

Análise do desenvolvimento de conceitos científicos sobre a Teoria da Evolução das Espécies: uma perspectiva *Vygotskiana*¹

*Douglas Verrangia Correa da Silva**

Resumo: Este artigo descreve uma investigação finalizada, em nível de mestrado, em que foi analisado o desenvolvimento de conceitos científicos de alunos participantes de uma intervenção de ensino sobre a temática “Evolução das Espécies”, que, de forma articulada, visou estimular o raciocínio dos alunos e interferir em suas idéias, além de ser apoiada por um instrumento de ensino. Baseando-nos na perspectiva de Vygotski sobre o desenvolvimento dos conceitos científicos e cotidianos pelo indivíduo, pudemos caracterizar o desenvolvimento conceitual dos participantes durante a intervenção. Foi possível concluir que a aprendizagem de conceitos científicos pode ser analisada do ponto de vista do desenvolvimento conceitual, com contribuições importantes para a prática docente relacionada ao ensino de Ciências, no sentido de favorecer de forma significativa a aprendizagem dos estudantes. Essa análise também fornece subsídios para a compreensão das dificuldades de aprendizagem de conceitos científicos apresentadas por estudantes.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Vygotski. Conceitos científicos. Evolução das espécies.

¹ Esta pesquisa de mestrado foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de São Carlos, sob orientação das professoras Dra. Itacy Salgado Basso e Dra. Ana Luiza R. V. Perdigão, defendida em março de 2004 e disponível para download em: <http://www.bdttd.ufscar.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=297>.

* Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação, área de Metodologia de Ensino, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail: verrangi@yahoo.com.br

Analysis of the development of scientific concepts related to the evolution of species theory: A vygotskian perspective

Abstract: In this article is described a finished investigation, a Master in Education, in which it was analyzed the development of scientific concepts of students engaged in a teaching intervention about the “Evolution of the species”. The activity had as main characteristics its structure, formulated in a way that aimed on stimulating students reasoning and interfering in one’s conception and it was also supported by a teaching instrument. In agree with the of Vygotski’s theory, we characterized the student’s conceptual development. We were able to conclude that the consideration of Vygotski’s theory on the teaching practice related to science concepts can offer a huge advancement, offering teaching procedures favorable to a significant learning. This analysis also supplies subsidies to understand the difficulties on scientific concepts learning presented by students.

Key words: Science teaching. Vygotski. Scientific concepts. Evolution of the species.

Introdução

O estudo aqui descrito teve como objetivo analisar o desenvolvimento conceitual de alunos/as, relacionado à temática “evolução das espécies”, a partir da interação com condições de ensino especialmente planejadas para esta finalidade e com as variáveis surgidas na dinâmica do processo, relacionadas às compreensões do professor sobre o mesmo e às suas conseqüentes intervenções.

Desta forma, dedicamo-nos a pesquisar o ensino e a aprendizagem da teoria da evolução das espécies no contexto de uma intervenção, preocupados com um aspecto muito relevante da problemática relacionada a este conjunto de conhecimentos: as dificuldades, apresentadas por estudantes, de aprendizagem dos conceitos centrais dessa temática e formas de superação destas dificuldades. Trabalhos de pesquisa, como os de Ault Jr. et al. (1984), Brumby (1984), Lawson e Thompson (1988), Bishop e Anderson (1985, 1990), Lawson e Weser (1990), Demastes et al. (1995, 1996), Bizzo (1996), Ferrari e Chi (1998), entre outros, têm demonstrado

que estudantes, mesmo tendo se submetido por vários meses (e anos) ao ensino formal desse conteúdo, mantêm ou desenvolvem idéias divergentes do conhecimento científico.

Bishop e Anderson (1990) desenvolveram uma extensa pesquisa que se tornou *referência* (como afirmam Ferrari e Chi, 1998) para muitos trabalhos dedicados ao estudo da aprendizagem de estudantes sobre a teoria da evolução das espécies. Os autores tiveram como objetivos: a) descrever as concepções de estudantes de nível superior sobre o mecanismo da seleção natural e os fatores responsáveis pela mudança evolutiva; b) avaliar os efeitos da instrução nas concepções dos estudantes (instrução desenvolvida no curso secundário e em aulas de biologia cursadas na faculdade); e c) determinar se as concepções sobre a seleção natural estão associadas com o fato de esses estudantes acreditarem na teoria da evolução como um fato histórico (BISHOP; ANDERSON, 1990, p. 416). Após uma análise que envolveu a relação entre procedimentos qualitativos e quantitativos, os autores chegaram à conclusão de que a maioria dos estudantes que iniciava o curso acreditava possuir um entendimento básico (p. 420) sobre o processo evolutivo por meio da seleção natural. Mas, este entendimento mostrou-se significativamente diferente do conhecimento aceito como científico. Após uma identificação inicial das idéias dos/as estudantes, foram desenvolvidos materiais específicos, palestras, atividades de laboratório e conjuntos de situações-problema que os estudantes resolviam em discussões em pequenos grupos. Após o curso, os autores chegaram às seguintes conclusões:

- a) os conceitos envolvidos no processo de evolução são muito mais difíceis de compreender do que a maioria dos biólogos imagina; b) é possível alterar as concepções dos estudantes, contanto que elas sejam levadas em consideração no planejamento do trabalho pedagógico (p. 431).

Mesmo os métodos e materiais utilizados, revistos e aprimorados especificamente para o grupo de estudantes considerados, não foram

suficientes para ajudar um número considerável de estudantes (50 a 60%) a modificar suas idéias.

No Brasil, Bizzo (1996) desenvolveu uma pesquisa também extensa na qual analisa o ensino e a aprendizagem da teoria da evolução das espécies. Foram estudadas as propostas curriculares de 18 estados brasileiros e do Distrito Federal, livros didáticos utilizados pelas escolas participantes da pesquisa e recomendados por professores destas, entrevistas e questionários que visaram levantar as concepções de estudantes sobre o processo evolutivo e sobre a figura de Charles Darwin. Foram entrevistados e responderam um questionário alunos de “uma escola particular de elite e duas escolas públicas” (p. 195) que já haviam se submetido ao ensino formal da teoria da evolução das espécies. Após as entrevistas, o pesquisador constata que “apesar de sua diversidade de formação, perfil socioeconômico, cultural, religioso, etc. [os alunos] apresentaram algumas concepções muito parecidas” (p. 195) e “O que há de surpreendente é a equidistância que guardam das concepções consideradas válidas no contexto científico da atualidade” (p. 195). Analisando as respostas ao questionário, que foi respondido por 192 estudantes, foi constatado em “um conjunto ampliado de estudantes” (p. 216), que as conclusões a que tinham chegado a partir das entrevistas se mantinham válidas. Os resultados da pesquisa citada, apresentados aqui de forma muito sucinta, são convergentes com os encontrados por Bishop e Anderson (1990) no que concerne às idéias dos estudantes, majoritariamente divergentes do conhecimento científico. Bizzo (1996) aponta para falhas nos materiais didáticos e nos parâmetros curriculares, que, segundo o autor, podem favorecer a manutenção das divergências entre o conhecimento dos alunos e o científico. Há outros trabalhos dedicados à mesma temática dos citados anteriormente, dos quais gostaríamos de destacar: Demastes et al. (1996) e Lawson e Thompson (1988).

