autores acreditam que, analisando a história do desenvolvimento das teorias científicas, poderiam ser identificados “obstáculos epistemológicos”, ou seja, idéias que impediram a compreensão de certos fenômenos. Se essas idéias estivessem presentes na mente dos estudantes, elas também poderiam oferecer resistência à acomodação de novas explicações.

Outros entendem que a História pode ser útil para determinar quais seriam os “conceitos estruturantes” em cada área do conhecimento de forma a abordá-los no ensino (GAGLIARDI, 1986 e 1988). Esses conceitos seriam idéias-chave em torno das quais a seqüência de conteúdo poderia ser estruturada, facilitando assim a aprendizagem. Os conceitos “estruturantes” possibilitaram a articulação e complexidade crescente do conhecimento científico, permitindo que novos fatos pudessem ser percebidos.

De qualquer maneira, os paralelos entre a História da Ciência e o Ensino de Ciência jamais podem ser compreendidos como conteúdos, ou seja, as distintas explicações históricas não têm de ser ensinadas passo a passo para que o estudante compreenda o conhecimento atual. O entendimento dos mecanismos de transição de distintos modelos explicativos na História seria usado como ferramenta para explicar os modelos dos estudantes que, à primeira vista, pareceriam desprovidos de sentido.

ENTENDENDO AS “DIFICULDADES DOS ESTUDANTES”

Um novo olhar sobre as “dificuldades dos estudantes”² para aprender a teoria da evolução relatadas na literatura foi proposto por Bizzo em 1991. Uma possível explicação para esse “fracasso” poderia ser o fato de que a teoria evolutiva já é divulgada de maneira distorcida para o público, e versões muito simplistas do desenvolvimento das formulações teóricas são apresentadas aos estudantes. Durante o processo de transposição do conhecimento produzido na comunidade

2. O fenômeno – a aprendizagem pouco eficiente da teoria evolutiva – está sendo descrito como “dificuldades dos estudantes” sempre entre aspas, pois essa maneira de descrever pressupõe que a origem do fenômeno está circunscrita às habilidades cognitivas dos estudantes.

de científica para o público leigo, quer seja por meio de livros de divulgação científica ou por livros didáticos, haveria re-interpretações desse conhecimento, o qual se enriqueceria de novos significados.

Bizzo, buscando responder à questão sobre o que era darwinismo para estudiosos como Emanuel Radl, John C. Greene, Robert M. Young e Ernst Mayr, mostrou como a obra de Charles Darwin fora compreendida de distintas maneiras. O autor também analisou livros de divulgação publicados por Julian Huxley e Kettlewell, na década de 60, e posteriormente os de Dawkins, identificando narrativas novas e por vezes distorcidas da obra de Darwin.

Além disso, em sua tese também foram relatados os resultados das entrevistas realizadas com onze estudantes de distintos níveis socioeconômicos e questionários aplicados em uma amostra de 192 alunos, por meio dos quais se verificou que também os estudantes paulistas entendiam parcamente a teoria evolutiva. O autor enfatizou que pensar em novas estratégias de ensino é tão necessário quanto refletir sobre qual versão do desenvolvimento do darwinismo tem sido oferecida aos alunos.

Bizzo (1991, 1994) constatou que os estudantes vêm o homem como referência central da evolução. Convidados a dizer o que pensavam sobre o tema, os entrevistados responderam assim: “A evolução é aquele processo que transforma um macaco em homem...”. Essa tendência antropocêntrica pode levar os estudantes a pensar que somente os animais evoluem, mas as plantas não. Afinal, os animais teriam “consciência” da necessidade de evoluir e estariam constantemente tentando se desenvolver. Quando, por exemplo, questionados sobre a resistência aos pesticidas, os estudantes disseram que o inseticida atuaria sobre o organismo, o qual passaria a produzir substâncias semelhantes a anticorpos. E essas substâncias seriam transmitidas à prole, de tal maneira que os descendentes também seriam resistentes.