É importante apontar, então, que este estudo encontra-se inserido na temática da aprendizagem de conceitos científicos e que a análise desenvolvida está baseada em concepções teóricas, ligadas

basicamente à teoria do desenvolvimento dos conceitos de Vygotski, abordagem na qual poucos trabalhos sobre o ensino de ciências têm se amparado.

Referências teóricas

Apresentamos aqui parte das referências teóricas em que nos pautamos, a fim de possibilitar uma melhor compreensão da reflexão exposta.

A partir dos resultados de uma série de pesquisas, Vygotski (1993) categoriza os conceitos como cotidianos e científicos. Segundo o autor, a formação de conceitos pelas crianças está relacionada diretamente à natureza destes, sendo o processo de formação diferente em função da natureza do conceito. Com relação aos conceitos cotidianos (“espontâneos”), o autor explica que:

A aparição inicial do conceito espontâneo está ligada ao enfrentamento da criança com uma ou outras coisas, em verdade, com coisas que explicam ao mesmo tempo os adultos, mas que, entretanto, são coisas vivas e reais. E somente através de um prolongado desenvolvimento a criança chega a tomar consciência do objeto, a tomar consciência do conceito e das operações abstratas que realiza com ele (p. 252-253).

Vemos, então, que Vygotski relaciona os conceitos cotidianos às coisas “vivas” e “reais”, às quais a criança se relaciona e com as quais tem experiências empíricas, sensoriais. Essas experiências empíricas proporcionam uma visão sobre os fenômenos, que, segundo o autor, pode se desenvolver, pois:

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos começa na esfera do concreto e do empírico e se move em direção às propriedades superiores dos conceitos: o caráter consciente e a voluntariedade (p. 254).

Os conceitos cotidianos podem se desenvolver e passar a ter um caráter mais voluntário e consciente, deixando de estar

relacionados tão estreitamente “à coisa”, “ao objeto” e passando a um conhecimento mais abstrato, mais geral. Esses conceitos desenvolvem-se por meio de um processo indutivo, pela generalização a partir do conhecimento sensorial de objetos particulares.

Com relação aos conceitos científicos, o autor afirma que “o nascimento do conceito científico não se inicia com o enfrentamento direto com as coisas, senão com a atitude mediatizada até o objeto” (p. 253). Desta maneira, os conceitos científicos têm desenvolvimento diferente dos cotidianos. Eles nascem de um plano abstrato, mediatizado por outros conceitos, até o objeto do conhecimento. Os conceitos científicos apresentam um desenvolvimento no sentido inverso dos espontâneos:

Podemos dizer que a força dos conceitos científicos se manifesta em uma esfera que está por completo determinada pelas propriedades superiores dos conceitos: o carácter consciente e a voluntariedade (p. 254).

Segundo Vygotski (1993, p. 259), o desenvolvimento dos conceitos científicos está mediado por outros conceitos, formados com anterioridade e, diferentemente dos cotidianos, não vinculados ao seu objeto diretamente. Para o autor: “o problema do sistema é o ponto central de toda a história do desenvolvimento dos conceitos genuínos na infância” (p. 259). Um sistema de significados surge junto com o desenvolvimento dos conceitos científicos e exerce uma ação transformadora nos conceitos cotidianos. O sistema de significados formado por conceitos científicos genuínos – de elevado grau de consciência e voluntariedade – é a estrutura cognitiva que permite aplicabilidade destes conceitos científicos e elevação a um nível superior daqueles conceitos cotidianos já existentes.

Referindo-se à questão do “sistema”, o autor apresenta o que denominou “tecido conceitual”. Este “tecido conceitual” seria uma rede de conceitos que estão em conexão e que, graças a isto, em fases superiores do desenvolvimento “[...] qualquer conceito pode ser designado com ajuda de outros conceitos mediante uma quantidade

inumerável de procedimentos” (p. 262). A rede descrita pelo autor poderia ser explicada por uma analogia com a esfera terrestre. Cada intersecção entre meridianos e paralelos, cada ponto, representaria um conceito. Podemos compreender a longitude do conceito como “[...] o lugar que ocupa entre os pólos extremos do pensamento visual e abstrato” (p. 264). Já a latitude do conceito caracterizará “o lugar ocupado por este entre outros conceitos de igual longitude, mas que se referem a outros pontos da realidade”.

Neste contexto teórico, entende-se que as relações estabelecidas entre conceitos – formados, por sua vez, por outros conceitos subordinados – estão intimamente vinculadas com o desenvolvimento desses. Se admitirmos que o sujeito encontra-se, segundo a caracterização de Vygotski, na fase conceitual, parte das relações será refletida no que o autor denominou “medida de comunalidade”. A medida de comunalidade seria o “[...] lugar do conceito dentro do sistema de todos os conceitos, determinado pela sua longitude e latitude, [...] este núcleo contido na interpretação de suas relações com outros conceitos”. Então, entendemos que a aprendizagem de conceitos, à qual aqui nos referimos somente como aprendizagem, como o estabelecimento de relações entre novas informações e aquele conjunto de noções, idéias e conceitos já estabelecidos. Também o estabelecimento de novas relações entre informações já disponíveis no tecido conceitual, formando novas possibilidades de pensamento (PETROVSKI, 1980). Esse autor, cujas bases teórico-metodológicas dialogam com as de Vygotski, considera o pensamento como o produto superior do cérebro, conceituado como:

El pensamiento es el proceso psíquico socialmente condicionado de búsqueda y descubrimientos de lo esencialmente nuevo y está indisolublemente ligado al lenguaje. El pensamiento surge del conocimiento sensorial sobre la base de la actividad práctica y lo excede ampliamente (p. 292).

Petrovski (1980) afirma também que o pensamento é um processo ativo de reflexão do mundo objetivo em conceitos, juízos,

teorias etc. Para o autor o processo de pensamento “es ante todo análisis, síntesis y generalización” (p. 302), conceitos que não aprofundaremos neste referencial, mas que discutimos detidamente em Silva (2004).

Em consonância com o referencial adotado, entendemos que as aprendizagens possibilitam o processo ativo de reflexão sobre o mundo. Referindo-nos especificamente à aprendizagem de conceitos na teoria de Vygotski, cada nova aprendizagem: pode reforçar o sentido de um conjunto de relações já estabelecidas; pode não interferir em um conjunto significativo de relações que formam um sentido; e, por fim, pode transformar totalmente o sentido de relações já estabelecidas. Desta forma, a aprendizagem refere-se, em muitos casos, a transformações na “medida de comunalidade” de conceitos já estabelecidos, assim como a criação de novas relações e, portanto, uma nova medida de comunalidade. Desta forma, a aprendizagem de novos conceitos requer reorganização do *tecido conceitual*.

Isto é, a aprendizagem concreta de determinado conceito é gerada no estabelecimento de relações entre este e outros conceitos ou idéias pré-existentes, transformando-os. Sendo assim, o processo de desenvolvimento conceitual supõe transformações nas relações estabelecidas entre conceitos e idéias novos e pré-existentes. O estágio deste processo pode ser identificado pela análise da interação entre a estrutura de generalização do conceito (consciência sobre sua definição) e a conexão com a realidade, o grau de aplicabilidade do conceito.

Procuramos, de forma mais sintética possível, apresentar elementos centrais das referências teórico-metodológicas adotadas no estudo, e, a seguir, apresentamos os procedimentos metodológicos da pesquisa e os resultados e discussões a que chegamos com ela.

Procedimentos metodológicos

De forma geral, a metodologia adotada nesta pesquisa foi pautada no objetivo de analisar o desenvolvimento conceitual de alunos a partir da interação com condições de ensino especialmente planejadas para esta finalidade e com as variáveis surgidas na dinâmica

do processo. Para tanto, optamos por desenvolver a pesquisa sobre uma intervenção de ensino, na qual foram obtidos os dados analisados. Descrevemos essa intervenção de forma sucinta a seguir.

A intervenção

Participaram da intervenção de ensino analisada neste estudo, além do pesquisador, que atuou como professor, 16 estudantes que ou cursavam o 3º ano do ensino médio ou haviam completado o mesmo, sendo todos/as alunos/as de um curso pré-vestibular popular, o projeto de extensão Curso Pré-Vestibular da UFSCar.²

O curso teve um total de 15 aulas, distribuídas em três etapas, nas quais tentamos garantir a realização de uma variedade de atividades, por meio da combinação entre diferentes conteúdos conceituais e tipos de atividades que procuraram propiciar operações de pensamento (RATHS et al., 1977). Os conteúdos conceituais abordados foram variação intra-específica; hereditariedade de certas características; taxa diferencial de sobrevivência (adaptação local); taxa diferencial de reprodução; acumulação de variações através das gerações. Já as atividades, relacionadas às operações de pensamento, envolveram: observação/descrição; comparação; classificação; codificação; realização de resumo; aplicação de fatos e princípios a novas situações; interpretação; formulação de suposições; criação de hipóteses; conceituação/definição e planejamento de pequenos projetos ou pesquisas.

Na etapa Avaliação Diagnóstica, objetivamos conhecer as idéias dos participantes sobre a temática abordada no curso. Portanto, foram realizadas atividades nas quais os alunos tiveram de explicitar suas idéias e realizar operações de pensamento, de forma articulada. Já na etapa Desenvolvimento realizaram-se atividades nas quais, de forma integrada, foram efetivamente abordados os conteúdos conceituais

² O Curso Pré-Vestibular da UFSCar (CPV UFSCar) é um projeto de extensão da Universidade Federal de São Carlos do qual participam um grande número de membros da comunidade acadêmica e da comunidade da cidade de São Carlos - SP e região, incluindo o pesquisador que, a época da pesquisa, atuava como professor do mesmo.

mencionados anteriormente por meio de atividades que visavam propiciar operações de pensamento. As atividades desenvolvidas foram diversificadas e envolveram aulas expositivo-participativas, assistir vídeo, visitar um museu de paleontologia, resolução de questões em grupo e individualmente, e, principalmente, atividades com um instrumento de ensino, detalhadamente descrito em Silva (2004) e Silva e Ribeiro (2001). A sistemática de elaboração das atividades pode ser descrita, de forma geral, da seguinte maneira: consideração da análise prévia (realizada na Avaliação Diagnóstica) sobre as idéias dos alunos a respeito de cada um dos conteúdos conceituais mencionados; articulação das atividades envolvendo operações de pensamento pré-definidas e dos conteúdos sobre a temática abordada na proposição de procedimentos a serem realizados pelos alunos; utilização do instrumento como um dos elementos centrais das atividades propostas. Na etapa final, Avaliação da Aprendizagem, procuramos conhecer a aprendizagem conceitual dos participantes ao final da intervenção, o estágio de desenvolvimento dos conceitos. Para tanto, foram desenvolvidas, como na etapa inicial, atividades dirigidas a explicitar tais conceitos, por meio de situações que solicitavam estabelecimento de relações entre conceitos em uma série de contextos, envolvendo o instrumento de ensino, respostas a um questionário, discussões e outros trabalhos em grupo.

A Pesquisa

Foram considerados participantes da pesquisa dois estudantes que participaram da intervenção de ensino mencionada, Fábio e Vanessa.³ A decisão de analisar os dados destes dois estudantes

³ Os nomes dos/as participantes são fictícios. Ambos os participantes da pesquisa apresentavam características socioeconômicas muito parecidas com a média dos alunos ingressantes no CPV UFSCar no ano de 2002, classe média baixa (D). Os dois realizaram toda sua escolarização em escolas públicas da cidade de São Carlos. Fábio, 22 anos, havia completado o ensino médio três anos antes e auto declarou-se branco em questionário socioeconômico e Vanessa, 16 anos, cursava o ensino médio juntamente às atividades do CPV UFSCar, e declarou-se parda.

baseou-se no critério de frequência ao curso, ambos foram os que tiveram maior frequência, o que possibilitou uma análise processual mais completa, com poucas lacunas de registros. A pesquisa foi realizada na perspectiva de compreender os processos e produtos da aprendizagem desses participantes ao longo das três etapas da intervenção. Para tanto, foram definidas categorias de análise relativas ao desenvolvimento conceitual dos participantes da pesquisa sobre um aspecto central da teoria evolutiva: a variabilidade intra-específica. A essas categorias de análise procuramos relacionar dados sobre as condições oferecidas pelas intervenções do professor/pesquisador e a participação de um instrumento de ensino no processo de aprendizagem.⁴

A coleta de dados foi distribuída durante as três etapas da intervenção: início do curso, antes do desenvolvimento de atividades de ensino (etapa de Avaliação Diagnóstica), durante o curso (etapa de Desenvolvimento) e ao seu final (etapa de Avaliação de Aprendizagem). Foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta: anotações de observações durante as aulas (e após o término das mesmas); produtos escritos pelos/as alunos/as, gerados em atividades realizadas em aula; gravações em vídeo de aulas.

Os dados sofreram uma sistematização inicial após o final da intervenção, que consistiu em uma organização geral por etapa do processo de ensino a que estavam relacionados (Diagnóstico Inicial, Desenvolvimento e Diagnóstico Final) e reunião/agrupamento dos registros escritos pelos alunos e gravações de aula, realizados em cada uma destas etapas.