A adaptação é comumente entendida como um processo gradual de ajustamento do indivíduo ao meio. Assim, os indivíduos que não estivessem aptos a se ajustar seriam eliminados por competição. Bizzo diz que esse processo é curioso, pois os estudantes supõem que todos os indivíduos são igualmente adaptados, mas a competição eliminaria uma parte deles.

A evolução é entendida como um processo de aperfeiçoamento, progresso, crescimento, sendo que a evolução cultural e a biológica não são claramente distinguidas. Os estudantes vêem o processo evolutivo como intrinsecamente “bom”, entendendo o progresso como sinônimo de evolução (Bizzo, 1991e 1994).

A reconceptualização social do conhecimento

O foco tradicional de interesse dos pesquisadores educacionais tem girado em torno do processo de ensino e de aprendizagem. Muitos esforços têm sido dirigidos para investigar as concepções dos estudantes, considerando-as relevantes para elaboração de estratégias de ensino “mais eficazes”. Nestes casos, os autores assumem que existe um conjunto coerente e definido de conhecimentos científicos que os estudantes têm de aprender. Além disso, desconsidera-se comumente a influência dos agentes de divulgação, como se eles não influenciam o conteúdo da informação.

Segundo Bizzo (1994), essas premissas são bastante discutíveis a partir de uma perspectiva sociocultural. Em vez de olhar para as habilidades dos estudantes e do professor, esforço deve ser feito para compreender os múltiplos significados do resultado da interação entre as crianças e os adultos. A construção do conhecimento em sala de aula seria um processo social, no qual estão envolvidos igualmente professores e estudantes. Diversas fontes de informação poderiam influenciar o processo de ensino-aprendizagem, como revistas populares, meios de comunicação diversos, livros escolares, jornais. Alguns conceitos importantes, como evolução, adaptação, competição e até progresso, podem ter diferentes significados dependendo da referência consultada, assim como alguns conceitos e fatos podem ter diversas versões.

A reconceptualização social do conhecimento seria o processo pelo qual as teorias científicas se enriquecem de novos significados à medida que transpõem os limites da produção e divulgação de conhecimento. Uma das características desse processo é que algumas “idéias erradas” possuiriam uma estrutura teórica coerente, justificando inclusive crenças e valores sociais (Bizzo, 1993 b).

AVALIANDO DISTINTOS MATERIAIS INSTRUCIONAIS E ESTRATÉGIAS DE ENSINO

Um outro foco de interesse das pesquisas educacionais está voltado para avaliação de materiais instrucionais. A finalidade dessas investigações é verificar se eles promovem mais ou menos aprendizado. Settlage (1994) testou o material didático *Evolution and Life on Earth* produzido pelo Biological Science Curriculum Study (BSCS), órgão financiado pelo National Science Foundation. O autor analisou as respostas produzidas por cinquenta estudantes do que corresponde ao Ensino Médio. O pré-teste consistiu em duas questões:

- “Chitas”, grandes felinos africanos, podem correr até 60 milhas por hora quando estão caçando. Como um biólogo explicaria o desenvolvimento da habilidade de correr, assumindo que os ancestrais desta espécie podiam correr apenas 20 milhas por hora?
- Salamandras de caverna são cegas, possuindo olhos não-funcionais. Como essas salamandras se desenvolveram a partir de ancestrais que possuíam olhos funcionais?

O pós-teste abarcou outras duas questões:

- As baleias podem permanecer dentro da água por 45 minutos sem respirar quando estão procurando alimento. Como teria se desenvolvido essa habilidade, assumindo que os ancestrais das baleias conseguiam manter-se sem respirar por alguns minutos?
- Pêlo branco de animais deriva da perda de pigmentos. Provavelmente os ancestrais do urso polar devem ter tido pêlos escuros. Como um biólogo explicaria, pela teoria da seleção natural, o aparecimento das espécies de urso polar de pelagem branca?