Após esta primeira organização, realizamos a efetiva sistematização dos dados, em categorias relacionadas aos conceitos

⁴ Trabalhos como Ferreira et al. (2000) e França e Martins (2000) apontam para a importância da utilização de jogos no ensino de conceitos das Ciências Biológicas e, inclusive, na formação de professores, principalmente por sua relação com o estabelecimento e cumprimento de regras. Em nossa pesquisa essa importância se concretizou, mas, devido às limitações de espaço, decidimos sintetizar as relações entre desenvolvimento conceitual e o instrumento de ensino em outro texto, em produção

analisados. Assim, para os dados obtidos em cada uma das etapas, foram destacados e agrupados todos os registros que continham elementos considerados como indicadores da categoria principal de análise: as idéias dos/as participantes sobre a variabilidade intra-específica e seu papel no processo evolutivo, cujas categorias encontradas foram: presença de diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo (espécie); conceito de espécie; geração da variação é aleatória; relação entre variação e mutação; princípio da herança dos caracteres; relação entre variação e adaptação; relação entre variação e ambiente e relação entre variação e processo evolutivo. Também foram destacados dados sobre as condições criadas pelas intervenções do professor e sobre a participação do instrumento de ensino no desenvolvimento da estratégia.

Finalmente, estabelecemos relações entre as análises realizadas em cada etapa para cada uma das categorias citadas para cada participante, procurando apontar possíveis indicadores de desenvolvimento conceitual ocorrido e relacioná-los às condições de ensino propiciadas, em base ao referencial teórico adotado.

Para facilitar a compreensão dos resultados e discussões a que chegamos, apresentamos um quadro com exemplos de análises empreendidas durante a pesquisa. São excertos relativos a algumas das categorias estudadas, de dois dos participantes da intervenção e pesquisa. Apresentamos exemplos de análises sobre três tipos distintos de desenvolvimento estudados: de idéias ou noções (ex.: diferenças entre indivíduos de um grupo); de conceitos (ex.: espécie) e de relações entre conceitos (ex.: variação e adaptação), que foram analisados também de forma independente. A análise minuciosa de todos os aspectos considerados na pesquisa, aqui apenas mencionados, pode ser encontrada em Silva (2004).

(continua)

| Etapa 1 - Avaliação Diagnóstica | Etapa 2 - Desenvolvimento | Etapa Final – Avaliação da aprendizagem |
|---|--|--|
| IDÉIA: Diferenças entre indivíduos de um grupo | | |
| Análise Identificava a existência de diferenças físicas entre indivíduos de um mesmo grupo, como tamanho, cor de olhos, diferenças com relação à pelagem, etc. | Identificava a existência de diferenças físicas entre os indivíduos de um grupo, entretanto, apresenta diferenças com relação à etapa anterior, em relação ao surgimento das características, sua determinação e transmissão. Início da utilização do conceito de espécie e variação intra-específica. | Possível desenvolvimento de idéias convergentes com o conhecimento científico a partir da idéia de diferenças entre indivíduos e sua natureza para o conceito de variabilidade intra-específica e seu papel no processo evolutivo. |
| Exemplo de dados “Mesmo tendo características diferentes o Tupec e o Iscam Nam não deixam de serem o que é, pois somente algumas ‘coisas’ são mudadas para que suas sobrevivência possam ser garantidas e eles consigam adaptar-se ao meio em que vivem, conseguindo assim algumas melhorias”. | “Espécie é um grupo de indivíduos cujas características são semelhantes entre eles e que quando se cruzam na natureza produzem descendentes férteis”. | |

Quadro 1 – Exemplo de dados e análises sobre o desenvolvimento das idéias da participante Vanessa sobre as diferenças entre indivíduos de um grupo e do conceito de espécie.

| CONCEITO: Espécie | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| Análise | A palavra “espécie” foi utilizada em apenas uma situação, estimulada, de forma não convergente ao conceito científico, o que corroborou a análise de que esta não tinha um conceito científico de espécie desenvolvido. | Utilização mais freqüente da palavra espécie, algumas vezes de forma convergente com o conceito científico e em outras não, relacionando-o a indivíduos de uma espécie que se diferenciam por algumas características (subpopulações). | Aumento do uso da palavra espécie de forma convergente ao conceito científico, mas ainda com estreita relação ao conceito de subpopulação. |
| Exemplo de dados | “Como o fato de seguirem em direção a cidades iluminadas ao invés do mar é algo prejudicial à espécie, pois vários indivíduos acabam morrendo, talvez daqui a alguns anos elas desenvolvam uma outra maneira de orientação”. | “Espécie é um grupo de indivíduos cujas características são semelhantes entre eles e que quando se cruzam na natureza produzem descendentes férteis”. “A grande variedade de espécies foi importante porque cada espécie possuía características específicas para a sua sobrevivência”. “[...] as mutações ocorridas em cada uma das populações acabam dando origem a organismos tão diferentes, que surgem novas espécies. Isso ocorre devido ao fato dessas populações não se cruzarem e logicamente não originarem descendentes”. | “A seleção natural é o processo pelo qual a espécie se adapta ao ambiente garantindo assim sua sobrevivência”. “No instrumento isto é mostrado através da diminuição ou desaparecimento de uma espécie anterior a uma outra, cuja a adaptação tornou-se difícil devido as mudanças ambientais”. Em que as chamadas espécies são subpopulação utilizadas no instrumento de ensino. “Mesmo que essas plantas mudem de ambiente com muitos parasitas elas não evoluíram, pois todas elas são idênticas. Não há diversidade de espécies [...]” |

Quadro 1 – Exemplo de dados e análises sobre o desenvolvimento das idéias da participante Vanessa sobre as diferenças entre indivíduos de um grupo e do conceito de espécie.

| | Etapa 1 - Avaliação Diagnóstica | Etapa 2 - Desenvolvimento | Etapa Final – Avaliação da aprendizagem |
|--|---|---|---|
| RELAÇÕES entre os conceitos de Variação e Adaptação | | | |
| Análise | Relacionava diferenças entre indivíduos de determinado grupo e sua adaptação, relação permeada pela idéia de que as diferentes características são adquiridas para possibilitar sobrevivência e adaptação. Caráter de intencionalidade no surgimento das características, convergente com uma visão lamarckista do processo. Entendimento de adaptação como uma transformação, de características já existentes em outras “melhores” para o ambiente. | Diminuição no uso da palavra adaptação e estabelecimento de relação entre adaptação e tamanho populacional, além de identificação de que em grandes populações há maior possibilidade de surgimento de características, isto é, de variação, que possibilitariam adaptação. | Estabelecimento de relação direta entre a diversidade de características e adaptação, em que a diversidade indica possibilidade de adaptação. Forte convergência entre as idéias da participante e o conhecimento científico. |
| Exemplo de dados | “[...] os espinhos tornaram-se pêlos e para conseguir mais alimento as patas desenvolveram nadadeiras”. “[...] elas então serão ‘obrigadas’ a tornarem-se adaptadas ao meio para garantir sua sobrevivência”. | “Quando a população era +++++ as chances de sobreviventes foram maiores, já que a população também é grande houve uma maior adaptação no ambiente”. “Antes dos mamíferos, o domínio terrestre pertencia aos dinossauros. Após sua extinção houve um aumento populacional dos mamíferos que se adaptaram e conseguiram seu domínio”. | “Quanto mais diferenças [entre os indivíduos de uma população] melhor para sobreviverem, para alguns poderem se adaptar”. “[...] Aleatoriamente foram surgindo mutações que favoreceram sua adaptação e sobrevivência ao ambiente”. “Com a diversidade da espécie, as características são diversas, o que possibilita a adaptação de alguns indivíduos que possam sobreviver às mudanças ambientais”. |

Quadro 2 - Exemplo de dados e análises sobre o desenvolvimento das relações estabelecidas pela participante Vanessa entre os conceitos de variação e adaptação.