As respostas foram agrupadas em categorias por palavras-chave, como necessidade, uso, adaptação, variação, mutação, entre outras. No pré-teste, a grande maioria dos estudantes se encaixou na categoria necessidade e uso. No pós-teste, a categoria mais freqüente

foi variação. O autor, a partir desses resultados, afirmou que a barreira para modificação das idéias dos estudantes não era intransponível. Diferente dos autores já citados, Settlage mostrou que algumas das principais idéias evolutivas foram apreendidas pelos estudantes.

Zuzovsky (1994) valorizou a possibilidade de usar paralelos entre as mudanças conceituais individuais e as revoluções históricas do pensamento científico. A autora relatou o desenvolvimento de um curso ministrado para estudantes de licenciatura em Biologia que já tinham experiência profissional como professores. O objetivo do curso foi desenvolver o pensamento evolutivo por meio da análise das explicações próprias dos alunos, comparando-as com outras explicações usadas pelas crianças; aquelas descritas na História e as aceitas atualmente. A estrutura do curso será descrita a seguir.

- Os estudantes de licenciatura foram convidados a responder algumas questões reportadas em pesquisas sobre ensino de evolução. As respostas elaboradas foram comparadas às descrições presentes em livros didáticos. Discrepâncias foram identificadas e os estudantes puderam reconsiderar suas explicações. Este momento foi importante para que os estudantes identificassem diferentes concepções. Muitos perceberam concepções “lamarckistas” em seus relatos.
- Algumas perguntas foram levantadas sobre a história do pensamento evolutivo. Em seguida, foram ministradas palestras por diferentes pesquisadores do assunto, acompanhadas por leituras de antologias contendo fragmentos de textos históricos de vários autores. Com auxílio de um guia de análise houve a re-leitura das respostas para identificação das pré-concepções. O estudante deveria considerar alguns critérios nessa análise como, por exemplo, se a evolução ocorreria em nível individual ou como produto de seleção em nível de espécie.
- Os argumentos históricos (lamarckistas, darwinistas, neodarwinistas e os da teoria sintética da evolução) foram apresentados resumidamente, e os estudantes compararam esses argumentos com os presentes nas suas respostas, relatando as diferenças e as semelhanças encontradas.
- Um conjunto de doze artigos que tratavam das concepções dos estudantes e o modelo de mudança conceitual foi lido para elaboração de um texto de revisão bibliográfica.

- Considerando os modelos de pesquisas descritos nos artigos revisados, os estudantes do curso elaboraram “mini-projetos” tematizando a evolução, que foram encaminhados entre crianças e professores do magistério.

Os alunos de licenciatura encontram grande similaridade entre suas respostas e as das crianças entrevistadas por eles durante uma das atividades do curso. Estranharam a grande penetração das idéias “lamarckistas” na atmosfera escolar ou mesmo na universidade. Por fim, concluíram que a mudança de crenças e valores deve ser muito mais complexa do que preconizado pelo modelo de mudança conceitual (Zuzovsky, 1994).

*Os argumentos das distintas teorias evolucionárias,
segundo Zuzovsky (1994)*

1) “lamarckistas”

- Todos os organismos descendem de um ancestral comum por um contínuo processo de mudança como resposta às alterações ambientais que rompem a harmonia entre eles e a natureza.
- Devido às mudanças no meio, cada organismo individualmente precisa se transformar. A alteração de comportamento acarreta o uso/desuso de certos órgãos que, em consequência disso, transformam-se.
- Esse processo é lento e gradual e pode, ao longo de sucessivas gerações, resultar na transformação das espécies.
- A evolução resulta na perfeição crescente dos organismos e gradativa complexidade.

2) “darwinistas”

- Todos os organismos descendem de um ancestral comum por um contínuo processo de ramificação ou diversificação.
- A mudança é gradual. As descontinuidades existentes no registro fóssil são artefatos e derivam da extinção dos tipos intermediários.
- As variações presentes em todos os organismos vivos resultam de processos aleatórios. Algumas dessas variações são úteis à vida. Aqueles indivíduos que as possuem têm vantagem reprodutiva, sobrevivendo em maior número do que os outros. Ao longo de sucessivas gerações de competição, a seleção acarreta mudança das características genéticas das populações.

- Apenas as características genéticas que foram selecionadas aparecem nas sucessivas gerações.

- A evolução é um processo de mudança que resulta em organismos mais adaptados ao seu meio, e não mais perfeitos.

3) "neo-darwinistas"

- Não existe herança de características adquiridas.

- Evolução é o resultado da seleção natural atuando sobre variedades presentes em uma espécie, as quais são produzidas por processos de recombinação gênica e "crossing-over". Há uma tendência à diversificação crescente, sendo que o processo evolutivo é lento e gradual.

- A pressão seletiva resulta em organismos mais adaptados aos seus distintos meios. Apesar de existirem diferentes caminhos para a evolução.

4) "teoria sintética da evolução"

- Somente as mutações podem acarretar o aparecimento de variações.

- Nem todas as mutações são deletérias, algumas são neutras e outras são benéficas.

- O material genético tende a ser conservado ao longo das gerações, portanto, não há herança de características adquiridas.

- A recombinação genética é a origem mais importante de variabilidade nas populações.

- A variação fenotípica contínua pode ser explicada pela ação de múltiplos fatores (poligenes) e interações epistáticas.

- Um simples gene pode afetar distintas características fenotípicas.

- Dados experimentais, bem como observações empíricas, demonstram a efetividade da seleção natural.

Duveen e Solomon (1994) descreveram uma simulação de debate como estratégia de ensino que incluiria a dimensão social da teoria evolutiva no contexto de sala de aula. Isto foi considerado relevante porque algumas idéias derivadas de interpretações do trabalho de Darwin, como o darwinismo social, foram tomadas como justificativa para ações de nazistas no passado. Os autores lembraram o confronto histórico entre defensores e opositores da teoria evolutiva de Darwin ocorrido em uma reunião da Associação Britânica, em Oxford, 1860. A simulação desse evento poderia proporcionar entendimento dos argumentos da teoria e do processo

de produção de conhecimento. Os personagens dessa história seriam Huxley, Darwin, o capitão FitzRoy, entre outros cujos papéis foram bem descritos nesse artigo. Embora o debate tenha sido posto em "prática", os autores não avaliaram o aprendizado decorrente dessa estratégia.

Em 1995, Demastes, Settlage e Good publicaram artigo relatando a replicação da investigação outrora realizada por Bishop e Anderson. No entanto, eles inovaram quando incorporaram um grupo controle na amostra, a qual era composta por quatro classes e dois instrutores. Em duas dessas classes foi aplicado o módulo de atividades pautado no *modelo de mudança conceitual*, enquanto outras duas turmas foram expostas ao modelo tradicional de ensino. Além disso, os autores realizaram também outra comparação, analisando a porcentagem de aprendizado em um grupo de estudantes que utilizava o material instrucional do BSCS.

Os instrutores do estudo centraram esforços dos seus cursos em discussões que abrangiam distintos temas e conceitos relacionados à teoria evolutiva. O primeiro valorizou aspectos da micro-evolução: cruzamentos não-aleatórios, migração, mutação e derivação genética. O outro instrutor expôs as concepções sobre evolução ao longo da história, tópicos de biogeografia e valorizou a apresentação de evidências fósseis do processo evolutivo. Foram realizadas entrevistas com os próprios instrutores e eles tinham vaga idéia sobre as premissas do modelo de mudança conceitual. Nenhum deles se mostrou insatisfeito com a concepção mais tradicional de ensino, pois eles acreditavam que as concepções alternativas dos estudantes se conservavam devido ao empobrecimento conceitual e factual das aulas, ou devido às influências das crenças religiosas.