(continua)

| | Etapa 1 - Avaliação Diagnóstica | Etapa 2 - Desenvolvimento | Etapa Final – Avaliação da aprendizagem |
|---|--|---|---|
| IDÉIA: Diferenças entre indivíduos de um grupo | | | |
| Análise | Identificava diferenças entre indivíduos de um mesmo grupo e relacionava características comuns à ancestralidade e diferentes à aquisição ao longo do tempo. | Identificava a presença de diferenças entre indivíduos de uma espécie, como tamanho, cor dos olhos, da pelagem etc., passando a relacionar estas diferenças ao conceito de espécie, entre outros. | Identificava a existência de diferenças entre indivíduos de uma espécie e foi possível confirmar suas idéias a respeito da importância das diferenças na formação de novas espécies e na sobrevivência e adaptação em determinado ambiente. |
| Exemplo de dados | “Provavelmente porque eles descenderam de um mesmo indivíduo e com o passar do tempo foram adquirindo características diferentes. Elas podem surgir para uma melhor adaptação em diferentes ambientes ou por acaso”. | “Através da reprodução, surgiam indivíduos com características diferentes, selecionados pelo ambiente resultando em várias e diferentes espécies”. | |

Quadro 3 - Exemplo de dados e análises sobre o desenvolvimento das idéias do participante Fábio sobre as diferenças entre indivíduos de um grupo e do conceito de espécie.

(conclusão)

| CONCEITO: Espécie | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| Análise | Utilizou a palavra “espécie” em duas situações, com sentido de grupos e relacionada à produção de descendentes férteis. | Utilizou a palavra “espécie” em três situações requeridas pelas atividades, sendo que todas as utilizações foram convergentes com o conceito científico. Mas, com ênfase às grandes diferenças, que possibilitariam formação de novas espécies. | Espécie é um grupo de indivíduos com características semelhantes e que, adquirindo características diferentes, pode dar origem a outro grupo, uma nova espécie. Nesse grupo podem surgir diferentes características e isto modifica a possibilidade de sobrevivência dos indivíduos. |
| Exemplo de dados | “As chitas evoluíram cada vez mais com o passar do tempo para se adaptar ao ambiente, para se alimentar e perpetuar a espécie”. “Sim, pois ao longo de milhares de anos as tartarugas poderão nascer sem o gene desta doença, constituindo uma evolução na espécie”. | “Espécie: é um grupo de indivíduos com características e hábitos semelhantes capazes de produzirem descendentes férteis e que interagem em um determinado ambiente”. “Especiação é a divisão de uma população em duas ou mais que, vivendo em ambientes diferentes, darão origem a indivíduos com características novas até um momento em que se tornarão espécies totalmente diferentes que não cruzarão ou cruzarão dando origem a descendentes estéreis”. | “Seleção natural são as características novas que surgem em uma determinada espécie fazendo com que ela se adapte ou não ao ambiente e, sendo assim, selecionado.” “surgirem características novas na espécie e depois de um longo período poderão surgir espécies diferentes”. |

Quadro 3 - Exemplo de dados e análises sobre o desenvolvimento das idéias do participante Fábio sobre as diferenças entre indivíduos de um grupo e do conceito de espécie.

| | Etapa 1 - Avaliação Diagnóstica | Etapa 2 - Desenvolvimento | Etapa Final – Avaliação da aprendizagem |
|--|--|--|--|
| RELAÇÕES entre os conceitos de Variação e Adaptação | | | |
| Análise | Expressou muitas vezes, de forma espontânea, a palavra “adaptação”, relacionando-a a diversidade de características. Surgimento das características que favoreceriam a adaptação está ligado a um certo direcionamento pelo ambiente, <i>para</i> possibilitar adaptação. Convivência de idéias lamareckistas e outras mais convergentes com conceitos científicos, em desenvolvimento iniciado anteriormente à intervenção. | Presença de certas características possibilita chance de adaptação dos indivíduos em dado ambiente. A diversidade de características é vista como possibilidade de adaptação e não como mudanças <i>para</i> a adaptação, visão expressa pelo participante no início da intervenção. | A diversidade (variação) possibilita adaptação e também pode dar origem a novas espécies. Relaciona o papel da variação intra-específica no processo evolutivo, sendo que diferentes características possibilitam adaptação em dado ambiente. |
| Exemplo de dados | “Adquirindo características em sua evolução cujo seus antepassados não possuíam, que os ajudam a se adaptar ao ambiente, viver por um tempo maior e produzir descendentes férteis. Ex.: Chita, o Bagre-cego”. “Essa capacidade de manter-se sem subir para pegar ar aumentará até chegar um momento em que a tartaruga não precise de oxigênio, por adaptação ao ambiente marinho”. | “Sucesso: Os indivíduos nasceram com características que permitiram sua adaptação ao ambiente aquático. Fracasso: Devido a mudança do ambiente terrestre para o aquático, os indivíduos que possuíam características terrestres acabaram se extinguindo por não conseguirem se adaptar”. Sobre a importância da variedade de espécies de dinossauros expressou: “Uma maior chance de adaptação e reprodução no ambiente”. E sobre a relação entre a variedade de mamíferos e o domínio, atual, por estes de quase todos os ambientes escreveu: “A propícia adaptação dos mamíferos nos respectivos ambientes”. | Sobre a importância da variabilidade intra-específica, afirmou: “Uma maior chance de adaptação em um ambiente, se reproduzir e a cada reprodução a probabilidade de surgirem características novas na espécie e depois de um longo período poderão surgir espécies diferentes”. “Quanto mais características novas mais chance de se adaptar ao ambiente”. |

Quadro 4 - Exemplos de dados e análises sobre o desenvolvimento das relações estabelecidas pelo participante Fábio entre os conceitos de variação e adaptação.

Resultados e discussão

A partir das análises empreendidas, foi possível identificar que, durante a intervenção de ensino, houve desenvolvimento conceitual tanto de Vanessa quanto de Fábio. É necessário destacar, entretanto, que em algumas situações apenas pudemos formular hipóteses sobre as relações estabelecidas pelos estudantes, devido ao fato de que os dados coletados eram insuficientes para um esclarecimento pleno das idéias dos participantes. Mesmo assim, foi possível estabelecer muitas relações entre os dados coletados e as referências teórico-metodológicas adotadas, relações que apresentamos a seguir.

Vygotski (1993) escreveu que os conceitos científicos, em oposição aos cotidianos, manifestam sua força em uma esfera determinada pelas propriedades superiores dos conceitos: voluntariedade e consciência. Segundo o autor, conceitos científicos se desenvolvem, então, a partir dessas propriedades superiores até as outras, como a aplicabilidade e conexão com a realidade. A aplicabilidade de um conceito científico decorre, então, do desenvolvimento de um sistema de significados⁵, no qual encontramos a medida de comunalidade do conceito científico desenvolvido. Nesse sistema, as relações que formam o tecido conceitual (rede de relações estabelecidas) estão conectadas e, de forma coerente, permitem diferentes possibilidades de relações entre conceitos conectados e de formulação de idéias e explicações.

Foi possível, no caso dos dois participantes, encontrar dados que indicam, em momentos distintos do processo de ensino, desenvolvimento conceitual. Identificamos mudanças na

⁵ Estamos utilizando os termos sistema de significados e comunalidade, baseados em Vygotski (1993, p. 259) segundo o qual “el problema del sistema es el punto central de toda historia del desarrollo de los conceptos genuinos en la infancia [...]”. Um sistema de significados surge junto com o desenvolvimento dos conceitos científicos e exerce uma ação transformadora nos conceitos cotidianos. Este sistema, formado por conceitos, científicos genuínos – de elevado grau de consciência e voluntariedade – é a estrutura cognitiva que permite aplicabilidade dos conceitos científicos e elevação do nível de consciência sobre aqueles conceitos cotidianos existentes. Assim, quando utilizamos o termo “sistema completo”, estamos nos referindo a um sistema de relações entre conceitos científicos genuínos, convergentes com o conhecimento científico.

voluntariedade e na consciência com que os participantes utilizaram conceitos científicos abordados na intervenção. Também foi possível perceber alterações relativas à aplicabilidade e conexão destes conceitos com a realidade. Neste sentido, procuramos identificar e analisar as relações estabelecidas pelos participantes ao longo de toda a intervenção, a fim de lograr conhecer os sistemas de significados desenvolvidos pelos mesmos.

O participante Fábio parecia demonstrar, ao fim da intervenção, desenvolvimento conceitual convergente ao conhecimento científico (como pode ser observado nos Quadros 3 e 4) em relação a alguns conceitos abordados na intervenção, como adaptação. Mas, em relação a outros, como mutação, em várias situações ele, consciente e voluntariamente, refere-se ao conceito, mas não consegue aplicá-lo ao contexto requisitado, conectá-lo à realidade, indicando desenvolvimento a ser trilhado. É muito interessante que Fábio – como outros participantes – desde o início da intervenção desaprovava a idéia de simular a geração de variações em indivíduos de um grupo hipotético, em um instrumento de ensino, por meio de uma roleta (que simulava a aleatoriedade do processo). Em uma ocasião, no início do curso, o participante disse que aceitava aquela simulação, mas que “[...] no jogo é assim, mas na vida é diferente”, revelando que, naquele momento, não relacionava aleatoriedade e surgimento da variação intra-específica.

Ao final do curso, em uma discussão elaborada para explicitar as idéias dos participantes sobre a origem da variação intra-específica, Fábio deu-se conta de que fez uma afirmação em que relacionava “necessidade ambiental” e surgimento de novas características. Após refletir e fazer perguntas sobre o processo de mutação, ele afirmou “Hoje foram apagados os resquícios de que o ambiente causa a mutação”. Mas, analisando todas as suas respostas a questionários e discussões em grupo, percebemos que ele era capaz de identificar, entre alternativas fornecidas, a mais convergente ao conceito científico de mutação. Mas, suas justificativas e falas demonstravam

que ele mantinha idéias divergentes convivendo (o caráter aleatório da mutação, sua determinação genética e a possibilidade de *necessidades* ambientais *favorecerem* a geração de variação). Como ele utilizou várias vezes o conceito, o que demonstra voluntariedade, foi possível identificar que um sistema de significados completo, convergente ao conhecimento científico, ainda não havia sido desenvolvido.

Os dados de Vanessa também corroboram a análise anteriormente realizada. Percebemos que ela, com relação ao mesmo conceito – mutação – passa a identificar, em questionários com alternativas, elementos estudados (determinação e herança genética das características e aleatoriedade) durante a etapa de Desenvolvimento do curso. Mas, quando era solicitado que aplicasse o conceito em situações de contexto, não explícitas, ela não era capaz de fazê-lo. No início do curso, Vanessa compreendia o surgimento de novas características relacionando-as à aquisição de “melhorias” e mudanças em características “prejudiciais” em grupos biológicos (como pode ser analisado no Quadro 1). Ao longo da intervenção, identificamos que ela era capaz não só de identificar as idéias de determinação e herança genética das características e aleatoriedade, mas aplicar o conceito de mutação em situações concretas em que este era requisitado. Em nosso entendimento, essa capacidade de aplicação está relacionada, principalmente, ao grau de desenvolvimento conceitual atingido, que possibilitava aplicabilidade em determinadas situações.

Ao fim da intervenção, Vanessa relacionava variação intra-específica e o ambiente de forma convergente ao conhecimento científico. Expressava a idéia de que a diversidade indica a possibilidade de que alguns indivíduos possam sobreviver às transformações ambientais (como pode ser visto no Quadro 2). Estas idéias parecem estar conectadas de forma estruturada, formando uma visão mais aplicável, de forma convergente ao conhecimento científico, em determinados contextos. Mas, quando analisamos outros conceitos centrais da teoria evolutiva, como o de espécie, verificamos

(ver Quadro 1) que a participante não diferenciava de forma clara espécie de subpopulações, ou de alguns indivíduos de uma determinada população que compartilham característica diferenciada. Desta forma, a participante também mantinha idéias divergentes ao conhecimento científico, no que se refere ao gradualismo do processo evolutivo e na geração da variação intra-específica. Nesse contexto, é possível inferir que o desenvolvimento conceitual desenvolvido por ambos participantes permitiu a ampliação e estruturação do chamado “tecido conceitual”, referente à teoria da evolução. Essa estruturação não pode ser considerada completa, no sentido de uma convergência total ao conhecimento científico, mas demonstra um caminho trilhado neste sentido.

O desenvolvimento apresentado pelos participantes não foi igual, nem pode ser considerado totalmente convergente ao conhecimento científico, pois percebemos diferenças em relação ao conteúdo de conceitos desenvolvidos e ao grau desse desenvolvimento. O desenvolvimento parcial apresentado pelos participantes, indicado, por exemplo, pela presença de idéias divergentes e convergentes ao conhecimento científico – às vezes, contrárias a este – relaciona-se, ao nosso entender, ao caráter processual do desenvolvimento conceitual. Esse processo, implementado mas não terminado no curso, está relacionado à formação de um sistema de significados incompleto do ponto de vista da interação entre conceitos científicos. Esta incompletude pode estar relacionada à formação de estruturas parciais de organização conceitual, formando idéias convergentes ao conhecimento científico que, por não estarem de fato conectadas a outras relações do tecido conceitual, convivem com idéias antagônicas mantidas ou desenvolvidas ao longo do processo de ensino.

As dificuldades de aprendizagem – e, conseqüentemente, do ensino proporcionado – não parecem estar relacionadas a diferenças significativas na visão dos participantes sobre o processo evolutivo antes da intervenção. Ambos apresentavam idéias fortemente

divergentes do conhecimento científico sobre o processo evolutivo e que encontram caracterização na literatura, por exemplo no trabalho de Bizzo (1996). Ao início da intervenção, as respostas indicavam claramente que Fábio tinha idéias convergentes às que Bizzo (1996) caracteriza como lamarckismo, principalmente pelas de uso e desuso. Vanessa também apresenta dados que corroboram essa análise. Ela compreendia o surgimento de novas características como aquisição de “melhorias” e transformação de características “prejudiciais”. Assim, os estudantes demonstraram idéias semelhantes às que o pesquisador encontrou em seu estudo com alunos já submetidos ao ensino formal desse conhecimento. Essas idéias estavam caracterizadas: pela possibilidade de herança dos caracteres adquiridos – “Os principais mecanismos hereditários admitidos nas entrevistas restringiram-se quase que somente à herança das características adquiridas” (p. 205); pelo surgimento de mudanças (variação) através do uso e desuso:

Existe a crença geral de que certas modificações provocadas pelos próprios indivíduos sejam, de alguma forma, hereditárias. O exemplo principal é, sem dúvida, a questão do uso e desuso dos órgãos (p. 207);

e, pelo aparente desconhecimento de conceitos de genética relacionados ao processo evolutivo:

A transmissão das características hereditárias – independente de como elas tenham surgido – é outro aspecto absolutamente nebuloso nas concepções dos alunos. Apesar de terem estudado Genética regularmente e, em alguns casos isso ficou claro, possuírem vocabulário bastante razoável, não existem evidências seguras de que o aprendizado tenha contribuído para a compreensão dos processos evolutivos (p. 214, grifo nosso).

Em relação, principalmente, à afirmação final de Bizzo (1996), acreditamos que o aprendizado não tenha ocorrido de fato ou tenha

tido apenas parcial – como parece mostrar os dados que analisamos nesta pesquisa. Desta forma, esse desenvolvimento conceitual incompleto pode explicar parte significativa da não compreensão dos processos evolutivos pelos estudantes. A formação de estruturas parciais, em que não há conexão efetiva e coerente entre todos os elementos (científicos e não) que formam a visão do sujeito sobre o processo evolutivo, pode ser uma das explicações para a convivência de noções aparentemente contrárias. Algumas destas noções seriam aplicadas em determinados contextos e outras em outros, em função das relações requisitadas nestes. Isto é, alguns contextos favorecem a utilização de estruturas conceituais menos sólidas (parciais ou em desenvolvimento), pois requerem menor grau de conectividade (como, em alguns casos, responder a questões com alternativas). Por outro lado, alguns contextos – por exemplo, a aplicação de conceitos em situações concretas e totalmente novas – requerem a utilização de relações mais consistentes, mais coerentes, o que pode ter papel importante na recorrência de idéias prévias, divergentes do conhecimento científico que está sendo aprendido.

Quanto à formação de vocabulários desprovidos de significado, Vygotski teoriza que se o desenvolvimento de conceitos científicos percorresse o mesmo caminho dos conceitos cotidianos, isso resultaria apenas em aumento do vocabulário dos sujeitos, pela falta de desenvolvimento de um sistema, no sentido já apresentado. Acreditamos que a não aprendizagem significativa pelos estudantes, referente a desenvolvimento conceitual e formação de um sistema de significados mais estruturado e formado por conceitos genuínos, pode estar na base de produção de vocabulários desprovidos de significados. Esse vocabulário, cujas palavras carecem do significado científico, é identificado em outros trabalhos, como em Bishop e Anderson (1990), por exemplo.

Finalmente, nossos dados parecem indicar que houve, durante a intervenção, o início da estruturação – ou reestruturação – de um sistema de significados convergente ao conhecimento científico sobre

a teoria da evolução das espécies, mas que não foi totalmente desenvolvido. Neste sentido, procuramos relacionar as dificuldades de aprendizagem dos estudantes às condições de ensino proporcionadas na intervenção. Nas considerações finais procuramos discutir os principais aspectos dessa interação entre aprendizagem e ensino.

Considerações finais

Com a realização desta investigação e seus resultados, juntamos a outros trabalhos que afirmam ser a teoria de Vygotski uma ferramenta importante para a compreensão da aprendizagem de conceitos científicos e problemas de aprendizagem. Da mesma forma, pode contribuir para a análise de procedimentos de ensino a fim de superar essas dificuldades (por exemplo, TUDGE, 1996).

Por meio da análise em base a aspectos da teoria vygotskiana, foi possível compreender dificuldades de aprendizagem sobre conceitos relativos à teoria evolutiva, dentro do contexto da intervenção realizada. Os principais entendimentos utilizados como referências teóricas foram: desenvolvimento conceitual e sistemas de significados. Eles foram o foco da análise sobre a aprendizagem e sobre as dificuldades apresentadas pelos participantes na intervenção realizada, assim como o papel desta no desenvolvimento conceitual. Por meio das análises empreendidas, percebemos que houve desenvolvimento conceitual dos estudantes dentro da referida intervenção de ensino, assim como a formação de sistemas de significados convergentes ao conhecimento científico.

Mas, como mencionamos anteriormente, não foi possível, dentro das condições de ensino proporcionadas na intervenção, que os participantes formassem sistemas de significados completos, totalmente convergentes ao conhecimento científico abordado. Isto é, houve aspectos dos procedimentos de ensino que, em nossa análise, foram centrais na não superação de algumas das dificuldades de

aprendizagem, amplamente apontadas pela bibliografia, sobre a teoria da evolução das espécies. Nesse sentido, os aspectos que consideramos mais relevantes são:

- Necessidade de realizar muitas atividades de diagnóstico das idéias dos estudantes sobre os conceitos científicos abordados. Essa identificação é central para a elaboração de atividades a fim de abordar conceitos ou idéias, de novas maneiras e dando ênfase a aspectos didáticos que pareceram falhos. Nesse sentido, houve momentos em que a identificação do desenvolvimento parcial de determinados conceitos foi realizada muito ao fim do processo de ensino. Um diagnóstico mais precoce poderia ter colaborado para o direcionamento da atuação docente a fim de elaborar novas possibilidades de sistematização e aplicação desses conceitos e mais informações, desconhecidas pelos participantes, o que poderia gerar novas relações e favorecer o desenvolvimento conceitual e, concomitantemente, um sistema de significados mais convergente com o conhecimento científico.

- Necessidade de sistematizar de forma clara e ampla os conceitos abordados no curso. Durante a intervenção, priorizamos atividades nas quais os participantes realizaram trabalhos de aplicação de suas idéias, e de conceitos abordados, com o instrumento de ensino. Ao fim da análise percebemos que um fator potencializador da aprendizagem dos participantes poderia ser o maior equilíbrio entre atividades de aplicação e de sistematização (generalização, conceituação). Nestas atividades seria importante enfatizar tanto a conexão dos conceitos e idéias à realidade quanto à consciência dos estudantes sobre esses conceitos, procurando estimular sua generalização e abstração.

- Necessidade de avaliar de forma muito cuidadosa o papel de instrumentos de ensino na aprendizagem de conceitos científicos. Como analisamos em Silva (2004), algumas características do instrumento de ensino foram muito importantes para o desenvolvimento conceitual dos estudantes. Mas, também foi possível

perceber que outras podem ter favorecido a formação de visões reducionistas e simplificadas do processo evolutivo, principalmente a respeito do surgimento da variação intra-específica. No instrumento utilizado não era possível simular o caráter gradual e cumulativo das mutações, noções que não foram aprendidas pelos participantes, mesmo com a realização de explicações sobre esse aspecto da teoria da evolução. Assim, ressaltamos a importância de identificar previamente, ou mesmo durante o processo de ensino, as potencialidades e limitações dos instrumentos de ensino que utilizamos, a fim de compensar estas limitações com outras atividades.

- Avaliação constante sobre a duração da intervenção de ensino. Analisamos que as nove aulas de duas horas que caracterizaram o processo de ensino não foram suficientes para abordar os conhecimentos objetivados da forma necessária para sua aprendizagem pelos estudantes. Em certas ocasiões a aplicação de atividades dirigidas a novas informações foram priorizadas em relação à realização de outras atividades sobre conceitos já abordados e que identificamos não apropriadamente compreendidos. Esse dilema não é exclusivo da intervenção realizada nesta pesquisa e está intimamente ligado ao fato de que a aprendizagem significativa de uma temática complexa como a teoria da evolução das espécies demanda grande quantidade de tempo. Essa é uma questão central para o planejamento de ensino e para a seleção de conteúdos, problemáticas importantíssimas para pensarmos sobre as dificuldades de aprendizagem e sua superação.

Por fim, destacamos que análises do desenvolvimento conceitual – e da formação de sistema de significados – em pesquisas que visem compreender as idéias de estudantes de Ciências podem contribuir muito para a ampliação do conhecimento sobre aprendizagem de conceitos científicos. No caso daqueles relacionados à teoria da evolução das espécies, central dentro das Ciências Naturais, essa análise parece ser particularmente relevante. Principalmente, pela

constatação em tantos trabalhos, inclusive neste, da complexidade da elaboração de procedimentos de ensino capazes de superar dificuldades de aprendizagem apresentadas por estudantes sobre essa teoria.

Referências bibliográficas

AULT JÚNIOR., C.; NOVAK, J. D.; GOWIN, B. Constructing maps for clinical interviews on molecular concepts. **Science Education**, v. 68, n. 4, p. 441-462, 1984.

BISHOP, B. A.; ANDERSON, C. W. Evolution by natural selection: A teaching module. Ocasional paper. **East Lansing, MI: Institute for Research on Teaching**, n. 91, Michigan State University, 1985.

_____. Studentes conceptions of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 5, p. 415-427, 1990.

BIZZO, Nélío. **O ensino de evolução**. 1996. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BRUMBY, M. N. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. **Science Education**, v. 68, n. 4, p. 493-503, 1984.

DEADMAN, J. A.; KELLY, P. J. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? **Journal of biological education**, 12, p. 7-15, 1978.

DEMASTES, S. S.; SETTLAGE JÚNIOR, J.; GOOD, R. G. Student's conceptions of natural selection and its role in Evolution: cases of replication and comparison. **Journal of research in science teaching**, v. 32, n. 5, p. 535-550, 1995.

DEMASTES, S. S.; GOOD, R. G.; PEEBLES, P. Patterns of conceptual change in evolution. **Journal of research in science teaching**, v. 33, n. 4, p. 407-431, 1996.

FERRARI, M.; CHI, T. H. The nature of naive explanation of natural selection. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 10, p. 1231-1256, 1998.

FERREIRA, M. A. et. al. O jogo didático como potencializador da formação dos professores de ciências biológicas. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 6., 2000, São Paulo. **Coletânea de trabalhos do...**, São Paulo: Instituto de Biociências, USP, 2000.

FRANÇA, G. S.; MARTINS, C. M. C. O jogo como recurso na compreensão dos termos botânicos e das relações do vegetal com o ambiente. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 6., 2000, São Paulo. **Coletânea de trabalhos do...**, São Paulo: Instituto de Biociências, USP, 2000.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber:** das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

LAWSON, A. E.; THOMPSON, L. D. Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. **Journal of research in science teaching**, v. 25, n. 9, p. 733-743, 1988.

LAWSON, A., E.; WESER, J. The rejection of nonbeliefs about life: effects of instruction and reasoning skills. **Journal of research in science teaching**, v. 27, n. 6, p. 589-606, 1990.

MAZZEU, F. J. C. **A produção e o uso de materiais didáticos:** algumas considerações, [19—?]. Não publicado.

PETROVSKI, A. **Psicologia general.** Madri: Editorial Progreso, 1980.

RATHS, L. E. et al. **Ensinar a pensar.** São Paulo: EPU, 1977.

ROGAN, J. M. Development of a conceptual framework of heat. **Science Education**, v. 72, n. 1, p. 103-113, 1988.

SILVA, D. V. C. da; RIBEIRO, José Pedro Nepomuceno. Elaboração de um instrumento de ensino de evolução: Tupec e Iscam Nam. In:

CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFSCAR, 2001, São Carlos, **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2001. p. 20-24.

SILVA, D. V. C. da. **Análise do desenvolvimento de conceitos científicos sobre a teoria da evolução das espécies em alunos do ensino médio.** 2004. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

SILVA, D. V. C. da. Desenvolvimento de conceitos científicos: uma reflexão sobre teoria, aprendizagem e prática docente na perspectiva vygotskiana. In: ENCONTRO REGIONAL DO ICET – INTERNATIONAL COUNCIL ON EDUCATION FOR TEACHING, 2005, São Carlos. **Anais...**São Carlos: EDUFScar, 2005. 1 CD-ROM.

TUDGE, J. Vygotsky, a zona de desenvolvimento proximal e a colaboração entre pares: implicações para a prática em sala de aula. IN: MOLL, L. C. **Vygotsky e a Educação:** implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

VLAARDINGERBROEK, B.; ROEDERER, C. J. Evolution Education in Papua New Guinea: trainee teachers' views. **Educational Studies**, v. 23, n. 3, p. 363-375, 1997.

VYGOTSKI, L. S. **Obras escogidas:** Tomo II. Madri: Visor e MEC, 1993.

ZOUBEIDA, R. D.; BOUJAOUDE, S. Scientific views and religious beliefs of college students: the case of biological evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n. 5, p. 429-445, 1997.

Recebido em: 04 de junho de 2007 (1ª versão)
Aprovado em: 13 de setembro de 2007 (2ª versão)