Após o período de instrução, as respostas do pré e pós-testes aplicados nas diversas turmas foram avaliadas usando análise estatística para verificar quão significativas eram as diferenças encontradas no grau de aprendizado. A categorização das respostas também seguiu a padronização descrita por Bishop e Anderson.

A análise dos resultados mostrou que não houve diferença significativa entre as turmas controle e aquelas submetidas à seqüência didática baseada no *modelo de mudança conceitual*, ou seja, um modelo de instrução não foi considerado mais efetivo do que o outro. O conhecimento adquirido anteriormente, nos anos de estudo do Ensino Médio e Fundamental, também não mostrou correlação com

o entendimento dos conceitos evolutivos, corroborando os resultados encontrados por Bishop e Anderson (1990). Além disso, como no estudo original, o período de aprendizagem não alterou as crenças dos estudantes, sendo que poucos deles aceitavam a teoria da evolução como explicação para a diversidade de seres vivos (DEMASTES ET AL., 1995).

No estudo no qual foi utilizado o material didático produzido pelo BSCS, *Evolution and Life on Earth*, os resultados apontaram aumento significativo na compreensão do tema. Esse curso muito valorizou os questionamentos e debates a respeito da natureza da Ciência, sendo que as atividades centravam-se na solução de problemas em pequenos grupos e tematização de trechos de filmes. Além disso, o curso teve maior duração do que os outros.

Um dos aspectos centrais para que haja *mudança conceitual* é a oportunidade de interação entre os estudantes e estes com seus professores. O processo de aquisição de conhecimento poderia ser entendido como uma estranha luta entre mestres e aprendizes para compartilhar significados e observações (HEWSON ET AL., 1992). Demastes e colaboradores disseram que a passividade dos estudantes certamente foi uma barreira para o aprendizado dos conceitos científicos. As atividades propostas pelo material do BSCS e o direcionamento das aulas pelos professores, fazendo com que os estudantes discutissem mais os temas, podem ter propiciado melhores oportunidades de aprendizagem.

PROMOVENDO CONFLITOS COGNITIVOS

Outro aspecto importante do *modelo de mudança conceitual* é promoção de *conflitos cognitivos* como alavanca para reestruturação das idéias do indivíduo. Pensando nisso, Jensen e Finley (1995) propuseram a recapitulação de situações conflituosas do passado em atividades didáticas. Assim, seriam recuperados argumentos históricos para “criar os conflitos cognitivos”. Os estudantes tenderiam a se identificar com algumas idéias históricas apresentadas na atividade, pois possuiriam concepções semelhantes a elas. Considerando essa hipótese, os autores amostraram 42 estudantes de um curso introdutório de Biologia e, seguindo a proposta de avaliação concebida por Bishop e Anderson, verificaram se havia mais aprendizado quando essa estratégia de ensino era aplicada.

Uma das condições necessárias para que haja conflito cognitivo é que os estudantes conheçam suas explicações e se sintam insatisfeitos com elas. Dessa maneira, Jensen e colaboradores explicitaram as idéias de Lamarck nas primeiras atividades didáticas, entendendo que assim o estudante estaria tomando contato com suas próprias idéias. A intervenção valorizou inicialmente a generalização do conceito de evolução. O segundo passo foi apresentar os princípios “lamarckianos”, o que significou “ensinar” uma idéia não mais aceita pela comunidade científica: a herança das características adquiridas como mecanismo de mudança evolutiva. Dois exemplos clássicos foram utilizados para explicar esses princípios: a evolução do pescoço das girafas e a herança de braços mais fortes em filhos de ferreiros. Ambos os exemplos serviram para ilustrar como haveria transmissão das características adquiridas durante a vida de um indivíduo para sua prole.

A etapa seguinte consistiu em criar situações que pudessem causar desequilíbrio cognitivo, ou conflito cognitivo, como pressuposto pelo modelo de mudança conceitual. Para tanto os autores apresentaram evidências opostas aos princípios “lamarckianos”. Os exemplos utilizados foram: apresentação dos experimentos feitos com ratos por Weismann e a circuncisão. Em seguida, foi apresentada a teoria evolutiva segundo os pressupostos “darwinianos”, sendo que durante as aulas se ressaltavam as diferenças encontradas entre as duas maneiras de explicar a evolução dos seres vivos. Posteriormente, os estudantes foram convidados a resolver problemas que envolvessem as duas perspectivas, examinando as desvantagens da teoria “lamarckista” e as vantagens da teoria darwiniana (JENSEN E FINLEY, 1995).

Os resultados deste estudo, para os autores, foram encorajadores. Houve um incremento na habilidade dos estudantes de responderem questões sobre a teoria evolutiva. Além disso, os dados indicaram que os estudantes aos quais foram ensinadas as concepções “lamarckianas” não aprenderam a idéia “errada”. “Apenas” 11% das respostas foram piores no pós-teste em relação ao teste inicial. Embora as mudanças observadas tivessem sido consideradas substanciais, os estudantes responderam menos de 50% das questões em termos estritamente darwinianos.

Demastes, Good e Peebles publicaram dois artigos nos quais um mesmo conjunto de dados foi analisado de duas maneiras. Os dados eram compostos pelas transcrições de dezessete entrevistas

realizadas com quatro estudantes do Ensino Médio feitas ao longo do ano letivo. Nessas entrevistas foram utilizados mapas conceituais, figuras, testes escritos e tarefas diversas. As análises focaram duas perspectivas distintas: em uma delas se considerou a influência das “ecologias conceituais” dos aprendizes no processo de mudança conceitual (DEMASTES ET AL., 1995). Em outra se buscou identificar modos de mudança conceitual, ou seja, se ela era gradual ou abrupta etc. (DEMASTES ET AL., 1996).

Nesses estudos, a relação entre a “ecologia conceitual” do aprendiz e o processo de mudança de suas concepções foi investigado com o objetivo de responder a seguinte questão: existe relação entre crença e aprendizado? A ecologia conceitual seria o conjunto de conhecimentos prévios a partir dos quais outros conceitos podem ser assimilados ou acomodados.

Esses conhecimentos foram mapeados nas entrevistas, a partir de questões abertas como, por exemplo, o que você entende por Ciência e por Religião? Você acredita que espécies de seres vivos podem ter se extinguido no passado? Se sim, de que maneira isto teria ocorrido? Isto poderia ter ocorrido com os seres humanos também?

Os autores concluíram que não havia correspondência entre mudança conceitual e modificação de crenças. Um dos estudantes que pessoalmente rejeitava a validade da teoria evolutiva experimentou reestruturação conceitual considerável. Outro estudante que afirmou aceitar a teoria evolutiva não demonstrou compreender os processos evolutivos. A aceitação da teoria evolutiva, neste caso, vinculava-se mais à submissão ao que uma autoridade estava dizendo do que propriamente à reflexão sobre o conteúdo da teoria e reconhecimento de sua validade (DEMASTES, 1995).

Posner e colaboradores (1982) entendiam que a acomodação de novos conceitos eliminaria ou substituiria completamente as explicações até então aceitas. Demastes e colaboradores (1996) mostraram que algumas vezes isto poderia acontecer. Entretanto, a mudança holística não é o único modelo de reorganização dos conceitos. Nussbaum (1989) e Metz (1991) já haviam aventado a possibilidade de construção de concepções competitivas, ou retenção de concepções prévias (CLOUGH E DRIVER, 1986). A presença do modelo de mudanças somáticas implica em entender que o aprendiz está alterando sutilmente suas concepções e que, portanto, a mudança conceitual pode ser lenta e gradual. Isto não

significa que cada estudante possua um modelo específico para reestruturação. Os conceitos podem ser apreendidos na rede por uma grande variedade de modos.

A maior parte das pesquisas realizadas até esse momento se valeram do modelo de mudança conceitual para respaldar a elaboração de seqüências didáticas utilizadas em sala de aula. A crítica que se faz ao modelo diz respeito à racionalidade imbuída nele: o aprendiz deve perceber que sua própria explicação é menos inteligível, plausível e fértil que a explicação científica. Estando insatisfeito, o sujeito aceitaria o conceito ou a teoria científica apresentada na escola, reorganizando sua rede conceitual, ou seja, abandonaria suas explicações cotidianas.

Cobern (1996) criticou o pressuposto do modelo conceitual que é o de considerar as concepções científicas superiores às do sujeito. É como se esse modelo fosse uma mímica estereotipada da pesquisa científica, onde o aprendiz estaria isolado do mundo e sofreria o processo de mudança de suas concepções. Isolado de outros domínios do conhecimento, especialmente aquele vinculado ao cotidiano, e dentro de ambiente também sob controle, a sala de aula, os estudantes sofreriam a intervenção, ou seja, o processo de modificação de suas concepções operado pelo professor. A ocorrência da mudança conceitual necessariamente dependeria de uma ruptura do estudante com sua própria compreensão do mundo.

PENSANDO ALÉM DO MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL

Intensamente os pesquisadores buscam compreender a razão dos estudantes não se apropriarem dos conhecimentos científicos e dificilmente se interessarem pela Ciência. Cobern (1994, 1996) entende que os conceitos científicos muitas vezes são incompatíveis com a “visão de mundo” dos estudantes, os quais criariam compartimentos específicos para armazenar momentaneamente as explicações científicas acessadas em contextos específicos, como exames escolares (“apartheid cognitivo”).

Além disso, o autor enfatiza que deve haver uma reconsideração nos objetivos do ensino de evolução. Compreender a teoria, para ele, seria diferente de apreendê-la. Isto significa que o estudante pode entender o significado dos conceitos evolutivos, mas não

necessariamente tem de apreendê-la, ou seja, substituir sua “visão de mundo”, seus valores e crenças.

É fato que um número significativo de cidadãos rejeita e pouco compreende a teoria da evolução. Rudolph e Stewart (1998) lembraram o célebre título de um artigo de Dobzansky, “nada faz sentido se não for à luz da teoria da evolução”, para justificar a importância da compreensão da teoria da evolução na escola, inclusive para que os estudantes possam relacionar a gama diversa de conceitos da Biologia. Esses autores argumentaram que as “dificuldades dos estudantes” para entender a teoria evolutiva seriam menos desconcertantes caso fossem comparadas à resistência para aceitação das idéias de Darwin oferecida pela comunidade científica.

Uma olhada cuidadosa na recepção da teoria evolutiva no século passado revela interessante paralelo. Dois aspectos do trabalho de Darwin poderiam explicar a resistência encontrada na comunidade de seu tempo, ou pelos estudantes atualmente, para aceitação das explicações evolutivas: o aspecto metafísico e o metodológico.

A explicação concebida por Darwin é naturalista e elimina o agente divino. Essa idéia era contrária à corrente filosófica da época, fundamentalmente essencialista e teleológica. O essencialismo era a crença na existência de tipos discretos que guardam uma essência comum, sendo que os desvios do tipo, ou seja, todas as variações populacionais, eram entendidas como imperfeições. A teologia natural tinha como referência a obra de Paley (1802) na qual a Bíblia fora comparada à natureza, ambas entendidas como produtos das mesmas mãos. As adaptações dos organismos se assemelhavam às criações artísticas, cuja perfeição somente poderia ser entendida como prova da existência do Criador (RUDOLPH E STEWART, 1998).

Outro aspecto do trabalho de Darwin que gerava resistência dizia respeito à metodologia. A concepção de Ciência na comunidade científica daquela época estava impregnada com o paradigma newtoniano, que valoriza demasiadamente as generalizações que podiam ser demonstradas empiricamente, ou aquelas cujas previsões poderiam ser checadas. Muitos pesquisadores na época de Darwin, mesmo entre os adeptos, argumentavam que não havia provas da existência de mudanças que introduziriam novas características nas gerações.

Rudolph e Stewart dizem que, para transpormos os obstáculos do ensino de evolução, é fundamental reconceituarmos o que

entendemos por Ciência. Os autores criticam a visão de Ciência retratada em materiais curriculares com fins didáticos que estereotipam a prática do cientista e valorizam demasiadamente o emprego de demonstrações ou manipulações de aparelhos para confirmar as asserções científicas. Não se revela, em nenhum momento nessas atividades, a diversidade de métodos empregados na Ciência.

As concepções filosóficas teleológicas e essencialistas que estiveram presentes na cultura ocidental no século passado e atualmente; além do egocentrismo e antropocentrismo exacerbados, fazem parte do universo conceitual dos estudantes que tendem a imbuir os organismos vivos de necessidades e desejos. Estudantes que retêm noções essencialistas irão inevitavelmente explicar as mudanças orgânicas relacionando-as ao uso/desuso, necessidades, direção e perfeição. Se todos os indivíduos de uma população são vistos como “iguais”, então não há onde a seleção atuar. As barreiras para compreensão da teoria evolutiva estão atreladas ao contexto no qual os estudantes vivem, às suas explicações metafísicas e concepções históricas que subsistem no universo cotidiano.

Rudolph e Stewart criticam o modelo de mudança conceitual por seu empirismo – ainda que relacionado à pesquisa educacional, sugerindo que o ensino de ciências deve considerar discussões metodológicas e o reconhecimento da natureza social da investigação científica. Também criticam a forma como o conhecimento científico tem sido tratado em sala de aula, comparando-o à retórica das conclusões. O conhecimento científico deve ser visto como resultado de um processo ativo e não como corpo de pensamentos estáticos.

DELINEANDO O OBJETIVO DESTA PESQUISA

Alguns pesquisadores argumentam que as respostas para compreensão dos problemas relacionados ao ensino não se limitam ao contexto escolar. Contudo, outros apontam a necessidade de se estudar momentos de aprendizagem e documentá-los para que se realizem reflexões indicativas de novos questionamentos, e sirvam, portanto, para a construção de generalizações sobre a didática das ciências (DUSHL, 1994; ALEIXANDRE E GAYOSO, 1997; ROMERO AYALA, 1998).

Considerando o panorama exposto a partir de alguns exemplos de investigações no campo educacional, podemos afirmar que, quando o tema desta pesquisa foi escolhido, eram bastante conhecidas

as concepções dos estudantes sobre evolução e já se sabia que elas tendiam a se conservar mesmo após um período de aprendizagem desse conteúdo na escola. Entretanto, os relatos na literatura pareciam listagens de “sintomas”, descrições do que os estudantes pensavam antes e após a “operação”. Mas o que aconteceria no transcorrer da “operação”?

Propusemo-nos, então, a investigar momentos de ensino e aprendizagem. Com essa finalidade, buscamos revelar as concepções prévias dos estudantes e apontar alterações nessas idéias, mesmo as mais sutis, decorrentes desse processo. Para tanto, foi elaborado um conjunto de atividades sobre evolução e documentadas as idéias dos estudantes pré e posteriormente às aulas. Consideramos que o registro completo da intervenção foi o passo mais importante para se entender o que acontece com os conceitos mais organizadores da teoria evolutiva no cotidiano da sala de aula.

Finalmente, emprestamos as palavras de Mortimer (1994) para justificar a escolha da sala de aula como cenário de pesquisa:

a cultura de sala de aula é nossa própria cultura, é a razão e finalidade de todo nosso trabalho profissional. Nosso engajamento no trabalho de sala de aula não é fruto de uma decisão metodológica e, sim, algo inerente à nossa atividade de pesquisa. A sala de aula é nosso próprio universo no qual nos engajamos temporariamente como pesquisadores.

CAPÍTULO II

A SELEÇÃO DE CONTEÚDOS E ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS