



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**



MÁRIO ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**A EVOLUÇÃO DOS SIGNIFICADOS E OS SIGNIFICADOS DE
EVOLUÇÃO: A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO NO
ENSINO MÉDIO**

Campo Grande, MS
2014



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL**
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS



MÁRIO ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**A EVOLUÇÃO DOS SIGNIFICADOS E OS SIGNIFICADOS DE
EVOLUÇÃO: A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO NO
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências área de concentração: Ensino de Biologia, sob a orientação da Prof^a Dr^a Lenice Heloísa de Arruda Silva.

Campo Grande, MS
2014

Oliveira, Mário Alexandre de

A Evolução dos significados e os significados de Evolução: a construção do conceito de Evolução no ensino médio / Mário Alexandre de Oliveira – Campo Grande, 2012, 101 fls.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2014.

Orientadora: Prof^a Dr^a Lenice Heloísa de Arruda Silva

1. Evolução 2. Ensino 3. Construção do Conceito 4. Vigotski

Nome: OLIVEIRA, Mário Alexandre de

A EVOLUÇÃO DOS SIGNIFICADOS E OS SIGNIFICADOS DE EVOLUÇÃO: A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE EVOLUÇÃO NO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências área de concentração: Ensino de Biologia.

Campo Grande, MS, ____ de Agosto de 2014.

Banca Examinadora:

Profª Drª Lenice Heloísa de Arruda Silva - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Parecer: _____ Assinatura: _____

Presidente

Profº Drº Rogério Silvestre – Universidade Federal da Grande Dourados

Parecer: _____ Assinatura: _____

Profª Drª Maria Celina Piazza Recena – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Parecer: _____ Assinatura: _____

Profª Drª Vera Mattos Machado – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Parecer: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

À minha querida esposa, namorada e amiga Adriana

Aos meus pais Tereza e Benedito

Aos meus irmãos Márcio, Marco, Regina, Mauro, Marta e João

Aos meus queridos sobrinhos

AGRADECIMENTOS

À CAPES/CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado.

Aos estudantes que participaram desta pesquisa com suas elaborações e participações.

À toda comunidade escolar que tão atenciosamente permitiu nossa pesquisa.

À minha querida mãe “Dona Terezinha” todo seu amor e carinho foram sempre o meu sustento na caminhada, sua torcida incondicional por mim e por minha felicidade são luzes na minha vida.

Ao amor da minha vida que atende pelo nome de Adriana, agradeço seu amor, sua crença em mim e em nossos sonhos.

À minha família para onde eu volto sempre para recarregar as baterias.

Aos meus amigos, mesmo distantes sinto suas energias e apoio ao meu trabalho.

Ao meu caro amigo Renato Granzotti pela amizade e pelo gentil empréstimo do equipamento para o registro audiovisual da aplicação das atividades desta pesquisa.

Aos meus colegas do mestrado pelas tardes agradáveis de discussões e reflexões nas disciplinas da pós-graduação.

À minha querida orientadora que tão gentilmente me acolheu entre seus orientandos e tão profundamente acreditou em meu potencial.

À minha dachshund, Morena por sua fiel e silenciosa companhia nas tardes de leitura e produção escrita.

A todos que confiaram em nosso trabalho e contribuíram direta ou indiretamente para esta Dissertação.

***“Uma palavra que não representa uma ideia é uma coisa morta,
da mesma forma que uma ideia não incorporada em palavras
não passa de uma sombra.”***

(Lev Semionovich Vigotski)

RESUMO

Neste trabalho discutimos a importância do ensino de Evolução dentro do ensino de Biologia e no panorama da Educação Básica. Refletimos brevemente sobre a construção histórica do pensamento evolutivo e dos significados atrelados à palavra Evolução. Dentro do contexto do ensino de Evolução apresentamos os resultados obtidos em várias pesquisas que mostram limitações no ensino deste tema para estudantes da Educação Básica. Observamos que as pesquisas que investigam o ensino de Evolução, em geral, tratam de diagnosticar os problemas ou apresentar recursos didáticos com o intuito de convencer o estudante da existência da Evolução. Porém, poucas pesquisas buscam propor estratégias de ensino que proporcione ao estudante a compreensão dos processos evolutivos. Entendemos que o estudante deve compreender os processos e mecanismos de uma teoria para evoluir conceitualmente. Assim, buscamos estruturar uma atividade pedagógica focada nos conceitos: Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural com o intuito de responder nossa questão de pesquisa: “Uma atividade pedagógica focada nos processos evolutivos, pode promover a aprendizagem do conceito de Evolução?” Esta atividade pedagógica foi proposta como uma forma de gerar um problema a ser resolvida em 3 módulos ela foi desenvolvida em 5 encontros, com estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da Rede Pública de Ensino na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. As falas dos estudantes durante a realização da atividade foram o objeto de análise desta pesquisa. Pudemos observar nas elaborações dos estudantes alguns aspectos da formação dos conceitos como, por exemplo, sua construção funcional e o estabelecimento de relações de significado entre eles. Observamos também que através da mediação da atividade pedagógica proposta os estudantes conseguiram elevar os níveis das elaborações iniciais. De modo geral estas elaborações tornaram-se mais complexas, relacionando vários conceitos para sustentar sua argumentação.

Palavras chave: Ensino de Biologia, Evolução, Construção do Conceito, Vigotski

ABSTRACT

In this work we discussed the importance of evolution teaching inside the Biology teaching and in the perspective of Basic Education. We briefly reflect about the historical construction of evolutionary thought and the meanings linked to the word evolution. Within the context of the evolution teaching, we present the results obtained in several studies that show limitations in teaching this subject to basic education students. We note that researches, which investigate the evolution teaching, in general, treat to diagnose problems or show learning resources in order to convince the student of the evolution existence. However, few studies seek to propose teaching strategies which provide to the student a comprehension of evolutionary processes. We understand that the student must conceive the processes and the mechanisms of the one determined theory to evolve conceptually. Thus, we seek to structure an educational activity focused on concepts: Variability, Adaptation and Natural Selection in order to answer our research question: "Can an educational activity, focused on evolutionary processes, promote the learning of the Evolution concept?" This pedagogical activity was proposed as a form to generate a problem to be solved in 3 modules, it was developed in 5 meetings with senior students of secondary education of a Public School in the city of Campo Grande, Mato Grosso do Sul. The students' statements, while performing the activity, were the object of the analysis of this research. We could observe through the students' elaborations some aspects of the formation of concepts such as, functional construction and the establishment of meaningful relationships. We also observed that through the mediation of the proposed pedagogical activity, students were able to raise levels of initial elaborations. Generally these elaborations have become more complex, relating to various concepts for supporting their argument.

Keywords: Biological Education, Evolution, Construction of the concept, Vigotski

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema baseado no ilustrativo do pensamento diluvianista.....	20
Figura 2 - Esquema baseado na hipótese levantada por Georges Curvier.....	21
Figura 3 - Esquema baseado hipótese proposta por Lamarck.....	23
Figura 4 - Gravura do naturalista francês Pierre Belon.....	24
Figura 5 - Exemplo de Sistema de conjuntos de espécies por homologia.....	25
Figura 6 - Fotografia do bloco de notas de Darwin	25
Figura 7 - Esquema baseado na Teoria da Evolução das Espécies.....	26
Figura 8 - Exemplos de filhotes e adultos de raças caninas.....	47
Figura 9 - Exemplos da diversidade de formatos de bicos observada nas aves..	50
Figura 10 - Captura de tela da simulação computacional “Seleção Natural”	53

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	11
CAPÍTULO 1 - Evolução: importância, conceitos, ensino e problemáticas.....	14
CAPÍTULO 2- O processo histórico de construção do conceito de Evolução e seus processos.....	20
CAPÍTULO 3 - A formação dos conceitos em uma abordagem histórico-cultural do desenvolvimento humano: Contribuições para o ensino de Evolução.....	30
CAPÍTULO 4	
4.1 Procedimentos Metodológicos da Investigação.....	37
4.2 Atividade Pedagógica: Processos evolutivos.....	40
4.3 Síntese e passos seguidos na atividade pedagógica.....	44
4.4 Escolhas Necessárias.....	54
CAPÍTULO 5 - Análise dos episódios.....	56
5.1 Conhecendo as concepções da turma sobre a Evolução e seus processos.....	57
5.2 Construindo o conceito de Variabilidade.....	65
5.3 Construindo o conceito de Adaptação.....	68
5.4 Construindo o conceito de Seleção Natural.....	71
5.5 Construindo relações entre os conceitos.....	74
5.6 Sistematizando conceitos e construindo o conceito de Evolução.....	86
CAPÍTULO 6 – Discussões e Considerações Finais	
6.1 Aspectos Gerais.....	90
6.2 Atividade Pedagógica.....	90
6.3 Atividade Pedagógica e a construção dos conceitos.....	93
6.4 Considerações Finais.....	97
REFERÊNCIAS.....	99

APRESENTAÇÃO

Em nossa pesquisa tivemos o privilégio de unir dois campos de conhecimento que são fundamentais para o pensamento Biológico. Um é o conhecimento teórico/pedagógico que nos ajuda a compreender como os sujeitos constroem os conceitos e o outro é o de um conhecimento da área das Ciências Biológicas, ou seja, a Evolução da vida. Assim, nosso trabalho coloca a Evolução da vida na perspectiva da construção dos conceitos fundamentada na teoria histórico-cultural, a partir das ideias de Vigotski. Acreditamos que a articulação entre esses dois campos do conhecimento neste trabalho pode ampliar as perspectivas para o Ensino de Biologia, mais especificamente para o Ensino de Evolução.

Podemos dizer que a elaboração desta pesquisa foi ao mesmo tempo processo e produto da resignificação dos conceitos e da constituição do sujeito. Como produto ela está impregnada por nossa história pessoal que alberga em si as questões fundamentais que nos lançaram na dura empreitada de uma pesquisa no campo das Ciências Humanas para investigar a construção de conceitos das Ciências Naturais. Como processo podemos dizer que o trabalho para a produção escrita de sistematização conceitual, leitura, discussões e reflexões levaram a um novo entendimento do processo de construção do conceito que modificou nossa hierarquização conceitual e, conseqüentemente, nossa constituição como sujeito.

O referencial teórico ao qual se refere toda a nossa pesquisa não foi uma escolha arbitrária tendo como objetivo apenas formalizar uma fundamentação teórica para nosso projeto de mestrado. Durante o período de formação inicial tivemos a sorte de cursar a disciplina de Psicologia da Educação focada no referencial Histórico-Cultural ministrada pela Prof^a Dr^a Teresa Cristina Rego da Faculdade de Educação da USP. Através das leituras e discussões nesta disciplina as questões centrais que nos levaram a realizar uma pesquisa na área de Ensino foram levantadas. Neste mesmo tempo tivemos o entendimento de que a resposta para estas questões fundamentais do Ensino estavam intimamente ligadas ao processo de construção dos conceitos e de constituição do sujeito. Sendo assim, podemos dizer que na medida em que passamos a compreender os processos através da perspectiva histórico-cultural passamos ao mesmo tempo a questionar estes mesmos processos. Ao final de nossa formação inicial pairava uma dúvida

fundamental em nossa mente: “Como se dá a construção dos conceitos?”, ou seja: “Como o sujeito aprende?”. A falta de respostas para esta pergunta parecia pôr em xeque nossa formação inicial. Durante certo tempo as buscamos em leituras na área e discussões com pesquisadores do Ensino. No entanto, as respostas para as questões fundamentais sobre o desenvolvimento e a aprendizagem nos exigia algo mais consistente e compromissado. Neste ponto o propósito de realizar uma investigação no campo do Ensino de Ciências fez sentido com formação inicial. No início de nossa formação como pesquisador da área de Ensino tivemos novamente a sorte de encontrar uma pesquisadora vigotskiana, que futuramente se tornou a orientadora desta pesquisa e auxiliou enormemente nosso processo de desenvolvimento. Essa ilustre mestra foi a Prof^a Dr^a Lenice Heloísa de Arruda Silva do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da UFMS. Para Vigotski (2000) os outros nos constituem e até aqui podemos dizer que nosso processo de constituição como professor e pesquisador se deveu em muito a três professoras pesquisadoras vigotskianas: nossa esposa Prof^a Me. Adriana da Silva Posso, que através da leitura de seus textos e nossas discussões sobre o Ensino me levou a buscar compreender mais afundo a teoria de Vigotski, a Prof^a Dr^a Teresa Cristina Rego que nos auxiliou nos primeiros passos para o estudo da perspectiva histórico-cultural e a Prof^a Dr^a Lenice Heloísa de Arruda Silva fundamental no processo de aprofundamento das reflexões a respeito de nosso referencial teórico, nos auxiliando ainda no processo de construção de nossa identidade como pesquisador vigotskiano.

Se por um lado, a construção de nossa compreensão a cerca do desenvolvimento humano somente foi resignificada no fim de nossa graduação, o mesmo não podemos dizer sobre a compreensão evolutiva dos processos biológicos. Neste caso, a primeira disciplina da graduação intitulada “Princípios de Sistemática e Biogeografia” ministrada pelo foi Prof^o Dr^o Mário César Cardoso de Pinna do Instituto de Biociências da USP foi o primeiro passo no caminho de descoberta das Ciências Evolutivas. As reflexões feitas durante esta disciplina orientaram nosso olhar sobre todo o conhecimento biológico, estabelecendo como elo de coerência interna a Evolução. Ao final da graduação tínhamos como síntese o entendimento que na verdade todo o conhecimento em Ciências Biológicas tratava de compreender os incríveis recursos de adaptativos observados nas espécies e as incríveis relações estabelecidas entre os indivíduos e populações de indivíduos com

o meio biótico e abiótico. Mas, após nossa formação observamos que muitos colegas professores possuíam certo receio em abordar a Evolução em sala de aula, por sentirem-se pouco “preparados” por seus cursos de formação inicial. Observamos também, exemplos intrigantes de equívocos conceituais em exposições sobre história natural e até mesmo em enunciados de questões de concurso público para o cargo de professor de Biologia. A leitura de artigos da área de pesquisa em Ensino de Biologia também apontava para a necessidade de uma reflexão maior e mais aprofundada dos processos evolutivos no âmbito da comunidade acadêmica. Diante deste contexto nossa pesquisa se estruturou tendo de um lado a busca pela compreensão da construção dos conceitos e por outro a necessidade de ajudar nas discussões sobre o Ensino de Evolução na Educação Básica e a difusão do pensamento evolutivo. Desta forma, nossa pesquisa foi iniciada, desenvolvida, analisada e sintetizada sob a forma desta dissertação de mestrado.

Para darmos seguimento a nossa leitura trataremos no capítulo 1 de uma reflexão sobre a importância e o panorama atual do Ensino de Evolução em nossas salas de aula de Biologia do Ensino Médio. No capítulo 2, retomaremos brevemente a história do pensamento evolutivo refletindo sobre a construção sócio-histórica da palavra Evolução, seus significados e suas implicações para o Ensino. Seguiremos no capítulo 3 uma reflexão sobre a formação dos conceitos e o desenvolvimento humano.

No capítulo 4 apresentamos os procedimentos metodológicos da investigação e das bases teóricas que fundamentam nossa opção metodológica. Neste capítulo também apresentaremos a Atividade Pedagógica aplicada. No capítulo 5 apresentamos e analisamos os episódios obtidos em nossa coleta de dados. Discutimos estes dados no conjunto das atividades aplicadas concluindo os principais apontamentos apresentados por esta pesquisa no capítulo 6.

CAPÍTULO 1

Evolução: importância, conceitos, ensino e problemáticas

Entre os que estudam as Ciências Biológicas há uma célebre frase dita por um dos maiores nomes da Ciência do Século XX, T. Dobzhansky (1973, p. 125): “Nada faz sentido em Biologia exceto à luz da Evolução”. Nesta frase muitas vezes repetida e nunca superestimada vemos o poder e abrangência dessa teoria que se tornou o paradigma central das Ciências Biológicas. Entendemos que os conhecimentos produzidos em Biologia somente estão unidos formando um único corpo de conhecimento se tiverem como lógica interna a Evolução. Tal perspectiva nos parece ser assumida oficialmente, dado que o Ministério da Educação reconhece a importância do ensino do tema Evolução nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, destacando em seu texto a “Origem e Evolução da Vida” como um dos seis temas estruturadores do ensino de Biologia. O mesmo texto afirma que a Evolução deve ser tratada em todos os conteúdos da disciplina, pois além de ser um tema estruturador ele é um elemento central e unificador no estudo da Biologia (BRASIL, 2006). Na esfera estadual o governo do Estado de Mato Grosso do Sul através do documento denominado “Referencial Curricular para o Ensino Médio” (MATO GROSSO DO SUL, 2013) não dá nenhum tipo de ênfase para o Ensino de Evolução apenas listando-o como uma subdivisão da Biologia a ser apresentada aos estudantes do 1º bimestre do 1º ano do Ensino Médio. A nosso ver, esse tipo de postura por parte da Secretaria de Estado da Educação mostra certa falta de entendimento do que venha a ser a Ciência Biológica e até certa medida mostra um desprezo pelo conhecimento científico. Já que o entendimento a cerca da Evolução das espécies já está amplamente consolidado e é consenso entre os pesquisadores e filósofos da Biologia que o pensamento evolutivo é a base de todo o pensamento biológico.

Podemos considerar que o caráter unificador da Evolução vem principalmente do fato de que cada área da Ciência Biológica busca em última análise compreender como os diversos entes biológicos (genes, células, órgãos, sistemas, populações, espécies, ecossistemas) funcionam sistemicamente. Isso significa que buscam compreender como estes entes interagem entre si e com o ambiente, gerando as adaptações estabilizadas nas espécies. Nesse sentido, podemos dizer que a

Evolução unifica todo o conhecimento biológico e dá sentido e direção para o seu desenvolvimento.

Quando excluimos a Evolução dos conhecimentos em Biologia temos apenas um aglomerado de informações, que, em conjunto, não se completam e nem se potencializam. Ensinar Biologia, nesse caso, seria buscar o refúgio do ensino por memorização de nomes científicos de espécies e grupos de espécies, gravando mentalmente suas características específicas e supra-específicas, sem considerar qualquer correlação entre elas. Isso resultaria em um ensino confuso e segmentado, incapaz de produzir aprendizagens efetivas com resultados semelhantes aos analisados no trabalho de Pedrancini e colaboradores (2007). Os pesquisadores entrevistaram estudantes de escolas públicas e privadas da região Noroeste do Estado do Paraná, com o intuito de investigar o que os estudantes concluintes da Educação Básica sabem a respeito dos fenômenos biológicos e qual eram as suas opiniões a respeito dos transgênicos. Neste trabalho, observaram que estudantes concluintes da Educação Básica não conseguiam definir conceitos básicos de Biologia que foram abordados diversas vezes durante o Ensino Fundamental, na disciplina de Ciências e no Ensino Médio na disciplina de Biologia, como por exemplo: seres vivos, células, composição química e a função do material genético. Entendemos que o ensino da Biologia com um enfoque evolutivo pode favorecer uma mudança do panorama encontrado e descrito no artigo citado. Isso porque consideramos que a aprendizagem de todos os outros tópicos dentro da disciplina de Biologia pode ser potencializada pelo ensino focado na Evolução dos seres vivos.

A despeito da sua importância para o Ensino de Biologia, a Evolução como fenômeno e teoria é comumente negligenciada nas escolas de Ensino Médio, pois o tema Evolução em geral não é abordado ou, quando é abordado, é desenvolvido de forma superficial, isolado de outros temas como Botânica, Ecologia, Zoologia, Microbiologia e no fim da grade curricular (CARNEIRO, 2004; ZAMBERLAN, 2012).

Além desses problemas, o ensino do tema Evolução também enfrenta obstáculos de cunho religioso nas escolas, como observado por Amorim (2009), que analisou o enfrentamento religioso nas aulas de Biologia ocorrido durante o ensino desse tema. Segundo o autor, esse enfrentamento, muitas vezes, é estimulado em discussões organizadas pelo professor como uma forma de abordagem do tema em sala de aula. Mas, observamos de modo geral, que esse tipo de abordagem produz uma barreira entre o professor e os estudantes que tomam a discussão sobre a

origem diversidade da vida como uma luta da ciência contra a fé. Geralmente os estudantes se posicionam ao lado da sua fé, mesmo porque ainda não construíram conceitos como: Variabilidade, Adaptação dos fenótipos e Seleção Natural que poderiam dar a base para que eles compreendessem as explicações científicas a respeito da Evolução da vida.

A deficiência da formação dos professores é apontada como outro problema para o ensino de Evolução, como descrevem Tidon e Vieira (2009). Os autores pesquisaram concepções do conceito de Evolução entre professores de Biologia e apontaram a formação inicial como deficiente no sentido de dar ao licenciando uma visão evolutiva e unificada da Ciência Biológica. Oleques, Santos e Boer (2011), também pesquisaram concepções de Evolução de 20 professores de Biologia de escolas da rede estadual de ensino na cidade de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul. A respeito deste estudo o que chama a atenção é o perfil desses professores, uma vez que todos possuíam licenciatura em Ciências Biológicas e dentre eles 12 possuíam pós-graduação, sendo 6 na área de ensino. Segundo esses pesquisadores, a despeito da formação especializada dos docentes, o trabalho mostrou que muitos deles ainda entendem a Evolução como progresso, indo do mais simples para o mais complexo e, também, entendem o indivíduo como unidade evolutiva. Na nossa compreensão, tais equívocos conceituais necessitam ser solucionados ainda na formação inicial do docente em Ciências/Biologia. Essa necessidade nos parece se confirmar conforme podemos observar no trabalho de Silva e colaboradores (2007), os quais propõem a elaboração de um material didático para o ensino de Evolução tendo como base a comparação de crânios e encéfalos de vertebrados. No artigo em questão o propósito seria tão somente avaliar a eficácia do material didático produzido para o ensino da Evolução do sistema nervoso em vertebrados. Os autores não escrevem formalmente o que entendem por Evolução e qual seria o entendimento esperado para este conceito para os estudantes submetidos à pesquisa. Apesar disso, trechos do artigo parecem deixar clara uma concepção de evolução como progresso. Como por exemplo, a legenda de uma figura que mostra crânios de vertebrados: “*Coleção pronta e em ordem filogenética.*” Aqui cabe um questionamento: de que ordem exatamente está sendo tratada? No artigo, ainda, são apresentados representantes modernos de diferentes espécies de vertebrados dispostos em linha do representante mamífero ao representante dos peixes ósseos. A concepção da Evolução da vida como

“aperfeiçoamento” e progresso pode ser encontrada na própria fala de um dos estudantes do curso de Ciências Biológicas citada no trabalho:

A coleção pode ser auto-explicativa, pois quando a coleção está na ordem da evolução dos vertebrados, automaticamente vem à cabeça a compreensão do que a professora quis dizer com ‘aumento do encéfalo conforme a derivação dos animais na escala zoológica (Silva e colaboradores, 2007, p.13)

Essa fala é apontada, segundo nosso entendimento, como resultado de que o material didático produzido é eficaz para o ensino de Evolução do sistema nervoso. Isso fica demonstrado nos seguintes trechos (*Idem*): “Eles participaram ativamente da demonstração e deram várias sugestões de como utilizar o material. Uma das opiniões mais relevantes foi:...” seguindo a isto a fala do estudante destacada acima. Na conclusão os autores afirmam que o material didático atingiu plenamente seu propósito e que suscitou o interesse e a curiosidade dos estudantes para a Evolução do sistema nervoso. Nesse sentido, podemos considerar que tanto o estudante quanto os pesquisadores que selecionaram a fala do estudante, entendem que evoluir é progredir em uma escala de complexidade. Dessa forma, existiriam seres menos evoluídos e outros mais evoluídos. No caso exemplificado no artigo o mais evoluído é um representante da classe dos mamíferos e o menos evoluído é um representante dos peixes ósseos. A “escala zoológica” a qual se refere o estudante cuja fala é mencionada no artigo parece se aproximar da ideia de escala muito difundida entre os naturalistas até meados do século XIX, que é a ideia da *Scala Naturæ* (Ariza e Martins, 2010) presente na obra *De Generatione animalium* de Aristóteles (384-322 a.C.). A concepção defendida era que os seres (os gregos entendiam as rochas e minerais como seres) podiam ser classificados em uma ordem de perfeição a começar pelo mais imperfeito, as rochas, e terminar pelo mais perfeito, o ser humano. Com o surgimento da Teoria da Evolução houve um consequente abandono da ideia de uma escala de “perfeição” entre os seres vivos. No entanto, como podemos observar neste exemplo a ideia de escala entre os seres continua a subsistir. Modernamente esta ideia tem resurgido mesclada à ideia de Evolução, sendo que a palavra Evolução nesse contexto assume o sentido de aprimoramento o que é totalmente diverso do sentido que empregamos para tratar da Evolução darwiniana, cujo sentido é adaptação com herdabilidade.

Nesse contexto, afirmamos que a compreensão a respeito dos processos evolutivos possui a primazia de importância para o Ensino de Biologia. E não há

como esperar que os estudantes da Educação Básica compreendam a Evolução se nem os Biólogos e Licenciados parecem não dominar plenamente a teoria fundamental das Ciências Biológicas, ou se ainda mantêm concepções que há muito tempo têm sido superadas.

Os problemas enfrentados no ensino repercutem na aprendizagem, como foi observado por Bizzo (1994), que constatou inúmeros problemas conceituais sobre a Evolução em estudantes concluintes da Educação Básica como, por exemplo, a ideia de Evolução como progresso e a ideia do indivíduo como unidade evolutiva.

Apesar da importância e das problemáticas que envolvem o ensino de Evolução, poucos trabalhos abordam o tema e um número ainda menor de trabalhos propõe estratégias de ensino que possam contribuir para uma aprendizagem efetiva, conforme mostrou o levantamento das seis primeiras edições do ENPEC (Encontro Nacional de Ensino de Ciências) feito por Amorim e Leyser (2009). Nesse levantamento não foram encontradas propostas de estratégias didáticas que privilegiassem o ensino dos processos evolutivos em si, mas apenas estudos que orbitam o tema Evolução, como as questões éticas do enfrentamento religioso com a Teoria da Evolução e jogos que tentam apenas convencer os estudantes que a evolução realmente acontece.

Dada a relevância da Evolução para as Ciências Biológicas, acreditamos que as estratégias de ensino para o tema precisam focar os processos evolutivos dando ênfase aos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Isso porque entendemos que o ensino de Evolução carece mais do aprendizado a respeito de sua constituição como teoria do que no simples convencimento da sua existência. Mesmo porque não nos parece lógico convencer-se de uma teoria sem primeiro compreender seus processos. Desta forma, acreditamos que o ensino focado em tais processos pode favorecer a construção de argumentos que sustentem uma visão processual mais clara da Evolução.

Considerando a exposição acima, propomos a seguinte questão de pesquisa: Uma Atividade Pedagógica focada nos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural, pode promover a aprendizagem do conceito de Evolução no Ensino Médio? Nestes termos, este trabalho tem como objetivo investigar, por meio da análise da fala de estudantes do último ano do Ensino Médio submetidos a uma Atividade Pedagógica organizada segundo os pressupostos da teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento Humano e focada nos três conceitos acima enunciados, se houve o desenvolvimento do conceito de Evolução nesses

estudantes. Esta atividade pedagógica foi inspirada no Método Funcional de Dupla Estimulação descrito por Vygotsky (2000) e desenvolvido por Sakharov. O método aplicado chama-se funcional, pois analisa um conceito por meio de seu emprego funcional, ou seja, o conceito é analisado no curso de sua utilização para resolver um problema.

A fala dos estudantes será o nosso principal objeto de análise, pois segundo nosso referencial teórico é na fala que o sujeito organiza seu pensamento (Vygotsky, 2000), e a partir dela podemos ter indícios dos processos psicológicos de transformação conceitual que acontecem na mente do sujeito. No próximo capítulo iremos tratar brevemente da construção sócio-histórica do pensamento evolutivo. Tal reflexão pode nos auxiliar na compreensão dos processos de construção dos conceitos dos estudantes durante suas elaborações.

CAPÍTULO 2

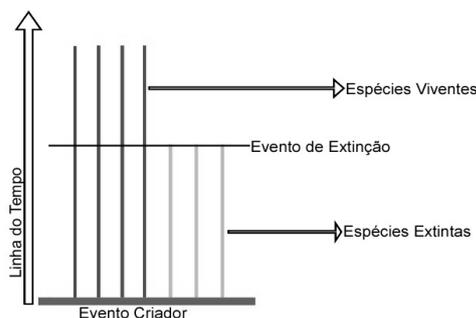
O processo histórico de construção do conceito de Evolução e seus processos

Para tratarmos do ensino de Evolução é importante compreender um pouco a origem do pensamento evolutivo. Para isso, se faz necessário compreender a origem e o desenvolvimento da palavra Evolução e os diferentes significados associados a ela. Obviamente, não buscamos explorar em profundidade nenhum dos dois pontos, mas apenas criar um cenário no qual é possível compreender as raízes das maiores dificuldades e dos enganos mais comuns encontrados quando ensinamos Evolução. Alguns destes enganos são encontrados nas falas dos estudantes que participaram da investigação proposta neste estudo e que são objetos de nossas análises.

Para compreendermos melhor a construção histórica do pensamento evolutivo devemos iniciar nossa reflexão buscando compreender os problemas científicos que historicamente culminaram com a formulação da Teoria da Evolução.

O surgimento da Paleontologia como ciência no séc. XVIII trouxe o acúmulo de dados novos a respeito de espécies extintas (FARIA, 2012). Este acúmulo de novos dados e novas metodologias para o tratamento destes dados produziu muitas dúvidas a respeito da história da vida. O que levou inevitavelmente à pergunta: Como a vida se desenvolveu na Terra? Inicialmente os teólogos diluvianistas afirmavam que os fósseis eram provas do dilúvio bíblico (FARIA, 2006). Poderíamos esquematizar a explicação a respeito da história da vida segundo essa ideia conforme apresenta a figura 1.

Figura 1: Esquema ilustrativo do pensamento diluvianista. Segundo ele um único evento havia extinguido parte das espécies dando origem aos fósseis.

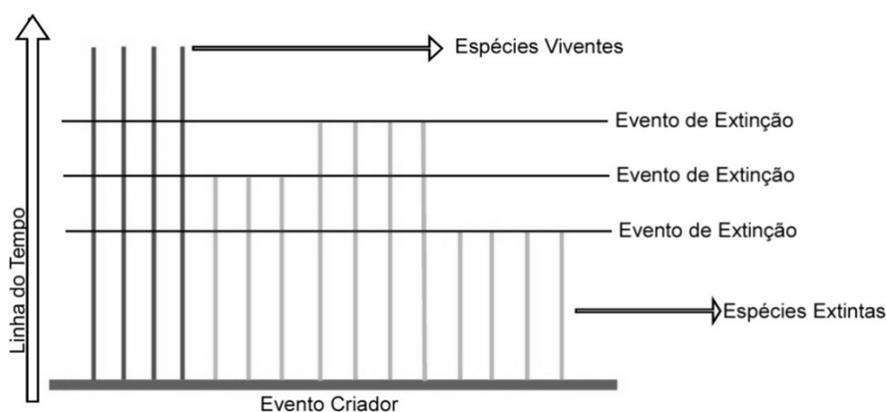


(Fonte: O próprio autor).

Segundo Faria (2012), o advento da estratigrafia (metodologia que estuda os extratos geológicos, onde repousam os fósseis e permite caracterizar o local onde o fóssil se formou e a sua idade), mostrou que os fósseis encontrados apareciam em diferentes camadas horizontais de rochas. Isso permitiu pensar que estas rochas foram constituídas por um processo de sedimentação de minerais carreados pela água e que os restos de determinados animais que ficaram presos a estes sedimentos originou os fósseis encontrados. Isso levou os naturalistas da época a concluir também que os fósseis encontrados pertenceram a seres que foram extintos em diferentes épocas, já que apareciam em diferentes camadas estratigráficas. O que acabava com a ideia de que os fósseis fossem provas de um único evento de extinção ou do dilúvio bíblico.

Georges Cuvier paleontólogo francês (1769-1832) postulava que haviam ocorrido inúmeras extinções e que as espécies viventes eram remanescentes de um estoque de espécies primordial (FARIA, 2012). Este pensamento pode ser esquematizado conforme a figura 2.

Figura 2: Esquema baseado na hipótese levantada por Cuvier. Segundo essa hipótese os fósseis podiam ser encontrados em diferentes camadas do extrato geológico por ter havido vários eventos de extinção chamados por ele de revoluções.



(Fonte: O próprio autor).

Curvier postulava que as espécies eram imutáveis e que existiam desde o momento da criação. Porém, a inexistência de exemplares fósseis de espécies viventes em camadas antigas do extrato geológico tornou a hipótese de Curvier desacreditada, pois, ficava evidente que as espécies viventes não deixaram fósseis em camadas antigas do registro geológico simplesmente porque elas não ainda existiam neste período. Por fim, Charles Lyell (1797-1875) propôs um processo de extinção gradual baseado nos dados obtidos dos extratos (FARIA, 2012). Mas, a

gradualidade destes processos geológicos e de extinção acabaram por exigir romper com a ideia de que a Terra tinha alguns poucos milhares de anos e expandir esse tempo. Enquanto isso, em outra área das ciências Naturais esse contexto de incerteza criava mais especulações.

No seu livro *Zoomia* de 1794, Erasmus Darwin (avô de Charles Darwin) defende a ideia de mudança fenotípica nas espécies através das gerações pelo processo de seleção artificial (Salgado-Neto, 2009). Nesse aspecto ele antecedeu as ideias evolutivas de Jean Batiste Lamarck, que publicou seu livro *Philosophie Zoologique* em 1809. Em ambos os casos a ideia de que as espécies se modificam através das gerações já estava definida. Porém, os mecanismos pelos quais ela acontecia ainda não estavam elucidados. Lamarck propõe um mecanismo que foi intitulado “Herança dos caracteres adquiridos”, que foi aceito durante algum tempo pela comunidade científica da época, inclusive por C. Darwin, sendo citada diversas vezes no livro “A Origem das Espécies” como no exemplo a seguir:

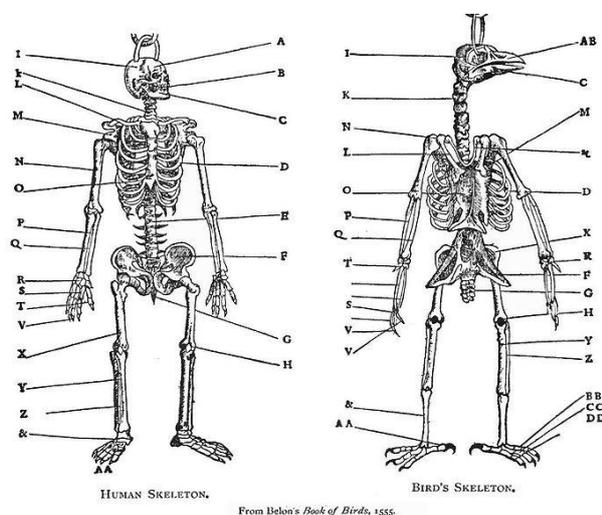
Nos animais, o uso ou não das partes tem uma influência mais considerável ainda. Assim, proporcionalmente ao resto do esqueleto, os ossos da asa pesam menos e os ossos da coxa pesam mais no canário doméstico que no canário selvagem. Ora, pode incontestavelmente atribuir-se esta alteração a que o canário doméstico voa menos e marcha mais que o canário selvagem. Podemos ainda citar, como um dos efeitos do uso das partes, o desenvolvimento considerável transmissível por hereditariedade, dos úberes das vacas e das cabras nos países em que há o hábito de ordenhar estes animais, comparativamente ao estado desses órgãos nos outros países. Todos os animais domésticos têm, em alguns países, as orelhas pendentes; atribui-se esta particularidade ao fato de estes animais, tendo menos causas de alarme, acabarem por não se servir dos músculos das orelhas, e esta opinião parece bem fundamentada. (Darwin, 2003, p.24)

Para o pensamento de Lamarck as espécies não apresentavam genealogia entre si (Ridley, 2006). Assim, o não aparecimento de fósseis de espécies viventes no registro fóssil mais antigo apenas significava que uma espécie se modificou tanto a ponto de mudar de forma e não ser mais reconhecida como a que aparece no registro fóssil, como esquematizado na figura 3.

menos descendentes e o mesmo ocorre com os descendentes desta geração e da próxima até que o percentual desta variante seja extremamente baixo na população e não esteja mais dentro dos padrões médios da espécie.

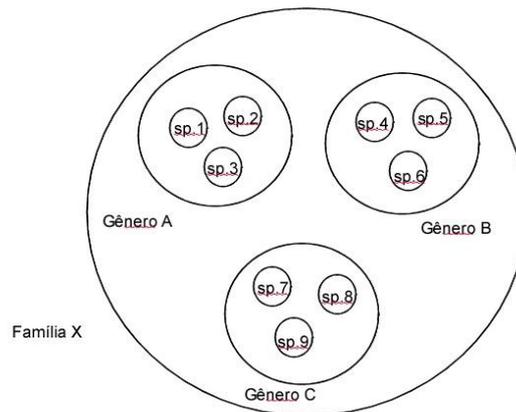
A teoria da Evolução não explica apenas como as espécies se modificam no tempo, mas introduz uma ideia completamente nova e que responde diretamente a pergunta: Como a vida se desenvolveu na Terra? Foi a ideia de uma ancestralidade comum entre todos os seres vivos que pode responder esta questão. Essa ideia está ligada aos estudos das homologias, já muito desenvolvidos até meados do século XIX. Para os naturalistas era observável que entre certas espécies haviam mais homologias do que com outras e todas acabavam por apresentar um grau mais distante e mais basal de homologia, por exemplo: corpos compostos por células. A própria sistematização dos seres vivos estabelecida pelo naturalista sueco Carolus Linnaeus em sua obra *Sistema Naturæ* de 1735 faz uso das homologias para identificar grupos por semelhança. Porém, o primeiro naturalista estudioso neste campo no ocidente foi Pierre Belon (1516-1564), conhecido por gravuras que buscavam evidenciar as homologias entre espécies distintas como a gravura presente na figura 4. A sistematização dos seres possibilitou observar que algumas homologias permitiam aproximar um grupo de espécies e que outras homologias mais globais permitiam criar grupos maiores constituídos por outros grupos como um sistema de conjuntos tal como apresentamos na figura 5.

Figura 4: Gravura do naturalista francês Pierre Belon, mostrando a homologia estrutural entre o esqueleto humano e o esqueleto de uma ave.



(Fonte: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/BelonBirdSkel.jpg>> acesso em 16/07/2014).

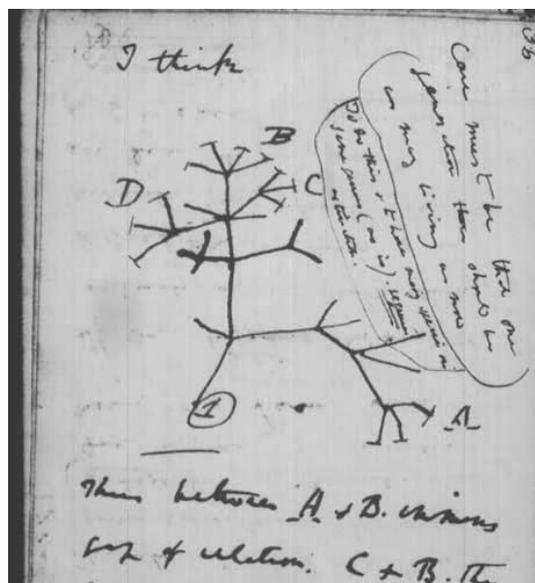
Figura 5: Sistema de conjuntos de espécies por homologias.



Fonte: O próprio autor

Assim, a questão da ancestralidade entre os seres vivos pode dar suporte às homologias observadas entre os seres vivos e a Seleção Natural permitiu compreender a origem da diversidade biológica observada. Podemos perceber no canto superior esquerdo do bloco de notas de Darwin na figura 6 a expressão “I think” em uma tradução livre seria “Eu penso que” e abaixo o esquema em forma ramificada que representa as relações entre as espécies através de uma ancestralidade comum.

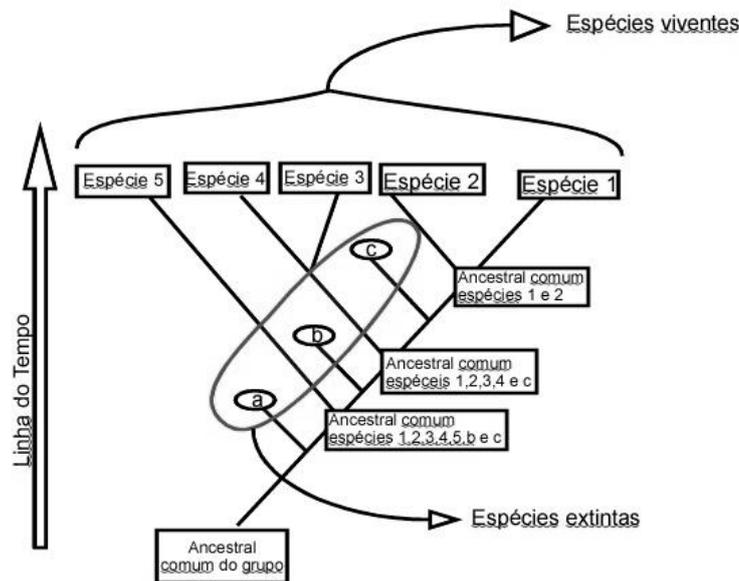
Figura 6: Imagem do bloco de notas de Darwin. Nesta foto podemos ver um esquema mostrando a ligação das espécies mediante um ancestral comum.



(Fonte: <http://noticias.sapo.pt/fotos/exposicao-a-evolucao-de-darwin_100115/6694734e8ef9ad403b140000/> acesso em 14/02/14).

Para esquematizar como fizemos anteriormente com as hipóteses pré-darwinistas sobre a história da vida apresentaremos a seguir um esquema sobre o mesmo aspecto baseado agora na Teoria da Evolução das Espécies.

Figura 7: Esquema baseado na Teoria da Evolução das Espécies. Neste esquema as espécies estão relacionadas através de um ancestral comum.



(Fonte: O próprio autor).

Convém agora explorar um pouco a origem da palavra Evolução e a construção de seus significados ao longo da história. A palavra Evolução vem do termo latino “*Evolvere*” cujo significado mais primordial é o ato de desenrolar o rolo de pergaminho (Salgado-Neto, 2009). Mas, a partir do século XVII a palavra adquiriu o sentido de desenvolvimento (neste caso ligado aos estudos de embriologia). Este significado permaneceu com a palavra Evolução até a publicação do “Sobre a Origem das Espécies” em 1859, como observa Ridley (2006). Nesse ponto a palavra Evolução passou a encerrar em si, também, o significado mudanças adaptativas com herdabilidade.

Aqui cabe uma reflexão no que concerne ao uso socialmente compartilhado da palavra Evolução. Frequentemente encontramos referências à Evolução das espécies assumindo um significado de progresso. E neste caso o progresso tem como ideia o desenvolvimento direcionado de um plano inferior (ou menos desenvolvido) para um plano superior (ou mais desenvolvido). Podemos considerar que o uso anterior da palavra Evolução com o sentido de desenvolvimento empregado para falar sobre o desenvolvimento embrionário (como, por exemplo, a

evolução fetal) contribuiu para o aprofundamento deste equívoco nos tempos modernos. Porém, encontramos na história da observação humana da natureza um fator que se funda na antiguidade clássica e que parece também contribuir com elementos para a ideia de Evolução como progresso.

Até a segunda metade do século XIX a ideia da *Scala Naturæ* da obra *De Generatione animalium* de Aristóteles (384-322 A.C.) era considerada plenamente correta. Ela mostra uma classificação que ia do mais simples e “incompleto” para o mais sofisticado e “completo”. Nessa orientação entendia-se que o ser humano é o ser mais perfeito. Assim, a escala era antropomorficamente orientada como observamos no comentário de Balme apud Ariza e Martins (2010, p. 28).

Aristóteles sugeriu, então, uma classificação de animais baseada no calor vital como um parâmetro de superioridade. Ele partia de um gênero natural, definido por várias características e então o arranjava com outros, não numa hierarquia de gênero e espécie, mas numa *scala naturæ* que vai do ser humano ao animal mais imperfeito, plantas e compostos sem vida.

A *Scala Naturæ* de Aristóteles está firmemente alicerçada no essencialismo platônico, o qual concebe que todo ser ou objeto existe primeiro como ideia e a partir de então pode existir como ser tangível. Toda a sistematização biológica foi fundada sobre a lógica de uma escala natural. Como podemos observar na classificação lineana apresentada na primeira edição do *Sistema Naturæ* em 1735, em que cada espécie nova só é reconhecida como nova a partir do correto arquivamento de um exemplar o “tipo” da espécie. Todas as espécies conhecidas pelo homem possuem ainda hoje um “tipo” da espécie que representa a figura essencial que define a espécie (RAPPINI, 2004).

Desse modo, podemos dizer que a formação do pensamento moderno se constituiu a partir de um conjunto de ideias que, às vezes, não parecem tão modernas assim, e, outras vezes, de ideias de fato novas que entraram em conflito com as já estabelecidas muito anteriormente no pensamento humano. A Teoria da Evolução de Darwin e Wallace foi uma destas ideias novas que pôs em xeque algumas ideias formuladas na Antiguidade Clássica. Apesar de ter sido aceita entusiasmadamente por parte da comunidade científica da época, a Teoria da Evolução só foi totalmente aceita 80 anos após sua formulação (MAYR, 2001).

Uma das ideias questionadas pela Teoria da Evolução foi o Essencialismo platônico. A Biologia como ciência se organizou até então a partir da ideia de que cada espécie possui uma essência ideal que a define como espécie. A única forma

de pensar uma espécie para Darwin era pensar uma população de indivíduos. E a única realidade observável nesta população é a variação singular entre seus indivíduos (MAYR, 2001). A média estatística entre os membros de uma espécie é uma mera abstração para o pensamento darwiniano e, portanto, a ideia de um representante ideal aparece tão inútil como ilógica. Outra ruptura com o essencialismo foi à ideia de que todos os seres vivos possuem um ancestral comum entre si. Em outros termos, não existem separações essenciais entre as espécies por mais diferentes que duas espécies possam parecer hoje elas possuem a mesma origem.

Uma ideia também refutada pela Teoria de Darwin e Wallace foi o Finalismo aristotélico. Este foi um dos passos mais importantes para a constituição do pensamento moderno, pois com a Evolução de Darwin a vida evolui sem uma explicação teleológica como destaca Mayr (2001, p.492):

O grande filósofo americano Van Quine, em uma conversa que eu tinha com ele cerca de um ano antes de sua morte, disse-me que ele considerava a maior conquista filosófica de Darwin consiste em ter refutado causa final de Aristóteles. O processo puramente automático de Seleção Natural, produzindo variação abundante em todas as gerações e sempre removendo os indivíduos menos adaptados, pode explicar todos os processos e os fenômenos que, antes de 1859, pode ser explicado apenas pela teleologia.

Segundo, Junior e Vasconcelos (2011), o pensamento pré-evolutivo de Lamarck é um exemplo de pensamento teleológico, já que as leis do Uso e Desuso e a Herança dos Caracteres Adquiridos, formuladas por ele, são movidas pela vontade de adaptação para a sobrevivência no meio ambiente e a herdabilidade destas características aos seus descendentes.

O papel do acaso e da aleatoriedade na geração de variabilidade na Teoria da Evolução rompe tanto com o finalismo aristotélico quanto com o determinismo científico de sua época, como destaca Mayr (2001, p.493): “Como se gabava Laplace, dizendo que se ele soubesse a localização exata e o movimento de cada objeto no universo, então ele seria capaz de prever todos os detalhes do futuro história do mundo”. De acordo com Mayr (2001), somente quando se confirmou que o acaso tinha um importante papel nas ciências físicas é que a ideia dele na Evolução das espécies foi menos criticada pelos físicos.

Poderíamos dizer que ao formular uma teoria que explicava como as espécies se modificavam no tempo e como elas se relacionam na história através de uma

ancestralidade comum, Darwin trouxe respostas para as maiores questões da história humana. Mas, a principal questão que a Teoria da Evolução das Espécies respondeu foi: Como o desenvolvimento histórico das espécies nos conduziu a biodiversidade observada hoje?

Nesta breve reflexão podemos perceber que a história socialmente construída tanto para o pensamento evolutivo quanto para os significados comportados pela palavra Evolução estão presentes nas falas dos estudantes e difusos na sociedade que participa de sua constituição como sujeitos. Para Vygotsky (2000) todo conceito possui uma história interna, ou seja, passam por um desenvolvimento e neste capítulo tivemos a oportunidade de refletir sobre o desenvolvimento do conceito de Evolução. Este processo de desenvolvimento conceitual ainda continua acontecendo, pois para Vygotsky nenhum conceito está completamente pronto e acabado. Este caminho de construção conceitual apresenta retrocessos, avanços, e transformações durante a elaboração do conceito pelo estudante. Observamos que apenas um problema pode demandar o desenvolvimento de um conceito científico e de igual maneira. Conforme Vygotsky (2000), no estudante só haverá a elaboração de um conceito se este servir à resolução de um problema complexo. Podemos notar certo paralelismo entre a construção social do conhecimento e a formação de conceitos no indivíduo. Por isso, neste trabalho buscamos reproduzir, em parte, as condições primordiais para a elaboração do conceito, levando em consideração a constituição histórica do conceito de Evolução das espécies. Desta forma, compreender mesmo que sutilmente a construção sócio-histórica da palavra e dos seus significados é também compreender, em parte, as relações construídas pelos estudantes para estes significados e a origem de determinados conceitos cotidianos. Isso pode auxiliar o processo de Ensino, permitindo ao professor ter uma melhor compreensão do pensamento do seu educando e, assim, facilitar o processo de planejamento e execução das atividades pedagógicas. No próximo capítulo tratamos de lançar as bases teóricas para a compreensão da construção do conceito dentro da perspectiva histórico-cultural. Isso pode nos auxiliar na tarefa de tornar claro em nossa visão o Ensino de Evolução passa pela construção dos conceitos que lhe fornecem o significado.

CAPÍTULO 3

A formação de conceitos em uma abordagem histórico-cultural do desenvolvimento humano: contribuições para o ensino de Evolução

Considerando que o conceito de Evolução, como vimos anteriormente requer a compreensão dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural propomos a seguinte questão de pesquisa: Uma atividade pedagógica focada nos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural, pode promover a aprendizagem do tema Evolução no Ensino Médio?

Para respondermos a essa pergunta de pesquisa é útil compreendermos como se dá a construção do conceito e qual a sua relação com o desenvolvimento e a aprendizagem. Neste contexto buscaremos compreender tal processo considerando as relações dinâmico-causais entre essa construção, o ensino e a aprendizagem. Tomaremos como base a perspectiva da teoria histórico-cultural do desenvolvimento humano, pautada no pensamento de Lev Semenovitch Vygotsky (1896 – 1934). Segundo este autor (2000) o sujeito se constitui como ser humano na medida em que internaliza a cultura na qual está inserido. Observando que para Vygotsky este processo não se dá sem a mediação do outro, cuja cultura já fora internalizada anteriormente. É importante também ressaltar que esta mediação é feita através da linguagem verbal, gestual, escrita e imagética. A existência imediatamente próxima de um mediador em si não inviabiliza a mediação. Já que livros, hiperlinks, manuais, apostilas, esquemas, figuras e hipertextos são produções de indivíduos que internalizaram a cultura e atuam também como mediadores desta através do uso de ferramentas de comunicação. Desta forma, nenhum processo de aprendizagem é totalmente autônomo, mesmo sem a presença constante de um professor o sujeito aprende através da internalização da cultura onde está imerso resignificando seus conceitos através de produções escritas, esquemas, documentários e até mesmo através do contato diário com outros membros da cultura. Diante dessa pluralidade de contextos que servem de palco para o desenvolvimento e a aprendizagem nossa sociedade privilegiou a escola como um espaço onde os conhecimentos científicos a serem aprendidos assumem uma sistematização lógica que deve auxiliar e potencializar a aprendizagem. No

panorama escolar a relação entre a construção do conceito e a aprendizagem surge como destaque na discussão sobre a sistematização do conhecimento.

Diante de uma relação tão dinâmica e dialética do sujeito com a cultura, Vygotsky apresenta o sujeito como um ser em constante mutação e desenvolvimento, na medida em que ele negocia significados com seus pares ele modifica seus interlocutores e estes modificam sua interação com ele levando o sujeito a resignificar seus conceitos em uma relação dialética. Para Vygotsky (2000) os conceitos também apresentam um dinamismo e uma história interna, nunca ficando completamente prontos e acabados. Ele destaca que é importante buscar respostas para compreender como o processo interior de desenvolvimento do conceito se dá e qual é a sua relação com o processo de aprendizagem. Para ele há dois tipos de entendimento a respeito dos processos de formação do conceito: Uma escola acredita que os conceitos não possuem qualquer história interna e devem ser “absorvidos” pelos estudantes de forma pronta. Neste caso, a memória e não o raciocínio possui a primazia na formação do conceito e na sua utilização. Os conceitos, segundo esta forma de entendimento, seriam leis de formação ou axiomas e a aprendizagem seria apenas um exercício de memorização bem ensaiado. Assim, por consequência o sujeito seria um mero aplicador destes axiomas, incapaz de modificá-los e reinterpretá-los. Esta ideia não resiste a uma breve consideração a respeito de nosso próprio processo de desenvolvimento científico: se fossemos aplicadores habilidosos de axiomas de certa forma, seríamos essencialmente distintos daqueles que produziram estes mesmos axiomas. Já que estes possuíam a capacidade de desenvolver um conceito, de reinterpretá-lo enquanto nós apenas o reproduzimos. Obviamente, não somos em essência distintos de qualquer um que um dia tenha produzido conhecimento novo pelo próprio motivo que neste momento ainda produzimos novos conhecimentos a partir de conhecimentos mais antigos. Porém, muitos mestres ainda compreendem a ideia de conceito como uma Lei, um axioma ou uma verdade pronta que deve ser aprendida através de exercícios de fixação a esse respeito Vygotsky diz:

O professor que envereda por este caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas na prática, esconde o vazio. Em tais casos, a criança não assimila o conceito mas a palavra, capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que

substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios. (2000, p. 247)

A outra forma de conceber a formação dos conceitos entende o conceito como uma estrutura mental dinâmica, nunca totalmente estanque e sempre ligada a outros conceitos por meio de nexos de abstração e generalidade. Nesta forma de pensamento a própria existência do conceito está atrelada ao seu emprego funcional e o emprego funcional do conceito permite sua resignificação ao mesmo tempo em que fornece indícios do processo psicológico de resignificação do conceito (Vygotsky, 2000). A partir desta perspectiva tomaremos a formação do conceito como foco nossa análise. Segundo Vygotsky (2000, p. 156), o processo de formação de conceitos tem necessariamente um caráter produtivo. Nesse sentido ele diz,

Os experimentos de Ach mostram que a formação de conceitos é um processo de caráter produtivo e não reprodutivo, que um conceito surge e se configura no curso de uma operação complexa voltada para a solução de algum problema (...).

Podemos dizer que para Vygotsky a simples reprodução dos conceitos enunciados pelo professor não auxiliam a construção do conceito. Somente quando o sujeito encontra a necessidade de determinado conceito para resolver um problema é que a construção toma curso. Com base nessa ideia planejamos em nossa pesquisa uma intervenção por meio do uso de uma atividade pedagógica orientada para a solução de um problema, a ser desenvolvida em grupos de estudantes do terceiro ano do ensino médio. Essa proposta se pauta na ideia que o trabalho em colaboração, mediado pedagogicamente pelo professor, pode promover a aprendizagem, já que a negociação de significados e a própria heterogeneidade de níveis de desenvolvimento entre os sujeitos pode auxiliar o aprendizado (um colega mais desenvolvido auxilia outro menos desenvolvido, em termos cognitivos, ou do conhecimento), para além da zona de desenvolvimento real (ZDR), ou seja, para além do desenvolvimento já consolidado, na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), do que está para desenvolver no indivíduo como é observado por Vygotsky (2000, p.331):

(...) o momento central para toda a psicologia da aprendizagem é a possibilidade de que a colaboração se eleve a um grau superior de possibilidades intelectuais, a possibilidade de passar daquilo que a criança consegue por meio da imitação. Nisto se baseia toda a importância da aprendizagem para o desenvolvimento, e é isto o que constitui o conteúdo do conceito da Zona de Desenvolvimento Proximal.

Segundo Vygotsky (2000a, p.112) a ZDP encontra-se na distância entre o nível de desenvolvimento real (ZDR), que é determinado pelo que o sujeito consegue fazer sozinho, e o nível de desenvolvimento potencial, que é aquilo que o sujeito consegue realizar com o auxílio de um par mais capaz. Este, pode ser o mestre ou um colega mais desenvolvido. Desta forma, se for dado ao estudante uma tarefa que ele consegue resolver sozinho, podemos dizer que esta tarefa estará em sua zona de desenvolvimento real. A tarefa assim, não irá auxiliar na aprendizagem de novos conceitos. Do outro lado se dermos ao estudante uma tarefa que ele ainda não consegue resolver, mas que com a ajuda ou o auxílio de um par mais capaz, ele possa realizar, podemos dizer que a tarefa está em sua zona de desenvolvimento potencial. Esta tarefa possibilitará ao estudante construir novos conceitos. Desta forma, é de suma importância que o pesquisador/professor sonde o nível de desenvolvimento de seus estudantes antes da aplicação da atividade pedagógica. Para desta forma propor atividades que estejam na ZDP da grande maioria da turma.

A interação entre os estudantes e entre os estudantes e o professor para a resolução dos problemas constitui um elemento fundamental para potencializar a aprendizagem dos conceitos científicos e, conseqüente, desenvolvimento cognitivo para Vygotsky (1993, p. 213):

(...) o desenvolvimento de conhecimentos sistematizados/científicos se produz nas condições reais do processo de ensino, que constitui uma forma de interação sistemática e deliberada do professor com o aluno.

Como já vimos anteriormente a formação de um conceito ocorre no curso de uma operação complexa para a solução de um problema, mas ainda precisamos compreender como o este conceito se estabelece com relação aos outros conceitos. A esse respeito entendemos que os conceitos não são construídos isoladamente, mas são estabelecidos em relação a outros conceitos já significados. A relação estabelecida entre os conceitos é uma relação de generalidade. Por exemplo: os conceitos calça, camisa, sapato estão subordinados ao conceito roupas que é um conceito com maior generalidade (VYGOTSKY, 2000). Assim como no exemplo, os conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural são subordinados ao conceito de Evolução. Da mesma forma que o conceito roupas não possui nenhum significado sem que em primeiro lugar o sujeito tenha construído os conceitos calça, camisa e sapato, o conceito Evolução não possui significação sem que em primeiro

lugar o educando tenha construído os conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Assim, acreditamos que os estudantes possam construir o conceito de Evolução tendo como base as articulações de conhecimento feitas a partir processos evolutivos podendo compreender e compartilhar com outros estudantes explicações científicas sobre a origem e diversificação dos seres vivos. Com base nessas ideias e para respondermos a nossa questão de pesquisa propomos o desenvolvimento de uma atividade pedagógica centrada nos conceitos de variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Nesta atividade a construção dos conceitos subsidiários ao conceito Evolução foi centrada na compreensão dos processos e não dos produtos. Assim, como a análise das interações tem como objeto os processos e não o produto em si.

Para Vygotsky (2000) a formação dos conceitos se dá dentro de fases de desenvolvimento. Ele as dividiu em três grandes fases que ele escolheu nomear como: pensamento sincrético, pensamento por complexo e pensamento por conceito (VYGOTSKY, 2000). Iremos tratar apenas das fases do pensamento por complexo e do pensamento por conceito. Já que o pensamento sincrético é observado quase sempre em crianças menores de 4 anos e no nosso caso, analisaremos a fala de adolescentes maiores de 14 anos. Esta reflexão sobre as fases do desenvolvimento humano na formação do conceito será útil para que as análises dos dados tonem-se mais evidentes e nossas conclusões preliminares tornem-se mais claras ao final desta leitura.

Começemos a nossa reflexão pela fase dos pensamentos por complexos. O nome pensamento por complexos vem do fato da criança nesta fase do desenvolvimento criar complexos ou agrupamentos de objetos que possuam um vínculo concreto (VYGOTSKY, 2000). Por exemplo, ao se misturar inúmeras representações de objetos do cotidiano e pedir para que a criança os ordene, ela irá criar agrupamentos como, por exemplo, o agrupamento de objetos necessários para tomar banho, ou para estudar ou a coleção dos objetos da mesma cor. Nesta fase a criança não faz uso das associações por nexos subjetivos. O que se destaca aqui é a associação por meio de nexos objetivos como, por exemplo, a cor, a função, etc. Neste caso as associações se dão no plano concreto-factual como assinala Vygotsky (2000, p.180): “O mais importante para construir um complexo é o fato de ele ter na sua base não um vínculo abstrato e lógico, mas um vínculo concreto e factual entre elementos particulares que integram a sua composição”.

Essa fase de desenvolvimento é subdividida por Vygotsky em outras fases. Iremos destacar aqui uma dessas fases que é o pensamento por pseudoconceito que será útil em nossa análise mais adiante. Segundo Vygotsky (2000) o pseudoconceito tem esse nome por sua semelhança com o conceito verdadeiro. O conceito verdadeiro é uma generalização baseada em nexos abstratos. Ou seja, podemos aplicá-lo em inúmeros contextos e a sua ligação com outros conceitos se faz por meio de ligações de objetivas e abstratas. Por exemplo, o conceito de Evolução, podemos a partir dele, fazer inúmeras generalizações, que significa aplicá-lo em diferentes contextos, exemplificando: podemos aplicá-lo ao surgimento de bactérias super-resistentes e a história evolutiva humana. Os nexos de objetivos e abstratos significam que o conceito possui ligações com outros conceitos através de relações objetivas (pessoas distintas podem observar tal relação de modo independente), e não se baseia em um elemento concreto (cor, tamanho, função, posição) como a ligação entre Variabilidade e Evolução. De modo semelhante o pseudoconceito também é uma generalização e estabelece entre seus elementos, ligações objetivas, mas de modo diferente do conceito verdadeiro estas ligações objetivas são concretas. Poderíamos examinar novamente a palavra Evolução, ela em outro contexto pode ser pseudoconceito se ela for ligada a outras palavras como Darwin, Seleção Natural e Adaptação através de ligações concretas. Mas, que ligações poderiam ser estas? Damos como exemplo um complexo formado pelas palavras utilizadas na aula de Evolução. Então, as palavras Darwin, Seleção Natural, Adaptação e Evolução são palavras que possuem como nexo concreto o fato de pertencerem à coleção de palavras enunciadas em aulas que tratam da Evolução das espécies. Desta forma o estudante pode lembrar-se das palavras como relacionadas às aulas de Evolução e liga-las por meio deste vínculo formando um complexo. Outra característica que difere o pseudoconceito do conceito verdadeiro é que no pseudoconceito não há hierarquia nas ligações entre os conceitos, os elementos de um complexo se ligam diretamente ao todo enquanto que no conceito verdadeiro as ligações entre os conceitos são hierarquizadas do conceito mais geral para o mais particular. Poderemos ver no capítulo de análise que os estudantes que ainda constroem pseudoconceitos para Evolução são incapazes de explicar os processos evolutivos, apesar de conhecerem as palavras e reconhecerem o contexto correto para a sua utilização. Vygotsky (2000, p.190) fala a respeito do pseudoconceito:

Chamamos este tipo de complexo de pseudoconceito, por que a generalização formada na mente da criança, embora fenotipicamente semelhante ao conceito empregado pelos adultos em sua atividade intelectual, é muito diferente do conceito propriamente dito pela essência e pela natureza psicológica.

No capítulo seguinte apresentaremos uma descrição da metodologia empregada neste trabalho, a fundamentação teórica que norteou nossas escolhas durante a elaboração deste estudo, assim como a descrição explicativa da atividade pedagógica aplicada.

CAPÍTULO 4

4.1 Procedimentos metodológicos da investigação

Tendo em vista as características próprias da constituição histórica do sujeito que ocorrem pela mediação do outro e da linguagem, assinalamos que para Vygotsky (2000) a pesquisa em Ensino deve focar no estudo de processos e não de produtos ou objetos. No trabalho de Silva (2013) a autora afirma que, segundo Vygotsky, uma análise objetiva dos fenômenos deve ser mais do que uma enumeração de características externas do processo, mas uma análise das “relações dinâmico-causais” do processo estudado. Assim, o que buscamos em nossa pesquisa não é observar se os estudantes conseguem ou não realizar uma determinada atividade pedagógica, mas sim como eles realizam esta atividade e, principalmente, como elaboram e utilizam os conceitos para realizá-la. Para Fontana (apud Silva, 2013) na apreensão e análise de um processo é importante não somente pesquisar o processo, como também interferir nele. Isso corrobora nossa proposta de investigar a formação de um conceito através de uma intervenção/atividade pedagógica.

Segundo Silva (2013), a partir destes pressupostos, pesquisadores que trabalham segundo a teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento Humano sistematizaram um caminho metodológico denominado de análise microgenética. Esta metodologia busca analisar e documentar a transição do funcionamento inter-psicológico para o funcionamento intra-psicológico, ou seja, a passagem do raciocínio compartilhado entre os indivíduos mediante a fala, gestos e outras ferramentas de comunicação para o raciocínio internalizado no sujeito.

Desse modo a análise microgenética privilegia as interações verbais discursivas e as interações entre os sujeitos. Por este motivo, em nossa análise privilegiaremos essas interações e para captá-las utilizamos a gravação de áudio e vídeo nas aulas em que a atividade pedagógica foi aplicada. Como esta é uma metodologia histórico-dialética ela deve contemplar os processos históricos envolvidos na própria constituição do processo estudado. No caso da investigação proposta neste trabalho analisaremos “recortes” do processo histórico de formação de conceitos pelos estudantes com o propósito de analisar a gênese do conceito de Evolução, por isso nossa análise será microgenética.

Para que pudéssemos documentar e analisar a transição do funcionamento inter-psicológico para o intra-psicológico dentro da nossa opção metodológica, fizemos o registro das interações verbais ocorridas entre os estudantes e entre estes e o professor no curso da resolução conjunta de uma situação problema. A situação problema foi estruturada dentro da atividade pedagógica voltada para a construção do conceito de Evolução, conforme apresentado anteriormente na atividade pedagógica. O referido registro foi feito em áudio e vídeo das interações discursivas dos estudantes e do pesquisador/professor, e foi utilizado para construção dos dados da investigação. Para essa construção, os registros das interações verbais foram transcritos, recortados em episódios, que melhor evidenciam o processo de construção de conceitos, e submetidos à análise.

Assim, por meio da análise das interações discursivas pretendemos evidenciar se a construção do conceito de Evolução é promovida ou não com a construção dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural durante a solução do problema proposto na atividade pedagógica.

Esclarecemos que a situação problema foi estruturada no contexto da atividade pedagógica e que foi realizada em uma escola estadual da Rede Pública de Ensino na cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul com 19 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, com idades variando de 16 a 19 anos. Realizamos cinco encontros com duração média de cinquenta minutos cada um, no período matutino, nas aulas atribuídas à disciplina de Biologia. Estas aulas foram gentilmente cedidas pela professora titular desta disciplina na turma escolhida. O critério para a escolha da turma foi decidido em conjunto com a professora da disciplina de Biologia dos três terceiros anos da escola, levamos em conta a experiência das classes com aulas filmadas e os resultados obtidos em projetos semelhantes feitos anteriormente. Pelo relato dos professores a turma selecionada apresentou maior naturalidade com filmagens em aulas anteriores. Como as turmas eram basicamente equivalentes em faixa etária, grupo social e conhecimento escolar. Levamos em conta apenas a experiência das turmas com aulas de projetos filmadas escolhendo assim, a turma na visão de seus professores era a que mais naturalmente reagia em aulas filmadas.

No desenvolvimento da atividade pedagógica os estudantes trabalharam em grupo a fim de promover as interações discursivas entre os sujeitos. Neste trabalho analisamos o processo de construção dos significados dos conceitos de variabilidade, Adaptação e Seleção Natural quando estes foram utilizados pelos

estudantes para compreender e explicar a Evolução dos seres vivos. Para que conseguíssemos analisar esse processo fizemos o uso da análise das interações discursivas que ocorreram ao longo do desenvolvimento da atividade pedagógica, que foi realizada segundo os pressupostos da teoria histórico-cultural.

Embora tenhamos assinalado que o conceito é construído no curso de uma operação complexa para a resolução de um problema, nosso principal objetivo não é observar a resolução de um problema, mas sim analisar o uso dos conceitos e dos significados associados a tais conceitos, para a resolução do problema. Essa ideia se apoia no que diz Vygotsky (2000, p. 161):

(...) o objetivo não é a explicação do processo. A questão central, fundamental, vinculada ao processo de formação do conceito e ao processo de atividade voltada para um fim, é o problema dos meios através dos quais se realiza essa ou aquela operação psicológica, essa ou aquela atividade voltada para um fim.

É por este motivo, que faremos a análise das interações discursivas e buscaremos os significados que os estudantes elaboraram para os conceitos científicos que são objetos investigação neste trabalho.

Nas análises das interações procuramos evidenciar algumas articulações conceituais, a existência de conceitos cotidianos e se os estudantes terão ou não a aprendizagem promovida pela atividade pedagógica. Compreender mesmo que sucintamente como Vygotsky entende a formação do conceito no desenvolvimento humano é útil para compreendermos as primeiras interações com os estudantes.

A coleta de dados foi feita por meio da gravação em vídeos das interações discursivas entre os alunos e destes da classe com o professor (com uma filmadora), da gravação de áudio dos grupos (com um gravador de áudio por grupo) e da produção escrita dos estudantes.

Com base na abordagem Microgenética, os registros de áudio e vídeo foram selecionados por episódios (LEMKE, 1990), nos quais os estudantes enunciaram os significados elaborados para os conceitos de Variabilidade, Adaptação, Seleção Natural e as articulações destes conceitos utilizadas para construir o conceito de Evolução na solução de um problema proposto a eles. Esses episódios foram transcritos, recortados e submetidos à análise para responder à questão de investigação: Uma atividade pedagógica focada nos conceitos de Variabilidade,

Adaptação e Seleção Natural, pode promover a aprendizagem do tema Evolução no Ensino Médio?

A seguir apresentamos a descrição explicativa da atividade pedagógica e, posteriormente, de forma mais sucinta, a sequência de ações a serem realizadas na mesma e os passos a serem seguidos no processo de investigação.

4.2 Atividade pedagógica: Processos evolutivos

Descrição explicativa da atividade pedagógica

A atividade pedagógica proposta neste trabalho está estruturada em três módulos a partir do Método Funcional de Dupla Estimulação descrito por Vygotsky (2000, p.164) e desenvolvido por L. S. Sakharov e colaboradores. Ele consiste em duas séries de estímulos uma inicial cuja função é criar o objetivo para a construção do conceito e outra final cujo objetivo é organizar a atividade e servir como “arcabouço” para a estruturação final do conceito tratado. Desta forma, não há período de memorização para o estudante e o conceito é elaborado e reelaborado ligado diretamente a sua função.

É importante ressaltar aqui que, como mencionamos anteriormente, para Vygotsky os conceitos somente são elaborados e reelaborados no curso da resolução de um problema, assim o sujeito deve perceber um objetivo claro que neste caso a resolução de um problema específico. Nessa perspectiva, nós estruturamos nossa atividade pedagógica de modo a colocar o estudante em contato com o problema que ele ainda não tem condições de resolver, a fim de gerar a necessidade inicial de reelaboração do conceito.

O problema a ser resolvido deve sempre superar a capacidade imediata do estudante de resolvê-lo sem ajuda. Isso porque, segundo Vygotsky (2000) a aprendizagem precede o desenvolvimento e assim apresentamos inicialmente um vídeo de 4 minutos que teve como objetivo criar a pergunta básica que permeou todas as atividades e que retornou ao final dos módulos a fim de dar sentido e permitir a organização dos conceitos elaborados durante a atividade. Esse vídeo falou a respeito do surgimento de bactérias super-resistentes aos antibióticos em hospitais do sul do Brasil. Nele os estudantes tiveram acesso a uma informação presente na mídia que pode afetar diretamente suas vidas ou a de seus familiares e que estava relacionado diretamente a Evolução de bactérias por meio do evento de

seleção imposto pelo uso de antibióticos. Observamos que as informações sobre o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos e que o uso inadequado destes medicamentos é prejudicial, estão amplamente divulgados e iremos mais adiante poder observá-los nas falas dos estudantes. Porém, a causa última destes fenômenos é completamente obscura para os estudantes e está ausente da explicação dada por supostos “especialistas” na mídia em geral. A causa última a que nos referimos é o evento de Evolução ocorrido nas populações bacterianas. A falta de relação deste evento com a Evolução talvez se dê pelo fato de ser amplamente divulgado que a Evolução se dê em uma janela de tempo extremamente grande e impossível de ser observada durante a existência humana. Esta noção está equivocada já que o correto seria afirmar que eventos evolutivos ocorrem em um número muitíssimo grande de gerações. Eventos de Evolução são possíveis de serem observados dentro do espaço da existência humana (em torno de 75 anos) caso o tempo de geração da espécie observada seja extremamente curto (dentro da nossa referência temporal). No caso das bactérias este tempo de geração é de apenas 20 minutos e a população pode se reproduzir em progressão geométrica, o que diminui ainda mais o tempo para a observação de mudanças nas frequências alélicas no conjunto da população e, conseqüentemente, no fenótipo médio desta população.

Como nos referimos anteriormente, segundo Vygotsky (2000, p.362), os conceitos não são construídos de modo independente de outros conceitos. Todo conceito é dependente de outro conceito e essa relação é hierarquizada por grau de generalidade. Assim, conceitos menos gerais dão significado para conceitos mais gerais. Desta forma, os conceitos sapatos, calça e camisa são menos gerais e dão significado ao conceito roupas que é um conceito mais geral. É impossível saber ao certo o que sejam roupas sem construir de alguma forma os conceitos subsidiários como, por exemplo: vestido, blusa, calça e camisa. Seguindo esta ideia construímos uma atividade de ensino que busca auxiliar o estudante na construção do conceito de Evolução a partir de conceitos menos gerais e subsidiários do conceito de Evolução. Os conceitos escolhidos foram os conceitos Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Estes conceitos foram escolhidos por permitirem uma primeira elaboração para o conceito de Evolução, que, a nosso ver, atinge o cerne da Teoria formulada por Darwin e Wallace. Obviamente novos elementos podem ser adicionados a estes para permitir uma visão mais moderna da Evolução. Porém, este é um ponto de partida bastante robusto para o estudo da Evolução. A forma

como o livro “A Origem das Espécies” foi estruturado para permitir a compreensão da Teoria da Evolução corrobora nossa escolha. Como mencionamos no capítulo 2 deste trabalho, os capítulos iniciais do livro de Darwin e Wallace tratam do conceito de Variabilidade, Adaptação (Luta pela existência) e Seleção Natural.

A atividade foi composta por três módulos. O primeiro módulo foi destinado à formação do conceito de variabilidade fenotípica intraespecífica. Neste módulo propusemos uma atividade na qual o estudante pudessem observar pequenas variações na forma de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Esta simples atividade de observação teve como objetivo chamar a atenção do estudante para a variabilidade natural existente nas biopopulações e que é frequentemente esquecida. Os estudantes neste módulo também foram convidados a separar por espécie as fotos de indivíduos de quatro espécies diferentes. O objetivo nesta atividade foi levar os estudantes a observar a coesão fenotípica e a Variabilidade de fenótipos dentro das espécies. Ainda neste módulo os estudantes foram questionados quanto à existência e as causas da existência da Variabilidade fenotípica nas populações. Estas perguntas encerraram o primeiro módulo e deveriam permitir aos estudantes começar a perceber a Variabilidade dentro das populações aparentemente homogêneas, para, assim, ressignificar este conceito. A partir das respostas, identificamos os significados que os estudantes construíram do conceito de Variabilidade nesta etapa inicial.

O segundo módulo foi destinado às atividades de construção do conceito de Adaptação. Dentro deste módulo foi apresentado um recorte de vídeo, apresentando um exemplo de adaptação. Neste caso o exemplo escolhido foi a adaptação dos pés de maracujá às borboletas heliconia (disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=yIbuGgMzDjM> acesso em 13/02/14).

Os estudantes após terem assistido o vídeo foram questionados sobre o surgimento da variedade de pé de maracujá e a origem desta adaptação. A intenção neste ponto foi levar os estudantes a utilizar o entendimento a respeito do mecanismo de adaptação e aplicá-lo para explicar o surgimento da adaptação observada no vídeo. Esperávamos ao final desta atividade que os estudantes relacionassem Variabilidade e Adaptação. Neste ponto, os estudantes deveriam perceber que na Variabilidade de fenótipos existentes em uma população alguns são mais vantajosos do que outros, em um determinado cenário (sob uma determinada pressão seletiva). Após as discussões a respeito do vídeo apresentado os estudantes foram introduzidos em uma nova atividade, o jogo dos bicos. Esta

atividade teve por finalidade reforçar a ideia de que alguns fenótipos apresentam um melhor desempenho do que outros na execução de determinada tarefa. A atividade foi inspirada no caso dos tentilhões de Galápagos descrito por Darwin (2003) para propor aos estudantes que em grupo realizem um jogo de catar sementes¹, Neste jogo cada participante recebe um tipo de pinça (em analogia aos diferentes formatos de bicos encontrados nos tentilhões) e ganha o jogo aquele que conseguir coletar o maior número de sementes dentro de um espaço de tempo. Antes da atividade foi explicado aos estudantes que eles representavam populações de pássaros da mesma espécie e a diferença observada entre cada bico era uma Variabilidade normal da espécie em questão. Os estudantes foram separados em grupos simulando ilhas em cada ilha foi disposto um tipo diferente de semente. Isso significa que em cada grupo houve um tipo diferente de pinça vencedora. Este jogo teve por finalidade demonstrar que certos formatos de pinça ou bico são mais eficazes do que outros para realizar uma determinada tarefa. A eficácia, neste caso, implica um maior número de sementes que significa mais comida e, por consequência, mais descendentes. Após esta atividade os estudantes analisaram os resultados em conjunto com o pesquisador e elegem a melhor pinça para cada tipo de semente e discutiram sobre a relação entre Variabilidade e Adaptação.

O terceiro módulo foi destinado à construção do conceito de Seleção Natural e Evolução. Retomamos os conceitos de Variabilidade e Adaptação e propusemos um mecanismo de seleção a partir da seleção artificial feita pelo ser humano para a criação das raças de cães. Logo em seguida, trabalhamos os conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural no contexto de uma simulação computacional, cuja interface gráfica é voltada para jovens estudantes de língua portuguesa. Esta interface computacional simula a interação entre populações de predador (lobos) e presa (coelhos) em dois tipos de ambientes distintos: Equador (fundo marrom) e Ártico (fundo branco). A população de coelhos tem pelagem branca como fenótipo selvagem e pelagem castanha como fenótipo mutante. As populações de coelhos e lobos se reproduzem em número e tempo de geração de acordo com o algoritmo do programa. O usuário deve escolher o tipo de ambiente onde acontece a simulação Equador ou Ártico. Quando o ambiente escolhido é o Ártico cujo fundo é branco os coelhos cuja pelagem é castanha são os mais predados, por ficarem em evidência no ambiente branco, logo sua proporção na

(1) Este jogo foi inspirado no jogo "Guerra dos Bicos", escrito por Roberto Ternes Arrial, publicado no Banco de

população de coelhos rapidamente decresce e desaparece da população. Já quando o ambiente selecionado pelo usuário é o Equador cujo fundo é marrom os coelhos brancos são os mais predados, fazendo sua proporção na população decair em cada geração até que apenas haja coelhos castanhos. Esta simulação está disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/natural-selection, acesso em 17/02/2014.

Após a aplicação da simulação dirigimos as seguintes questões aos estudantes: Quando o fator de seleção era o predador (os lobos) que diferença fazia a cor do coelho? Quem sobrevivia mais no equador? O coelho branco ou o marrom? Por quê? Na natureza existem outros fatores de seleção? Neste ponto o objetivo é levar os estudantes a construir o conceito de Seleção Natural, articulando-o com os conceitos de Variabilidade e Adaptação.

No módulo de fechamento foi reapresentado o vídeo sobre o surgimento de super-bactérias resistentes a praticamente todos os antibióticos existentes, (disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=iPKsIZkwtPQ> acesso em 20/01/2014). Foi dado um tempo extra para que os estudantes trabalhassem em conjunto e para que pudessem ter tempo de elaborar e reelaborar os conceitos trabalhados nos módulos anteriores e fazerem suas considerações sobre o problema.

Com base nessa atividade pedagógica é que procuramos buscar respostas à questão de investigação desse estudo que foi: uma atividade pedagógica focada nos conceitos de variabilidade, Adaptação e Seleção Natural, pode promover a aprendizagem do tema Evolução no Ensino Médio?

4.3 Síntese e passos seguidos na atividade pedagógica

Este planejamento de atividades está dividido em 3 módulos. Cada um dos módulos trata de um dos três conceitos mediadores da construção do conceito de Evolução: Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural.

Problema introdutório: (tempo estimado: 5 min.)

O surgimento de bactérias resistentes a antibióticos (as superbactérias) levou o governo brasileiro a aumentar o controle na venda de antibióticos. Por exemplo:

Uma pessoa só pode comprar um antibiótico com a receita médica que fica retida na farmácia. Este problema levanta a questão como surgem estas “superbactérias”? O que isso tem haver com a Evolução das espécies?

Assistir ao vídeo do Jornal da Record:

<http://www.youtube.com/watch?v=iPKsIZkwtPQ> , acesso em 17/02/2014.

Propor aos estudantes a seguinte situação:

Vocês foram convidados a explicar como surgem as superbactérias e a partir daí indicar uma solução.

1º Módulo: Estudo sobre a variabilidade das populações. (Tempo estimado: 50min.)

Objetivo: Reconhecer a variabilidade fenotípica existente nas populações e a herdabilidade de fenótipos parentais.

Conceitos abordados: Hereditariedade, Variabilidade e mutação.

Atividade 1: (tempo estimado: 15 min.)

Objetivo da atividade: Promover a percepção dos estudantes quanto à variabilidade fenotípica dentro de uma espécie, ou seja, mesmo dentro dos grupos de indivíduos da mesma espécie existem diferenças observáveis.

Conceitos abordados: Variabilidade e fenótipo.

Os estudantes serão convidados a observarem atentamente alguns grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris*) por alguns minutos e elencarem os tipos de diferenças encontradas entre os grãos. Esta atividade introdutória visa atrair a atenção dos estudantes para a percepção da diversidade existente no meio natural. Nesta fase é interessante listar as diferenças observadas pelos estudantes e fazer provocações do tipo: “Por que as sementes são diferentes?” e “Qual é a origem destas diferenças?”

Nesta atividade serão apresentadas aos estudantes 40 fotos de indivíduos de 4 espécies diferentes de mamíferos sendo 10 de cada espécie. As espécies selecionadas são: *Homo sapiens* (Humano), *Felis catus* (Gato doméstico), *Canis lupus familiaris* (Cão doméstico) e *Pan troglodytes* (Chimpanzé). Os estudantes

serão convidados a separar as fotos dos diferentes indivíduos identificando as 4 espécies diferentes.

Perguntas:

Os indivíduos de cada uma das espécies apresentadas são idênticos entre si?

Qual é a origem da variabilidade de tipos e formas observadas nas populações?

Quem já ouviu falar em mutação? O que significa esta palavra?

Interlocução 1: (tempo estimado: 20 min.)

Objetivo da interlocução: O objetivo desta interlocução é introduzir o conceito de mutação ao acaso que será essencial para compreender a origem da variabilidade fenotípica de uma população e fornecer as bases para a construção do entendimento da não direcionalidade da Evolução.

Conceito abordado: Mutação

No material genético de uma pessoa existem genes, estes genes de certa forma constituem uma receita de bolo, mas ao invés de dizer como fazer um bolo os genes de uma pessoa em conjunto dizem como fazer um ser humano. Agora imagine que esta receita sofreu uma mudança (uma mutação) aleatória no modo de fazer. O que pode acontecer com a receita?

Se a mudança for muito pequena o resultado é desastroso?

Se a mudança for a subtração de um ingrediente básico como a farinha no bolo, o resultado será desastroso?

Se a mudança for à substituição de um ingrediente por outro parecido, o que deve acontecer?

No exemplo a seguir veremos diferentes variedades de formas de cães. Estas variedades somente existem graças às mutações, ou seja, graças às mudanças na “receita” de como se faz um cão.

Atividade 2: (tempo estimado: 15 min.)

Objetivo da atividade: O Objetivo desta atividade é levar os estudantes a reconhecer a herdabilidade das mutações que originam as diferentes variações fenotípicas observadas em uma espécie.

Conceito abordado: Herdabilidade de mutações

Usando fotos de indivíduos filhotes da espécie *Canis lupus familiaris* (diferentes raças) pedir aos estudantes que indiquem qual seria a aparência mais provável dos pais dos indivíduos caninos apresentados inicialmente, colocando duas fotos dos pais e dos filhotes juntas. Depois os estudantes devem colocar as fotos (pais e filhos) na espécie correspondente no exercício 1. Raças usadas (Dachshund, Fox Paulistinha, Chau Chau e Pug).

Exemplo:

Figura 8: Exemplos de filhotes e adultos de diferentes raças caninas exemplificando a herdabilidade de certos fenótipos.



Fonte www.caesmania.com/download

Perguntas:

Imagine que por causa do aquecimento global o tempo ficasse tão quente que todos os cães de pelo longo ficassem estéreis, ou seja, sem capacidade de gerar filhotes. Qual seria o tipo de pelagem de cachorro (longo ou curto) mais encontrada daqui a 100 anos? Por quê?

Isto serve para todas as espécies animais e vegetais?

Neste exercício queremos que os estudantes percebam que características fenotípicas podem ser herdadas de pais para filhos de geração em geração e que isto estabiliza o fenótipo na população.

2ª Módulo: A Adaptação dos fenótipos. (Tempo estimado: 50min.)

Objetivo: Compreender que uma determinada mutação pode gerar fenótipos mais ou menos adaptados a uma determinada demanda do ambiente em que o indivíduo está inserido.

Conceitos abordados: Adaptação dos fenótipos.

Interlocução 1: (tempo estimado: 10 min.)

Objetivo da interlocução: Introduzir o conceito de Adaptação.

Conceito abordado: Adaptação dos fenótipos

Quando tentamos colocar um plug de 3 pinos em uma tomada de 2 furos nós conseguimos? Não? Então, o que geralmente buscamos? Um objeto que de um lado ele aceita o plug de 3 pinos e do outro ele tem 2 pinos que se encaixa perfeitamente na tomada. Como chamamos este objeto? Adaptador! Então poderíamos dizer que sem o adaptador o plug de 3 pinos não está adaptado à tomada de 2 furos?

Então, certos fenótipos, que são características do indivíduo, apresentam uma maior Adaptação quando comparados a outros fenótipos de uma população. Ou seja, possuem uma forma mais adequada para realizar certa função, como os plugs de 3 e 2 pinos com relação às tomadas de 2 furos.

Mas, na natureza não encontraremos plugs, as questões de sobrevivência são mais do tipo: como escapar de um predador, ou como conseguir se camuflar, ou como atrair mais parceiro(a)s sexuais. Existem exemplos dos mais diversos e os de maiores sucessos são os que se tornam de maior frequência na população.

Vejamos o exemplo de um fenótipo adaptado ao seu meio.

Apresentar trecho do documentário produzido pela BBC em 1995 intitulado (A vida secreta das plantas) disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=yIbuGgMzDjM>

Pergunta:

Qual é a vantagem que os pés de maracujá que possuem em suas folhas manchas e botões que lembram os ovos da borboleta Helicônia têm sobre aqueles pés de maracujá que não os possuem? Por quê?

Atividade: Para compreendermos o que significa esta adaptação iremos realizar agora uma atividade chamada guerra dos bicos:

Atividade 1 (tempo estimado: 40 min.)

Objetivo da atividade: Promover a construção do conceito de Adaptação.

Conceito abordado: Adaptação.

Instrução para o jogo dos Bicos 2:

Materiais necessários:

5 tipos diferentes de pinças (É importante que as pinças sejam de formas bastante diversas);

6 tipos diferentes de sementes (É importante que as sementes tenha forma e textura bastante diversas);

1 copo plástico por participante.

Juntando as carteiras formar uma base que será chamada de ilha. Em cada ilha haverá um tipo de semente nativa (colocar um punhado de um dos tipos de sementes no meio da ilha).

Cada participante deve receber uma pinça. Os participantes representam populações de pássaros e as pinças representam seus bicos. Apesar de serem da mesma espécie seus bicos apresentam certa variedade de formatos que pode favorecer ou não a coleta um tipo de semente.

Todos juntos devem competir para ver quem consegue colher o maior número de sementes no espaço de 1 min. O resultado final será conhecido no final da 4ª rodada. Cada rodada eliminará os que colheram menos sementes (1 quinto dos participantes).

² Este jogo foi inspirado no jogo “Guerra dos Bicos”, escrito por Roberto Ternes Arrial, publicado no Banco de Objetos de Ensino do MEC. Disponível em:
<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/3597/Guerra_dos_Bicos-1.pdf?sequence=1>.
Acesso em 31/08/2013

O jogo deve acontecer nas 7 ilhas ao mesmo tempo. Ao final da partida anotar os tipos de pinças vencedoras em cada ilha e qual era a semente nativa.

Discussão após o jogo:

Apresentar os resultados finais das 7 ilhas: Quais pinças foram as vencedoras e com quais sementes. (É importante que apresente o resultado completo mostrando o 2º, 3º, 4º e 5º colocados em cada ilha). Os estudantes observarão que quem tem o bico mais adaptado para coletar certo tipo de sementes tem mais recursos e assim pode proliferar mais na população e quem está menos adaptado tem menos recursos e se prolifera menos na população. Desta forma observamos variantes mais comuns (mais adaptados a um determinado fator ambiental) e variantes menos comuns (menos adaptado a um determinado fator ambiental).

Pedir para os estudantes dizerem o que acharam da sua pinça com relação a sua semente. Foi fácil ou difícil, a pinça era melhor ou pior que a dos colegas para pegar a semente nativa?

Imaginando que essa competição por alimento continuasse por muitas gerações que tipos de bicos esperaríamos encontrar em maior número em cada ilha?

Perguntar: “Em sua opinião alguma pinça é melhor que todas as outras para coletar as sementes? Ou para cada semente um tipo de pinça é melhor?”

Os resultados finais do jogo confirmam isso?

Figura 9: Dois exemplos da imensa diversidade de formatos de bicos observadas das aves.



Fonte: <http://www.colorfotos.com.br/pantanal/aves.htm>

Qual é a origem da grande variedade de formas de bicos observada nas aves?

Qual destes tipos de bicos seria mais adaptado para pegar pequenos moluscos na beira de uma lagoa?

Módulo 3: Seleção Natural (tempo estimado: 50 min.)

Objetivo: Compreender o funcionamento do mecanismo de Seleção Natural articulando este conceito com os conceitos de variabilidade e Adaptação já abordados anteriormente.

Conceitos abordados: Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural.

Interlocução 1 (tempo estimado: 20 min.)

Objetivo da interlocução: Introduzir o conceito de Seleção Natural

Começar a aula perguntando o que os estudantes entendem pela palavra seleção.

Quando dizemos que a seleção brasileira ganhou um jogo o que significa? Porque dizemos “Seleção Brasileira” porque não “Time Brasileiro”?

Dar tempo para os estudantes elaborarem a resposta.

O meio ambiente também seleciona os mais adaptados. A este processo chamamos de Seleção Natural. Neste processo os que possuem fenótipos mais adaptados geram mais descendentes, como vimos anteriormente. Assim, os descendentes são mais semelhantes aos seus pais do que com o restante da população. Então, um determinado fenótipo começa a aumentar na população, enquanto outros que não apresentam grandes vantagens começam a diminuir. Por incrível que pareça nossos ancestrais compreenderam o funcionamento deste princípio básico da vida há milhares de anos. Foi graças a este conhecimento que pudemos dirigir o desenvolvimento de espécies vegetais e animais que nos servem de alimento e nos ajudam no trabalho.

Por exemplo: Todas as raças de cães domésticos foram criadas a partir de uma população de lobos ancestral e se quisermos criar outras a partir das raças atuais também podemos. Mas, a grande pergunta é como podemos formar novas variedades de cães?

Discussão

Vamos retomar alguns pontos:

Em uma população de cães existe uma variabilidade de fenótipos, ou seja, de características como, por exemplo: cor do pêlo, tamanho das patas, comprimento de focinho, formato da orelha?

Tempo para discussão: 5 min.

Algumas destas características são mais vantajosas que outras para uma determinada tarefa ou para viver em um determinado ambiente?

Tempo para discussão: 5 min.

Estes fenótipos podem passar dos pais para os filhos de geração em geração?

Tempo para discussão: 5 min.

Retomar as respostas para ajudar os estudantes a concatenar as ideias.

Então, podemos dizer que as espécies não são imutáveis? Ou seja, através de cruzamentos direcionados podemos modificar a aparência típica de uma espécie?

Na natureza não existe alguém direcionando os cruzamentos, mas tem um fenômeno chamado “Seleção Natural”.

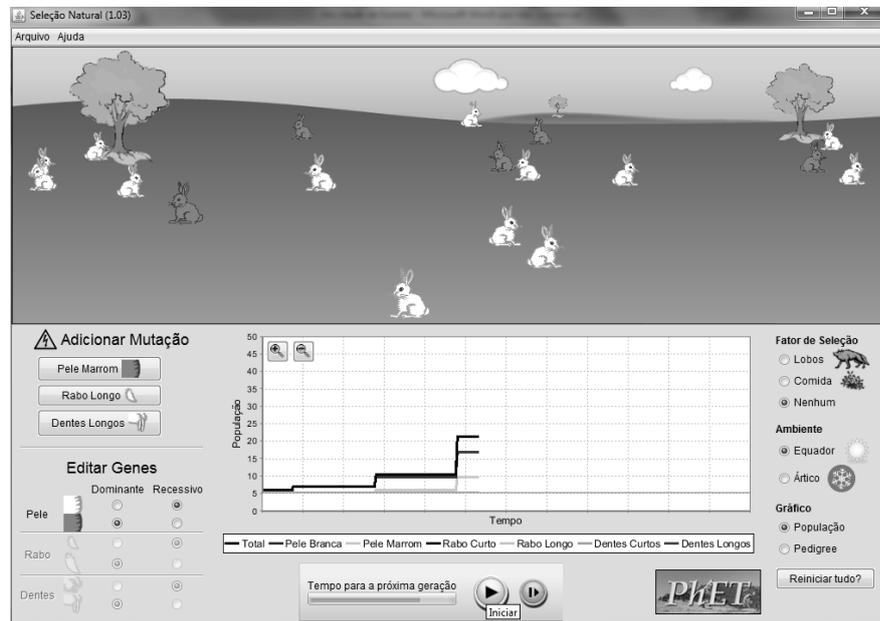
Vamos fazer uma simulação do desenvolvimento de uma população natural:

Atividade 1 (tempo estimado: 30 min.)

Objetivo da atividade: Nesta simulação o objetivo é levar os estudantes a compreenderem que fatores ambientais atuam sobre uma população natural selecionando os fenótipos mais adaptados. A interface computacional simula a interação entre populações de predador (lobos) e presa (coelhos) em dois tipos de ambientes distintos: Equador (fundo marrom) e Ártico (fundo branco). A população de coelhos tem pelagem branca como fenótipo selvagem e pelagem castanha como fenótipo mutante. As populações de coelhos e lobos se reproduzem em número e tempo de geração de acordo com o algoritmo do programa. O usuário deve escolher o tipo de ambiente onde acontece a simulação Equador ou Ártico. Quando o ambiente escolhido é o Ártico cujo fundo é branco os coelhos cuja pelagem é castanha são os mais predados por ficarem em evidência no ambiente branco, logo sua proporção na população de coelhos rapidamente decresce e desaparece da

população. Já quando o ambiente selecionado pelo usuário é o Equador cujo fundo é marrom os coelhos brancos são os mais predados, fazendo sua proporção na população decair em cada geração até que apenas hajam coelhos castanhos. Esta simulação está disponível em http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/natural-selection, acesso em 17/07/2014.

Figura 10: Captura de tela, mostrando a interface gráfica da simulação computacional “Seleção Natural”.



Fonte: http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/natural-selection

Após a atividade perguntar:

Quando o fator de seleção era o predador (os lobos) que diferença fazia a cor do coelho? Quem sobrevivia mais no equador? O coelho branco ou o marrom? Por quê?

Na natureza existem outros fatores de seleção?

Considerando a variabilidade de características, a Adaptação destas características e a Seleção Natural. Vocês acham que as espécies modificam suas formas ao longo do tempo?

Atividade 2: A Evolução das Bactérias (tempo estimado: 50 min.)

Objetivo da atividade: Fornecer a situação para problema para a articulação dos conceitos de Adaptação, Variabilidade e Seleção Natural.

Retomar o vídeo introdutório <http://www.youtube.com/watch?v=iPKsIZkwtPQ>

Junto com os colegas façam um estudo que explique qual é a origem das mudanças observadas entre as bactérias antigas e as atuais.

Expliquem como o controle no uso de antibióticos pode ajudar a diminuir o aumento da resistência aos antibióticos por bactérias.

4.4 Escolhas necessárias

Todos os recursos pedagógicos utilizados apresentam formas simplificadas focadas em poucas variáveis como o caso do jogo dos bicos e da simulação computacional da Seleção Natural. Talvez, sob o olhar do Ensino mais tradicional, mais focado no conteudismo estéril e mais crente na memória do que no raciocínio (realidade muito presente em nosso panorama educativo) estas atividades pareçam simplificar demais as relações que representam. Porém, em nosso objetivo pedagógico e em consonância com nosso entendimento sobre o desenvolvimento humano, estas atividades são coerentes, pois, compõe com a imprescindível mediação pedagógica do professor. Em nossa intervenção buscamos colocar estas atividades como geradoras de discussões mediadas pelo professor e não como exercícios que promoveriam automaticamente a aprendizagem. Acreditamos, também, que estas atividades devam propositadamente apresentar um baixo nível de complexidade, pois se trata de uma primeira aproximação dos estudantes com os processos evolutivos. A complexidade requerida para a compreensão dos estudantes a cerca da Evolução das espécies deve acontecer na medida em que os estudantes se apropriarem dos conceitos mais basais. Caso contrário, estaríamos em desconformidade com nossa própria matriz epistemológica, a qual entende que a aprendizagem é um processo de construção do conceito que relaciona este conceito a outros tantos a fim de forjar a compreensão do indivíduo a cerca de sua realidade.

Para evidenciar os processos de formação dos conceitos faremos a análise das trocas de enunciados que compõem os episódios oriundos do registro audiovisual.

Cabe explicitar que nas transcrições a letra “P” refere-se ao professor/pesquisador, a letra “C” refere-se à Classe (quando mais de dois estudantes se pronunciarem ao mesmo tempo da mesma forma), a letra “E” refere-se a um estudante e o número após a letra “E” identifica os estudantes falantes (os nomes dos estudantes foram suprimidos seguindo as orientações do Comitê de Ética em pesquisa como seres Humanos e para preservar a identidade dos participantes deste estudo) e a letra “A” refere-se à professora titular da classe onde o estudo foi realizado. Cabe explicitar também, que nos episódios recortados para análise os turnos de falas dos sujeitos (pesquisador, professora e estudantes) são numerados para facilitar a sua localização nas análises.

No próximo capítulo apresentamos a análise dos dados obtidos durante o desenvolvimento da atividade pedagógica no contexto das interações discursivas. Para essa análise selecionamos nove episódios divididos em cinco seções que agrupam os episódios de acordo com tipo de conceito tratado e seu interesse para a análise. O estudo do conjunto dos dados irá nos auxiliar a evidenciar a aprendizagem e o desenvolvimento dos estudantes durante a aplicação da Atividade Pedagógica.

Para facilitar a compreensão nós dividimos os episódios que serão analisados em seis seções que acompanham o desenvolvimento da própria atividade pedagógica, sendo:

- 1- Conhecendo as concepções da turma sobre a Evolução e seus processos;
- 2- Construindo o conceito de Variabilidade;
- 3- Construindo o conceito de Adaptação;
- 4- Construindo o conceito de Seleção Natural e
- 5- Construindo relações entre os conceitos
- 6- Sistematizando conceitos e construindo o conceito de Evolução

CAPÍTULO 5

Análise dos episódios

Neste capítulo analisamos a transcrição de trechos da gravação da atividade pedagógica desenvolvida nesta pesquisa cujo objetivo foi ensinar Evolução a partir dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Esta atividade foi desenvolvida em três módulos, conforme apresentado anteriormente, os quais envolviam o uso de recursos didáticos como vídeos, simulações computacionais, jogo, atividades de observação e discussões em sala de aula.

Os recursos didáticos utilizados durante o desenvolvimento desta atividade pedagógica tiveram como função suscitar as discussões que segundo a perspectiva Histórico-Cultural é a forma mais produtiva para a construção de significados, pois segundo Vigotski (2000) o conceito é construído durante seu emprego funcional. Por este motivo, esta atividade pedagógica que foi inspirada no Método Funcional de Dupla Estimulação desenvolvido por Sákharov e descrito por Vigotski (2000) tem como principal objetivo levar os estudantes a discutirem os conceitos que deverão ser aprendidos. Ou seja, damos à construção do conceito um caráter eminentemente funcional. A elaboração conceitual enunciada pelo estudante tem papel importante na construção do conceito, já que a linguagem assume o papel de organizadora do pensamento (Vigotski, 2000).

No curso do desenvolvimento da atividade pedagógica inicialmente buscamos compreender os significados que os estudantes atribuíam para os conceitos que seriam tratados. Por este motivo, iremos notar uma análise predominantemente diagnóstica durante a leitura da seção 1. Nas seções 2, 3 e 4 apresentamos episódios em que podemos observar indícios do processo de elaboração conceitual para os três conceitos básicos (Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural) já na seção 5 observamos indícios da construção relacionada entre os conceitos, ou seja, os conceitos são construídos ao mesmo tempo em que vão estabelecendo as relações entre eles. Na seção 6 apresentamos a construção do conceito de Evolução elaborada a partir da sistematização conceitual dos conceitos dos três conceitos básicos.

5.1 Conhecendo as concepções da turma sobre a Evolução e seus processos

Nesta seção apresentamos episódios em que o professor/pesquisador faz o levantamento das concepções dos estudantes a cerca do conceito de Evolução e dos processos evolutivos. A partir disso, o professor/pesquisador situa sua interação com os estudantes a fim de auxiliar a aprendizagem.

Iniciamos a atividade pedagógica com a apresentação de um vídeo aos estudantes, que tratava do problema do surgimento de bactérias super-resistentes a antibióticos. Essa atividade objetivava estruturar um problema a ser resolvido no final do último módulo desta atividade. Este momento serviu também para levantar o conhecimento dos estudantes no que concerne o tema Evolução, bem como o nível de desenvolvimento desse conhecimento. Assim, para atingir tal objetivo, após os estudantes assistirem ao vídeo o professor/pesquisador formulou questões sobre o tema.

5.1.1 Episódio 1- Concepções iniciais de Evolução

Contextualização do episódio:

Apresentamos neste episódio uma troca discursiva ocorrida entre os estudantes e o professor/pesquisador logo após a apresentação do vídeo que apresenta o problema do surgimento de bactérias super-resistentes. Aqui o professor/pesquisador faz inúmeras perguntas com o intuito de sondar o conhecimento dos estudantes no que concerne ao tema Evolução, ao mesmo tempo ele tenta ajustar o nível suas questões para o nível de conhecimento observado. A seguir apresentamos as interações verbais ocorridas no episódio.

5	P: Vocês entenderam o que ele está falando, o vídeo?
6	C: Hãha!
7	P: Ele está falando o que?
8	E1: Bactéria.
9	P: Bactéria. Essa bactéria, o que ela é? Qual é o tema dela? Até está escrito ali em cima.
10	C: Super.
11	P: Super, por que ela é super? Por que ela voa? Ela tem uma roupinha especial?
12	C: Não.

13	E2: Ela resiste ao antibiótico?
14	P: A um tipo de antibiótico?
15	E2: Não.
16	P: A o quê?
17	C: Há vários.
18	P: Há vários tipos de antibióticos.
19	P: Mas, antes existia? Existia essa bactéria antes?
20	C: Não.
21	P: Existia no mundo essa bactéria? Não? Hã?
22	E2: Talvez.
23	E1: (Inaudível)
24	P: Sim, mas... Trinta, Quarenta anos atrás existia essa bactéria?
25	E3: Existia.
26	P: Mas, se ela existisse e ela sendo resistente a vários antibióticos ela já não teria se propagado antes?
27	E3: Ela já existia e foi se aprimorando.
28	P: Você acha que ela foi se aprimorando?
29	E2: É, tipo ela foi melhorando. É antigamente...
30	E1: Foi criando resistência.
31	P: Foi criando resistência?

Podemos observar que os estudantes E3, E2 e E1 (turnos 25 a 30) parecem conceber Evolução biológica como sinônimo de desenvolvimento, aprimoramento direcionado (Ariza e Martins, 2010). Assim, na compreensão desses estudantes as bactérias estariam se desenvolvendo no sentido de tornarem-se resistentes aos antibióticos. Nesse diálogo podemos observar, também, que embora os estudantes aceitem o fato de que as espécies não possuem uma forma fixa, eles parecem não entender os mecanismos pelos quais uma espécie pode apresentar uma modificação observável no fenótipo médio de sua população. Podemos dizer que o fato de os estudantes afirmarem que as bactérias ficaram resistentes aos antibióticos pode estar ligado às informações veiculadas pela mídia. Muitas vezes matérias jornalísticas são apresentadas com este tema. Mas, raríssimas vezes estas matérias buscam mostrar o processo evolutivo responsável pelo surgimento de bactérias resistentes.

O fato de recorrerem ao termo “Aprimorou” não significa que esses estudantes conheçam alguma explicação que sustente essa modificação direcionada. Porém, não podemos excluir a conexão desta fala com a ideia de Evolução como desenvolvimento mencionado no capítulo 2.

Neste sentido, considerando que a atividade pedagógica foi desenvolvida com estudantes concluintes do Ensino Médio, que estão há pelo menos 12 anos dentro de um sistema educacional, as respostas dos estudantes às perguntas feitas pelo professor/pesquisador demonstram que a concepção de Evolução como progresso parece se manter entre os estudantes. Tal ideia se apoia em Bizzo (1994) que encontrou em seus estudos a mesma concepção de Evolução como progresso com estudantes do ensino médio.

O trabalho de Salgado-Neto (2009) faz uma retomada dos significados do termo Evolução ao longo da história desde seu significado mais primordial Evolvere, cujo significado era desenrolar o pergaminho, passando por Evolução como desenvolvimento embrionário e mais modernamente com o sentido de Adaptação com herdabilidade. Podemos perceber duas vertentes que potencializaram o uso da palavra Evolução no sentido de progresso. O primeiro, a *Scala Naturæ* e o finalismo Aristotélico foram, de alguma forma, amalgamados com ideias evolutivas no pensamento moderno, dando a falsa impressão de que a Evolução no sentido darwiniano comporta a ideia de escala de perfeição e de direcionalidade. Segundo, o significado de Evolução no sentido da embriologia comporta certa ideia de progresso e de direcionalidade. Juntos a ideia da *Scala Naturæ* e o significado de Evolução como desenvolvimento permitem imaginar que estes signos e significados foram interiorizados pelos estudantes na medida em que eles se apropriavam da cultura na qual estão inseridos e, possivelmente, o ambiente escolar contribuiu com a maior parte desta construção de significado.

Ainda no episódio acima, podemos observar que os estudantes apresentam respostas curtas, geralmente valendo-se de uma ou duas palavras, nos parecendo buscar mais “encaixar” sua resposta à pergunta feita pelo professor/pesquisador, do que elaborar uma resposta mais complexa. A falta de elaborações mais extensas por parte desses estudantes evidencia aspectos que consideramos importante salientar: O primeiro aspecto diz respeito ao fato de que, caso as elaborações dos estudantes fossem mais extensas indicaria que vários conceitos foram relacionados, ou que eles já teriam se apropriado de conceitos sistematizados/científicos sobre Evolução. Em outros termos, na elaboração de suas respostas/palavras, os conceitos seriam explicitamente apresentados como um sistema de ideias inter-relacionadas. Segundo Góes (1997), na elaboração dos conceitos sistematizados/científicos, a palavra vai marcar a relação com outros conceitos, numa rede de palavras já significadas. O conceito científico é formado ao se inserir

em relações de níveis de generalidade, num sistema organizado hierarquicamente. Por isso é considerado sistematizado.

Com base nessas ideias o professor pesquisador, segue explorando os significados das palavras construídos pelos estudantes relacionados à Evolução, conforme apresentaremos no episódio 2, que traz o início do módulo I.

5.1.2 Episódio 2- Elaboraões sobre os processos evolutivos

Contextualização do episódio:

Neste episódio o professor pesquisador explora os significados para as palavras que emergem das discussões e começa a abordar com os estudantes por quais processos uma bactéria não resistente torna-se resistente. Conforme observado, os estudantes parecem aceitar que as bactérias podem mudar de forma e fisiologia através do tempo e que o antibiótico possui algum papel neste processo. Mas, a dificuldade se apresenta quando o professor/pesquisador tenta explorar a compreensão dos processos que podem explicar a relação entre os antibióticos e a mudança observada nas bactérias. Isso é explicitado nas interações verbais abaixo transcritas.

30 E1: Foi criando resistência.
31 P: Foi criando resistência?
32 E3: Isso!
33 P: Como você acha que isso acontece?(para E1)
34 E2: Pessoa toma antibiótico sem receita médica?
35 E4: É assim oh... a pessoa...(inaudível)aí tá...ela fica resistente ao antibiótico.
36 P: Como será que isso acontece?
37 E1: Através da reprodução dela.
38 E4: Ela se adapta.
39 P: Como se adapta?
40 E4: A pessoa tá tomando muito medicamento que não serve, que não serve, né? Aí ela cria resistência a esse medicamento.
41 P: Sim! Cria como? Como que é? A grande pergunta, gente é assim: A gente está com um problema. Todos nós estamos com um problema. Estão surgindo bactérias que são resistentes a todos os antibióticos já inventados pelo homem. Tá? Se você pegar uma infecção com ela aí, já era, né? Nós vamos estar igual estávamos antes da época dos antibióticos. Que se pegasse uma pneumonia estava mais para lá do que para cá. Agora, como é que exatamente funciona esse processo em que as bactérias adquirem uma capacidade que antes não tinham?
42 E4: É assim não sei se eu vou falar errado.

43 P: Vamos lá! Não tem problema! Ninguém fala nada de errado aqui.
44 E2: Evolução? (Fala junto e baixo)
45 E4: Ela já está aqui e ela já se acostumou, aí ela passa para seus descendentes e assim vai aprimorando isso, quanto mais antibióticos.
46 P: Ela disse uma palavra interessante, ela disse "ela vai evoluindo" e você disse "ela vai aprimorando", será quê... acostumar, aprimorar e evoluir será que estas três coisas são a mesma coisa?
47 E4: Não.
48 E1: Hã?
49 P: Nós vamos dar uma paradinha nesta discussão. Por que nós vamos fazer toda a sequência de aulas e nós vamos retomar este problema, por que eu vou convidar vocês a me explicar como exatamente esta resistência acontece, lá mecanicamente, na alma mecânica da coisa.

Nesse segundo episódio os conceitos construídos pelos estudantes são confrontados para explicitarem suas elaborações conceituais. Porém, eles evidenciam uma fragilidade nas relações conceituais, pois ao tentarem elaborar uma explicação, não conseguem prosseguir, “param no meio do caminho”. Isso pode ser observado na fala do estudante E4 (turno 40) ao explicar o mecanismo que torna as bactérias sensíveis em bactérias resistentes aos antibióticos. Assim, a explicação termina na própria resistência a antibióticos. Isso mostra que o estudante ainda não construiu conceitos, que o possibilite explicitar um mecanismo complexo que é a Evolução destas bactérias por Seleção Natural. Porém, as palavras: Adapta (turno 38) e Evolução (turno 44) aparecem na discussão. Isso demonstra que os estudantes tiveram contato com elas em momentos anteriores, provavelmente na escola. Estas palavras enunciadas pelos estudantes são possuidoras de significados poderosos e que poderiam facilmente explicar toda a questão imposta a elas. Porém, no contexto desse episódio elas surgem como palavras com pouco significado. Elas parecem apenas colocadas no contexto da Evolução, mas não estabelecem relações com outros conceitos. Neste ponto parece-nos que os estudantes apresentam um tipo de pensamento por complexo denominado por Vygotsky como pseudoconceito. Como mencionamos no capítulo 2, pseudoconceito é uma generalização baseada em ligações objetivas e concretas. Embora, como dissemos no capítulo 2, as palavras Adaptação e Evolução apareçam em um contexto geral apropriado (discussão sobre Evolução) estas palavras não possuem nexos abstratos que as liguem. Podemos observar que nas diversas falas essas duas palavras intimamente relacionadas não aparecem na mesma oração. Então, as palavras Adaptar e Evolução presentes nos turnos 38 e 44, respectivamente, são

elementos concretos e estão ligados ao complexo dos termos utilizados nas aulas de Evolução.

É necessário ressaltar aqui que esses estudantes fizeram atividades de ensino sobre Evolução pela escola, antes de iniciarmos nossa atividade pedagógica. Assim, as palavras pertencentes ao universo da Evolução estudado anteriormente, pelos estudantes aparentemente surgem ligadas por um vínculo concreto (pertencem ao grupo de palavras usadas na aula sobre Evolução) e não um vínculo abstrato lógico que as uniria.

No turno 49 o professor/pesquisador interrompe inadequadamente a discussão. Em nossa análise ele deveria ter explorado mais detidamente os conceitos que estavam aparecendo nas falas dos estudantes. Principalmente a fala que surge no turno 45, no qual aparece a ideia de aprimoramento (sentido de progresso) e herdabilidade, isso seria importante para trabalhar mais tarde os conceitos de Adaptação e Seleção Natural, o que somente irá ocorrer 5.

5.1.3 Episódio 3- A ideia de indivíduo como unidade evolutiva

Contextualização do episódio:

Neste episódio apresentamos as discussões feitas em classe com os estudantes logo após a apresentação do vídeo a vida secreta das plantas. Nele o professor faz a pergunta: O que é Adaptação? Os estudantes procuram elaborar uma resposta para esta pergunta. Neste contexto, um dos estudantes apresenta um significado diferente para o conceito de Adaptação daquele utilizado pelas ciências evolutivas.

1	P: Eu ouvi a palavra adaptação na semana passada e eu queria perguntar o que é adaptação?
2	E1: É a forma de você...você fica olhando para mim eu perco. (risos)
3	P: Tudo bem eu fico de costas.
4	E1: É assim é a forma que você procura, não procura conviver no meio que você não faz parte, entendeu? Adaptar para sobreviver ou até mesmo se relacionar bem?
5	P: Você cria meios para sobreviver?
6	E4: Eu acho que você está apto a alguma coisa.
7	P: Um pouquinho mais alto para seus colegas ouvirem.
8	E4: A habilitação quando você está apto a dirigir, esqueci a palavra. É..... Adaptação?
9	P: É adaptação.

10 E4: O conceito seria assim uma espécie de lobos tipo assim no pólo Norte onde é um lugar muito frio.
11 P: Sim!
12 E4: Eles... os pelos são mais grossos os animais resistentes ao frio está adaptado para este tipo de local. Diferente dos lobos aqui da América que são aptos a lugares mais amenos de clima temperado! Seria mais ou menos assim?
13 P: Está certo! Agora a gente vai falar o seguinte. Ela estava falando é... ela deu um exemplo, estou transmitindo do jeito que ela falou. Adaptação como os lobos nas regiões frias que possuem pelagem mais apropriada, mais densa para suportar o frio.
14 P: A nossa aula vai tentar mostrar que ele não possui pelagem mais espessa para suportar o frio. Nós vamos ver isso na próxima aula quero que vocês guardem esse negócio, mas é... vai ser interessante. Nós agora vamos ver um videozinho que mostra um exemplo de adaptação.
Apresentação do Vídeo a vida secreta das plantas-Mimetismo
15 P: Então, este também é um exemplo de adaptação. É só que a gente vai ter mostrar que... vai ter que entender qual que é a ligação entre mutação, variabilidade e adaptação. A gente vai construindo uma teia vocês perceberam? Tem que ter ligação porque se vocês não fizerem estas ligações... entre estes conceitos eles vão se perder vão virar só palavras, tá? Então, vamos retomar. Adaptação então, ela tem alguns componentes, né? Que, que é? Que vocês viram ali no vídeo?
16 E4: É que algumas espécies de pés de maracujá para a defesa contra as borboletas que colocam seus ovos, já criam tipo um... uns falsos ovos.
17 P: Sim, aí a borboleta acha que já tem ovo ali e deixa. Né? Está certo. Mas, quando a gente estava tendo é... falando sobre adaptação. Acho que você falou uma coisa importante sobre adaptação.
18 E1: Nossa que milagre! (risos)
19 P: Você fala muitas coisas importantes! Então! O que você falou? Vamos tentar retomar.
20 E1: Então, é assim supondo assim que eu tô no meio de pessoas que falam... pensam totalmente diferente de mim. Agem totalmente diferente, entendeu e pra mim... não tem como sair de lá! Para mim me adequar, pra mim sobreviver eu tenho que me adequar a eles.
21 P: A uma situação não é? Uma situação. Então, uma parte importante do conceito de adaptação é que ele sempre se refere à uma situação específica. No caso que você disse um ambiente diferente daquele que você está acostumado. Então, neste caso do vídeo qual que é a situação?

Neste episódio o estudante E1 no turno 4 apresenta uma explicação para a ideia de adaptação. A explicação enunciada, o exemplo dado é utilizado pelo estudante como fundamento base para o conceito de adaptação. Em sua fala podemos observar que o conceito de adaptação não guarda relação direta com o significado requerido para a elaboração do conceito de Evolução. Na explicação proposta pelo estudante adaptação seria um processo de modificação comportamental voluntária do indivíduo para poder conseguir conviver em um novo ambiente. Essa explicação apresenta um significado que não guarda muitos elementos comuns com a adaptação no sentido evolutivo. Tal fato demanda ao professor uma mediação pedagógica que permita ao estudante incluir uma

significação quase totalmente nova para uma palavra já conhecida. Isso é corroborado pelas falas do estudante E4 no turno 8 e o estudante E1 no turno 20, que mostram uma repetida associação da palavra adaptação com a modificação voluntária comportamental de um indivíduo. Esta significação, assumida de modo correto no uso cotidiano para o conceito adaptação pode gerar problemas para aprendizagem se ela for aplicada diretamente ao estudo dos processos evolutivos. Os principais problemas são: a ideia de que a mutação é direcional e que o indivíduo é a unidade evolutiva. O ensino de palavras novas ao estudante é um desafio pedagógico como destaca Krasilchik (2011). Porém, ensinar novos significados a palavras extremamente marcadas pelo uso frequente com outras significações é um desafio ainda maior, principalmente se o entendimento desta palavra remeter a um conceito fundamental, como é o caso da palavra Adaptação no sentido biológico evolutivo.

Neste episódio os estudantes E1 e E4 apresentam suas concepções de adaptação livres de relações com o conteúdo biológico evolutivo. Como podemos observar o professor/pesquisador nos turnos 5, 11 e 13 não busca explorar os significados aceitos pelos estudantes para a palavra adaptação, a fim de demonstrar a necessidade da construção de um novo significado ligado ao conceito de Evolução. Durante a fala do professor/pesquisador observamos uma tentativa de utilizar-se de fragmentos das falas dos estudantes para apoiar sua fala. Entretanto, o distanciamento entre o significado dado pelos estudantes à palavra adaptação e aquele atribuído pelo professor/pesquisador a esse mesmo termo é consideravelmente grande. Desta forma, a tentativa do professor/pesquisador de utilizar fragmentos das falas dos estudantes em sua própria fala, acabou por mostrar-se falha. Podemos perceber no turno 21 em que ele perde a oportunidade de deixar claro que o contexto do vídeo apresentado está muito distante do exemplo dado pelo estudante E1. A respeito da fala do estudante E1 no turno 20 o professor/pesquisador poderia ter questionado se um indivíduo (pé de maracujá) poderia alterar sua forma ou seu comportamento para “adaptar-se” à predação promovida pelas lagartas da borboleta Helicônia. No entanto, o professor conduz a sua mediação utilizando do contexto trazido pelo exemplo do estudante, o que o induz a crer que sua explicação é uma explicação satisfatória. Fato que pode ser comprovado pelas inúmeras vezes que este exemplo de adaptação dado pelo estudante é retomado durante a atividade pedagógica.

No contexto do episódio acima, podemos considerar que o professor/pesquisador notou durante as interações a concepção equivocada sobre o conceito de adaptação e percebeu também que os exemplos dados pelos estudantes possuíam uma distância de significado muito grande com relação ao objetivo pedagógico. Porém, a atitude dele foi baseada na crença de que durante a sequência da atividade pedagógica todas as dúvidas seriam sanadas. Em uma análise *a posteriori* consideramos que essa crença possui equívocos, pois o desenvolvimento do conceito científico ocorre sob as condições do processo educativo, dentro de uma relação de colaboração entre o estudante e o professor, como lembra Vigotski (2000). A relação viva e dinâmica de negociação de significados entre professor e estudante não poderia ser negligenciada durante o processo de aprendizagem, como foi feita pelo professor no episódio analisado. Entendemos que nenhum esquema, sequência didática ou manual produzido com a ideia de ensinar pode cumprir seu objetivo se excluirmos deste contexto o papel decisivo da mediação pedagógica do professor.

5.2 Construindo o conceito de Variabilidade

A primeira aula além de ter como objetivo conhecer o nível de aprendizado da turma a respeito do tema Evolução, como observado na seção anterior foi também o momento para a construção do conceito de Variabilidade. Este conceito é o mais intuitivo, concreto e básico dos três conceitos propostos nessa atividade pedagógica. Desta forma estruturamos nossa intervenção introduzindo-o antes dos demais conceitos. Como dissemos este é o conceito mais intuitivo dentre os três utilizados, pois dificilmente um estudante encara com estranheza o fato de se observar diferenças particulares entre indivíduos de uma mesma espécie. Sendo assim poderíamos nos perguntar qual é a necessidade de introdução deste conceito? Já que os estudantes aparentemente guardam certa noção a seu respeito? A resposta a esta pergunta está no fato de que embora os estudantes tragam certa noção a respeito do conceito de Variabilidade, é necessário que eles o elaborem na forma de um conceito definido e sistematizado. Para que ele possa estabelecer as relações conceituais necessárias à construção do conceito de Evolução.

Desta forma analisaremos nesta seção um episódio que apresenta indícios da construção do conceito de Variabilidade durante o desenvolvimento do Módulo 1.

5.2.1 Episódio 4 – O que é Variabilidade?

Contextualização do episódio:

O episódio que iremos tratar a seguir é a transcrição da discussão feita a partir da atividade de observação da Variabilidade fenotípica em grãos de feijão. Esta atividade teve por objetivo dirigir o olhar dos estudantes para a Variabilidade fenotípica existente dentro das populações das espécies. Logo após a atividade de observação o professor/pesquisador lança perguntas aos estudantes sobre as observações feitas e, então, busca construir com os estudantes o conceito de Variabilidade.

01 P: E aí? O que vocês puderam observar?
02 E3: Tamanho também, cor.
03 P: Vocês observaram que alguns têm diferença na casca? A casca é mais enrugada?
04 E3: Hãha.
05 P: E vocês? Conseguiram observar as diferenças?
06 E6: Tamanho, as formas.
07 P: Muito bem, parabéns para vocês. Vocês conseguiram superar o olhar uniformizante. O que significa isto?
08 E7: Uniforme é igual.
09 P: Isso mesmo, quando alguém pensa em flor geralmente ele pensa assim... (o professor desenha uma flor estilizada no quadro) Sem perceber a pessoa passa a vida toda sem ver as pequenas diferenças que fazem do mundo um lugar tão belo e intrigante. Então, as flores de uma mesma espécie são iguais?
10 C: Não.
11 P: Então, o quê é Variabilidade?
12 E4: É tipo assim, quando tem diferença?
13 P: Na mesma espécie?
14 E4: É!...Dentro dá mesma espécie.
15 P: Mas que diferença... tipo de diferença é essa?
16 E5: Na forma?
17 P: Sim, mas pode ter diferença também no tipo de comportamento. Um é mais calminho, outro é mais agitado...
18 C: (Risos)

No início do módulo 1 (Variabilidade) o professor/pesquisador explica aos estudantes que eles estudarão o conceito Variabilidade e pergunta se eles sabiam o que significava esta palavra. Os estudantes não se manifestam nem afirmando ou negando compreender o significado da palavra, apenas alguns acenam negativamente com a cabeça. Esse tipo de reação parece demonstrar que os estudantes não tinham familiaridade com o uso do termo, embora também possa

demonstrar apenas que eles ainda não sentissem segurança em falar diante de uma dinâmica de Ensino diferente da que eles estavam acostumados. Logo após as atividades de observação do módulo 1 o professor/pesquisador pede para que os estudantes elenquem as principais diferenças encontradas entre os grãos de feijão. O professor lança perguntas que enfatizam a palavra “diferença” para que os estudantes relacionem Variabilidade com esta palavra, que ele sabia que os estudantes já haviam significado. Podemos observar essa ação do professor/pesquisado nos turnos 03,05 e 09. A ideia de lançar perguntas que buscam enfatizar uma palavra já significada pelos estudantes tem como fundamento o pensamento de Vigotski (2000), o qual entende que nenhum conceito pode ser construído de modo isolado. Assim, a construção de um novo conceito depende de outro construído anteriormente. No turno 11 o professor/pesquisador pergunta diante do que eles haviam discutido o que seria Variabilidade. A resposta dada pelo estudante E4 no turno 12 apresenta a palavra “diferença” fazendo-nos pensar que o estudante pode ter construído uma relação entre o conceito “Variabilidade” e o conceito “diferença”, o que pode auxiliar grandemente a elaboração conceitual. A resposta do estudante E4 à pergunta feita pelo professor/pesquisador no turno 12 mostra que o estudante estabeleceu uma relação entre os conceitos “diferença” e “Variabilidade”, porém pelo seu enunciado não temos como perceber se ele observou o processo de discriminação. Por este motivo, o professor/pesquisador lança outra pergunta no turno 13, questionando a natureza específica desta diferença observada pelo estudante. O estudante E4 responde que a “diferença” refere-se às diferenças observadas dentro de uma espécie. Desse modo, entendemos que ele parece compreender que Variabilidade são as diferenças fenotípicas observadas dentro das espécies. As perguntas dos turnos 13 e 15 procuram guiar a elaboração conceitual diferenciando-a de outros tipos de variação. O estudante E4 parece entender, assim, que, com base nas atividades que foram realizadas e nas discussões, o conceito Variabilidade restringe seu significado às variações observadas dentro das espécies e que não são apenas referentes à forma, mas, também, ao comportamento.

O conceito de Variabilidade foi aparentemente o conceito que mais facilmente os estudantes conseguiram elaborar, dada à rapidez com que essa elaboração ocorreu. Isso talvez se deva ao fato de que os estudantes parecem aceitar, a partir de sua experiência cotidiana, que os indivíduos de uma mesma espécie apresentem diferenças entre si. Neste caso o ensino se focou mais na aprendizagem de uma

nova palavra e na delimitação do significado atribuído a ela. A simples ideia de variação não satisfaz o conceito de Variabilidade, como podemos observar na interação do professor/pesquisador com os estudantes neste episódio.

5.3 Construindo o conceito de Adaptação

Na sequência da aula em que foi abordado o conceito de Variabilidade começamos a introduzir o conceito de Adaptação, pois é necessário que o estudante compreenda que na Variabilidade de fenótipos existentes dentro de uma espécie, alguns apresentam desempenho melhor ou pior do que outros para determinada tarefa. Assim, nesta seção analisamos um episódio que apresenta indícios da construção do conceito de Adaptação durante o desenvolvimento das atividades do Módulo 2.

5.3.1 Episódio 5- Adaptações

Contextualização do episódio:

Neste episódio analisamos um trecho das discussões ocorridas a partir do “Jogo dos Bicos”. Esta atividade teve por objetivo auxiliar os estudantes na construção do conceito de Adaptação. Após o jogo o professor/pesquisador questiona os estudantes, a fim de levá-los a buscar elaborar o conceito de Adaptação a partir de elementos observados no Jogo dos Bicos.

01 P: Nós estamos estudando neste módulo a Adaptação! Mas, quem pode definir o que vem a ser Adaptação?
02 E7: Ah, eu sei, mas não sei como dizer.
03 P: Então vai pensando aí! Gente, o que vocês viram com o jogo dos bicos?
04 E4: É que tem uns bicos que são melhores do outros para pegar um grão.
05 P: Ótimo, então nós podemos dizer que estes bicos são...
06 E7: Os mais adaptados?
07 P: É, mas um bico era adaptado para todos os tipos de grãos? Por exemplo: essa pinça (pinça pequena) é boa para pegar este grão (grão grande)? Quem deste grupo pegou esta pinça?
08 E5: Eu!
09 P: E aí? Foi fácil pegar grãos com esta pinça? Você pegou mais do que seus colegas?
10 E5: Não. Eu peguei <i>menas</i> sementes.
11 A: Menos! Olha o português!

12 P: Mas, neste grupo (as sementes disponíveis neste grupo eram grãos de arroz) esta mesma pinça conseguiu pegar muitas sementes? Quem pegou esta pinça?
13 E6: Foi eu!
14 P: E aí foi fácil? Você pegou mais sementes?
15 E6: É eu que ganhei!
17 P: Então, o que isso quer dizer para vocês?
18 E7: É que o que é adaptado para uma situação pode não ser para outra.
19 P: Mas, o que é mesmo Adaptação?
20 E4: É assim, as características que permitem um indivíduo sobreviver no meio ambiente?

O professor/pesquisador busca a partir das observações feitas pelos estudantes durante a realização do Jogo dos Bicos elaborar questões que coloquem o estudante diante da necessidade do uso do conceito de adaptação. Podemos notar no turno 04 que o estudante E4 percebe uma diferença na eficiência em coletar grãos dependendo do formato do Bico (pinça) e da semente. A percepção a respeito da eficiência em coletar grão é fundamental para a construção do conceito de Adaptação. Pois, essa eficiência reflete a relação forma-função determinante na Adaptação do fenótipo. No turno 02 o estudante E7 diz saber o que era Adaptação, mas que não sabia definir o conceito. Esse tipo de enunciado parece estar ligado diretamente com o processo de diferenciação descrito por Vigotski (2000) na elaboração conceitual. Para a construção do conceito o estudante deve estabelecer um limite para este conceito determinando sua abrangência, isso permite as generalizações características do conceito verdadeiro, por exemplo: "Adaptação no sentido biológico é o conjunto de características intrínsecas que permite determinado ser sobreviver explorando os recursos do ambiente onde ele habita". Essa definição que apresentamos sobre o conceito de Adaptação pode não ser a única e nem mesmo a melhor de todas. Possivelmente haja uma definição melhor, porém notamos que ela traz em si uma delimitação, ou seja, ela marca abrangência que aquele conceito possui e através desta delimitação podemos dizer com certeza o que para nós é ou não um caso de adaptação. Quando o estudante diz saber do que se trata, porém ainda não consegue formular uma definição para o conceito ele pode não ter ainda claro os limites e a abrangência deste conceito. O processo de discriminação conceitual está diretamente ligado ao processo de construção do conceito verdadeiro (VIGOSTKI, 2000) e a falta deste processo indica o estudante ainda encontra-se em estágios anteriores na formação do conceito, por exemplo, o pensamento por pseudo-conceito. Neste estágio de desenvolvimento o sujeito responde a perguntas que pedem a definição de um conceito com um exemplo. No

episódio que transcrevemos acima esse tipo de mecanismo não aparece, porém a falta do processo de discriminação do conceito surge na própria fala do estudante que diz ainda não saber defini-lo. O professor neste caso deve fazer uso da mediação pedagógica para auxiliar o estudante no processo de discriminação. Um meio que pode auxiliar bastante nesta tarefa é a discussão sobre um exemplo específico e aplicação do conceito. No caso da discriminação do conceito de adaptação usamos como um “provocador” de debate o jogo “Guerra dos Bicos”. No turno 06, apresenta uma elaboração curta interrompendo a fala do professor/pesquisador, usando a expressão “mais adaptados” completando a fala do professor/pesquisador. Podemos observar que esta expressão utilizada pelo estudante ainda apresentou-se na forma interrogativa indicando que esta é uma elaboração nova que é colocada pelo estudante para receber a aprovação do professor. Consideramos que a palavra “adaptação” utilizada na pergunta do professor/pesquisador no turno 01 e a fala do estudante E4 no turno 04 descrevendo o desempenho dos diferentes tipos de pinça no jogo dos bicos auxiliaram a elaboração do estudante E7 no turno 06, pois a aprendizagem é um processo nitidamente colaborativo dos estudantes entre si e dos estudantes com o professor (VIGOTSKI, 2000). Fornecemos deliberadamente nas nossas perguntas as palavras que deveriam surgir nas elaborações dos estudantes, mas sem, no entanto dizer aos estudantes como deveriam formular suas respostas. Esse tipo de mediação pedagógica se afasta da ideia muito difundida de que a aprendizagem se dá apenas pelo esforço individual, no estudo solitário e na descoberta individual. O conhecimento humano é trabalho da coletividade e através Ensino colaborativo podemos formar cidadãos mais conscientes de seu papel dentro da sociedade.

O professor/pesquisador retoma com os estudantes os resultados obtidos no jogo dos bicos, levando-os a relacionarem o desempenho na catação de grãos com o formato da pinça e o formato da semente. No turno 17 o professor/pesquisador faz uma pergunta para reunir os resultados observados pela classe e o estudante E7 no turno 18 enuncia o conceito de adaptação como sendo uma relação de forma e função, ou seja, dependendo da função determinada forma pode ou não ser adaptada. No turno 19, a partir da resposta do estudante E7 o professor/pesquisador lança novamente a pergunta “Mas, o que é mesmo Adaptação?” Ele lança essa pergunta, pois até este momento os estudantes falaram sobre Adaptação e ainda não haviam apresentado uma definição clara sobre o próprio conceito. Observamos no turno seguinte que a resposta do estudante E4 reúne os elementos discutidos

durante a discussão e o jogo dos bicos, fornecendo uma definição precisa para um conceito bastante abstrato. Dificilmente observamos uma definição clara sobre este conceito básico até mesmo por especialistas em Evolução como Mark Ridley em seu livro *Evolution* (2004). Geralmente se dá exemplos de adaptação, porém a sua definição como conceito é deixada de lado.

5.4 Construindo o conceito de Seleção Natural

Anteriormente falamos que o conceito de Variabilidade era o conceito mais concreto e intuitivo dos três conceitos propostos. Em contrapartida o conceito de Seleção Natural apresenta-se como o mais abstrato e não intuitivo dos conceitos relacionados na atividade. Esta abstração deve-se ao fato que este conceito é significado a partir das relações conceituais estabelecida entre os conceitos de Variabilidade e Adaptação. Por este motivo ele é apresentado após estes conceitos. Podemos observar nas elaborações dos estudantes que a estruturação do conceito de Seleção Natural traz os outros dois conceitos embutidos. De certa forma, ao analisar a fala dos estudantes nas discussões deste módulo temos a nítida impressão de já estarmos tratando diretamente do conceito de Evolução, tal é o grau de sistematização conceitual necessário para a construção do conceito de Seleção Natural.

Assim, nesta seção analisamos um episódio que apresenta indícios da construção do conceito de Seleção Natural durante o desenvolvimento das atividades do Módulo 3.

5.4.1 Episódio 6- A Seleção Natural

Contextualização do episódio:

Neste episódio analisaremos a construção do conceito de Seleção Natural a partir das discussões suscitadas pela simulação computacional da relação predador – presa – ambiente. Nela podemos observar os diferentes níveis desenvolvimento de dois estudantes que apresentam zonas de desenvolvimento proximal distintas.

1 P: Mas, então pessoal os coelhos...o que está acontecendo com os coelhos?
2 E6: Eles ficam se reproduzindo e depois os lobos vem e come eles.
3 P: Os lobos comem todos eles?

4 E9: Não.
5 P: Qual eles comem e qual eles não comem?
6 E9: É assim oh...se o fundo é verde os lobos comem os brancos e deixa os marronzinhos e se eles estão no branco aí é o contrário.
7 P: Muito bem, mas por que isso acontece?...lembrando que isso é uma simulação da realidade e não a realidade.
8 E4: Eu acho que se o chão é verde os lobos veem melhor os coelhos brancos aí eles pegam mais brancos se o chão é branco eles veem melhor o marrom e aí eles comem mais os marrom. Seria mais ou menos isso?
9 P: É sim! Mas então, por exemplo, com o fundo branco os com pelagem castanha vão sendo predados com maior intensidade e o quê sobra na população local?
10 E9: Os brancos.
11 P: E então, podemos dizer que os coelhos brancos que vivem em regiões nevadas são assim para se camuflarem na neve?
12 E7: Não, eles foram selecionados por se esconderem melhor na neve.
13 P: Mas, quem selecionou?
14 E7: Foi o meio ambiente.
15 P: Ótimo, vocês entenderam o que ele falou? Você (Se dirigindo ao estudante E4) se lembra que no começo você me disse que os lobos das regiões frias tinham o pêlo mais grosso para proteger eles do frio? Eu disse que não era bem assim. Depois dessa atividade o quê você acha?
16 E4: Ah, sei lá. Não sei...
17 P: Vamos lá! É o mesmo raciocínio que nós usamos aqui. Imagine lobos com vários tipos de pelagem e um frio muito forte. Quem vai sobreviver? Os que possuem pelagem mais espessa ou os que possuem um pelinho fino?
18 E4: Os que têm o pêlo grosso.
19 P: Isso mesmo, agora eles tem o pêlo grosso para viver no frio ou eles vivem no frio por que tem pelo mais espesso? Vamos lembrar o exemplo das borboletas e dos pés de maracujá: Se ele tivesse o pêlo grosso para sobreviver ao frio ele teria que pensar assim: "Eu vou ter que engrossar o pêlo para sobreviver, né?"
20 E4: Não, ele não pensou, é que ele foi sendo selecionado? É isso?
21 P: Perfeito! Mas, o quê é Seleção Natural?
22 E7: É isso!
23 P: Isso o quê?
24 E7: Quando o ambiente seleciona os melhores para aquela situação.
25 P: Mas, o quê você quer dizer como melhores?
26 E7: Ah...como se diz os mais adaptados.
27 P: Ótimo, mas vamos lembrar que melhor não significa adaptado.

Observamos neste episódio que a atividade realizada pela turma com o auxílio de uma simulação computacional da relação predador-presa-ambiente é bastante utilizada durante a discussão, como nos turnos 2,6,8,12,14. Podemos ver na fala do estudante E4 no turno 8, que ele consegue compreender a dinâmica da simulação. Porém, no turno 16 observamos que o estudante ainda é incapaz de elaborar um enunciado que relacione o mecanismo de Seleção Natural com outros conceitos, a fim de dar uma explicação não finalista para a evolução de espécies de lobos adaptadas ao frio das regiões polares. O estudante E7 apresenta no turno 12 uma elaboração em cujo enunciado já aparece o emprego adequado da palavra seleção e quando o professor/pesquisador pergunta ao estudante quem era que selecionava

os coelhos ele fornece como resposta o enunciado “Foi o ambiente.” Estas elaborações (turnos 12 e 14) apresentam fortes indícios de que o estudante E7 construiu significado para o conceito de Seleção Natural. Inicialmente devemos compreender que para o estudante ter utilizado o termo da forma como o utilizou, provavelmente deve ter compreendido que nas populações naturais existem diferenças individuais, ou seja, Variabilidade fenotípica intraespecífica e uma diferença de desempenho entre elas (Adaptabilidade dos fenótipos), pois sem essas não haveria o quê escolher. Devemos notar que este estudante apresentou um desenvolvimento destacado na turma, acima de nossas expectativas. Podemos imaginar que esse notável desenvolvimento possa dever-se a algum interesse pessoal do estudante, já que, como observa Vigotski (2000), a volição é uma função psicológica importante e a atenção volitiva é um elemento essencial à aprendizagem. Em nossa análise podemos dizer que embora o estudante apresentasse inicialmente uma Zona de Desenvolvimento Real (ZDR) próxima à observada em seus colegas sua Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) era consideravelmente maior, assim conforme Vigotski (2000), como o desenvolvimento ocorre na ZPD, este foi maior do que o do restante da turma.

Como o estudante E4 no turno 16 parece apresentar dificuldades em elaborar o conceito de Seleção Natural o professor/pesquisador retoma a ideia utilizando-se de outro exemplo para tentar auxiliar o estudante a estabelecer as relações conceituais necessárias para a construção do conceito. No turno 18 o estudante responde a pergunta que lhe foi formulada de forma contundente, o que pode indicar que ele de fato compreendeu o exemplo. Diante disso o professor lança uma nova pergunta tentando relacionar o exemplo do pêlo dos lobos com o exemplo discutido anteriormente sobre a interação entre as borboletas Heliconia e os pés de maracujá. Imediatamente o estudante retoma a fala “Ele não pensou” usado anteriormente e conclui “É que ele foi sendo selecionado?” Como podemos observar o enunciado aparece na forma interrogativa, dando a entender que o estudante ainda está incerto com relação a correção do enunciado, pois este é uma elaboração conceitual nova. Como fechamento o professor/pesquisador pergunta à classe diante do que haviam discutido “Mas, o quê é Seleção Natural?” O estudante E7 responde no turno 22 que Seleção Natural era isso. Inicialmente podemos entender esta resposta um tanto vaga. Porém podemos observar que o conteúdo de toda discussão de fato correspondia ao conceito de Seleção Natural. Para que os estudantes tivessem a oportunidade de enunciar este conceito de modo mais elaborado o

professor/pesquisador pergunta novamente no turno 23. De fato, o estudante E7 no turno 24 enuncia de modo muito mais completo sua definição de Seleção Natural incluindo, no entanto, a palavra “melhores”. O uso desta palavra no enunciado de maneira alguma invalida a definição dada pelo estudante, que demonstra ter construído as relações conceituais necessárias para a construção do conceito de Seleção Natural, mas demonstra ainda certo apego a ideia de Evolução como progresso. Diante disto o professor questiona o uso do termo “melhores” e o estudante no turno 26 substitui essa palavra pela palavra “adaptados”. Essa substituição indica uma mudança qualitativa na fala do estudante.

5.5 Construindo relações entre os conceitos

Separamos os episódios que apresentam a construção das relações entre os conceitos propostos nesta seção, porém vale resaltar que esta é uma divisão puramente didática, com vistas a facilitar a leitura e ampliar a compreensão da dinâmica da atividade. Isso porque a construção de relações conceituais se dá ao mesmo passo que a construção do conceito propriamente dito. Haja vista que os conceitos e suas relações participam de uma construção dialética. Ou seja, as relações entre os conceitos não são construídas após a construção destes, mas ao mesmo tempo em que eles são sendo significados e resignificados. Desta forma, nesta seção analisamos episódios que apresentam indícios da construção de relações conceituais entre os conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural durante o desenvolvimento da Atividade Pedagógica.

5.5.1 Episódio 7 – A articulação entre os conceitos de Mutação, Adaptação e Seleção Natural

Contextualização do episódio:

O episódio apresentado a seguir foi suscitado pela apresentação do vídeo “A Vida Secreta das Plantas – Mimetismo” com duração de 2 minutos. Neste vídeo é apresentado um caso de adaptação da planta do Maracujá à predação pelas lagartas da borboleta Helicônia. O documentário mostra que as folhas da planta apresentam pequenos pontos amarelados que lembram o ovo da borboleta. Como

esta borboleta apenas deposita seu ovo em uma folha que não apresente ovos, a existência de ovos falsos reduz a predação na planta. Com relação a este vídeo o professor/pesquisador inicia uma série de perguntas com a finalidade de observar se os estudantes compreenderam o exemplo de adaptação apresentado no vídeo. O diálogo do professor/pesquisador com os estudantes também tem como finalidade articular os conceitos: Mutação, Adaptação, Aleatoriedade, Variabilidade e Seleção Natural.

1 P: Então, uma parte importante do conceito de adaptação é que ele sempre se refere à uma situação específica. Então, neste caso do vídeo qual é a situação?
2 E1: Das folhas! Das borboletas para evitar delas serem comidas.
3 P: Qual é a demanda? Qual é a situação? Tem uma borboleta que põe ovos. Por si não tem problema, né? Fica o ovo lá. Mas, depois o quê acontece?
4 E1: Nasce a <i>largata</i> ...
5 C: (risos) Lagarta!
6 P: Nasce a lagartinha e ela faz o quê com a planta?
7 C: Vai se alimentar.
8 P: Ela come, ela destrói a planta, né? Então essa é a situação da planta. Olha tem uma borboleta, determinada borboleta que vem aqui põe ovos e nascem lagartas vorazes e comem toda a planta inteira. Essa é a demanda é o quê está pedindo uma resposta, tá? É sobre isso que vai se adaptar e qual que é a resposta da planta?
9 E9: A folha dela produz a imitação de ovos para a borboleta pensar que ali já tem e não depositar.
10 E1: Autodefesa.
11 P: Então, da parte da planta é imitar um ovo, já que ela não deposita ovos onde ela acha que já tem e produzir... Agora vamos pensar o seguinte: A planta pensou isso?
12 E9: Isso que eu tô tentando entender.
13 P: A planta não pensou isso! Né?
14 E9: Mutação? (fala baixo)
15 P: Pode falar!
16 E9: Uma adaptação?
17 P: É, mas eu acho que você falou uma palavra antes.
18 E9: Mutação?
19 P: Perfeito! Perfeito! É isso mesmo! Houve uma mutação! Mas as mutações... agora eu quero que vocês me digam as mutações, elas são de que natureza? A planta pensa assim eu tenho que fazer uma mutação, senão eu vou me "ferrar" com essa lagarta! Ou não?
20 C: (risos)
21 P: O quê vocês acham? Qual é a natureza da mutação?
22 E4: Entrar em extinção?
23 P: Não, tenta completar isso.
24 E4: Elas mudam as coisas para as lagartas não comerem tudo e ela não entrar em extinção.

25 P: Mas, aí ela deveria pensar isso, não é?
26 E4: Não ela não pensou.
27 P: Como ela faz então? Para ela agir desta forma ela tem que pensar, né?
28 E4: Ai, eu sei o que significa, mas eu não tô achando palavras.
29 P: Tudo bem, não tem problema! Vai pensando. Quem mais? Como que essas mutações acontecem? Elas acontecem.
30 E1: Por necessidade.
31 P: Por necessidade? Mas, como assim?
32 A: Espontaneamente?
33 P: Ah, fala! Elaborou!
34 E4: Não sei se está certo! É por causa dos antepassados dela que passaram a informação pelo, assim da planta. Aí vai ter, ah entendeu mais ou menos a minha ideia?
35 P: Então, a hereditariedade, tem haver e tem haver a palavra...
36 E4: Mutação.
37 P: Mutação. Agora, a adaptação ela vai acontecer por meio... Vocês se lembram que eu falei para vocês da...da...da receita...da receita de bolo? E como acontecia a receita de bolo?
38 E9: Aleatoriamente?
39 P: Aleatório, aleatório. Você tem trocas aleatórias. Então, um... vai se produzir o quê com estas trocas aleatórias?
40 E4: Aumento da variabilidade?(fala baixo)
41 P: Com estas mutações aleatórias...
42 E9: Não vai ser tão drásticas...
43 P: É não pode senão a gente nem vê!
44 E9: O exemplo que você deu no outro. Mudou o trigo por outra coisa...
45 P: Fécula de batata.
46 E9: Mas, vai ser um pouco diferente.
47 E10: Vai aumentar as variantes.
48 P: Vai aumentar as variantes. Então, às vezes você tem lá uma folha de maracujá que ela não tem nada. Aí você tem uma outra variante que tem uma pintinha aqui, aleatório. Que surgiu por mutação. Mutação aleatória. Então, tem outra que tem uma bolinha aqui. Qual que vai diante daquela demanda, diante da borboleta qual vai ser comido com mais vigor pelas lagartas?
49 E4: Primeira.
50 P: Essa aqui, né?
51 E11: Primeira e segunda.
52 P: E essa aqui?
53 E5: Ela vai achar que tem um ovo.
54 P: Mas, essa mutação aconteceu para que a lagarta achasse que ali tem um ovo?
55 E12: Não, foi aleatório.
56 P: Mas, aquilo ali produziu um resultado de que tipo?
57 E12: Que foi usado.
58 P: Então, se a gente imaginar que os pais dão origem a filhos parecidos. O que vai acontecer aqui? Ela vai produzir sementes e as sementes e uma parte das sementes vai produzir folhas como? Com uma bolinha aqui?

59 E4: Isso!
60 P: Uma parte! O que vai acontecer com a outra parte?
61 E5: Vai ser comida pelas lagartas.
62 P: Aí na população eles vão se encontrar com mais frequência com bolinhas. E o que vai ter?
63 E4: Vai ter o cruzamento?
64 P: É, e aí?
65 E4: E aí que vão começar a produzir mais folhas com bolinhas.
66 P: Exatamente! Pode ter mais uma aqui, oh! Mas isso aí a planta pensou?
67 E9: Não.
68 E4: Não! Ela foi selecionada!

Podemos observar nos turnos 2 e 9 do episódio 3 que os estudantes E1 e E9 apresentam uma explicação funcional e finalista para a existência de um determinado fenótipo presente nos pés de maracujá citados no vídeo. Este tipo de explicação funcional e finalista foi apresentado por outros estudantes em vários momentos durante a aplicação da atividade. A concepção de finalidade para explicar a existência de um determinado fenótipo obscurece o entendimento da complexidade dos processos evolutivos, ao mesmo tempo em que induz uma explicação teleológica e direcionada para a Evolução das espécies. Desta situação emergem duas questões. A primeira, por que reiteradas vezes a explicação finalista/funcional surge na fala dos estudantes? E a segunda, quais fatores a tornam mais atraente ao estudante do que a explicação científica?

Vigotski (2000, p. 225) aponta como parte do desenvolvimento conceitual a definição do conceito pela sua função:

É fato conhecido que a definição dos conceitos dada pela criança tem natureza funcional. Quando se pede a uma criança que explique uma palavra, ela responde dizendo o que o objeto designado pela palavra pode fazer, ou – mais frequentemente – o que pode ser feito com ele.

Assim, podemos entender que o emprego de explicações funcionais para a existência dos fenótipos indica o desenvolvimento conceitual do estudante no estágio do pensamento por pseudoconceito, no qual os conceitos apresentam certo grau de generalização, mas ainda apresentam relações baseadas em nexos concretos. Para respondermos a segunda questão Vigotski (2000) diz que os conceitos científicos apresentam um verbalismo e “uma insuficiente saturação de concretude”. Para um estudante que principia a elaboração de determinado

conceito, compreender relações conceituais abstratas de modo direto e enunciativo é sumamente difícil. Isso porque ele ainda pode encontrar-se em um estágio de desenvolvimento do pensamento por complexo em que os nexos objetivos concretos formam a base do pensamento. Desta forma, a concretude de um conceito cotidiano apresenta-se mais compreensível, muito embora este tipo de conceito possua uma incapacidade para a generalização e abstração. Podemos entender que uma intervenção meramente enunciadora de definições, em um contexto como este pode ser pouco elucidativa para o estudante, que ainda pensa por meio de pseudoconceitos, cujas relações apresentam nexos concretos.

No turno 12 o estudante E9 demonstra dúvida com a sua explicação anterior com relação ao surgimento de determinados fenótipos. Neste momento a ideia de atribuir a faculdade de pensar à planta ou à borboleta não parece atrativa. Segundo Vigotski (2000) a linguagem é organizadora do pensamento. Ao enunciar seu pensamento o estudante tem a oportunidade de pensar sobre ele e sobre a sua organização, podendo observar que certas relações conceituais parecem não ser totalmente corretas e, assim, reelaborar o conceito, modificando o que parece incorreto a fim de responder determinada questão. Através da mediação do professor esse processo tem sequência, ao questionar umnexo inadequado que é a atribuição do pensamento à planta. Quando o estudante aparentemente dá a explicação inicial como insatisfatória e ele é novamente questionado pelo professor sobre o processo de surgimento de novos fenótipos aparece em sua fala (turno 14) a palavra mutação, que surge sozinha na sentença e pronunciada de forma quase inaudível, tanto que o professor pede que o estudante a repita. Na segunda vez o estudante modifica a palavra para “Adaptação”, pronunciando-a de modo mais sonoro. Mas, ainda esta palavra surge solitária na sentença e agora na forma interrogativa.

A falta de períodos completos em que a palavra Mutação ou Adaptação aparecesse albergada, juntamente com a maneira como foram pronunciadas, de modo baixo e na forma interrogativa, demonstra a incerteza do estudante com relação à correção do que foi falado. Isso demonstra que este é um conhecimento muito novo, recém-elaborado e por este motivo ainda não testado e avalizado de modo que o estudante apresenta receio quanto a sua exatidão.

É importante observar que estes dois trechos apresentam um momento muito importante na construção do conceito, eles apresentam quase o momento próprio da reelaboração conceitual e permitem perceber que é durante o emprego funcional do conceito que ele é reelaborado como afirma Vigotski (2000), ou seja, é durante o processo de pensamento para conseguir responder uma determinada questão que o conceito a ser utilizado pode ser reelaborado. Podemos perceber a importância do planejamento de atividades pedagógicas que estimulem a discussão de conceitos em sala de aula. Isso porque a discussão entre professor e estudante durante o processo de aprendizagem não é apenas importante, mas fundamental, já que é este o momento para o professor tomar conhecimento dos processos psicológicos que operam na mente de seu educando e para que este possa organizar, reorganizar, avaliar sua organização conceitual e, assim, elaborar e reelaborar conceitos, ou seja, efetivamente aprender.

A partir do turno 24 do episódio 3 observamos na fala do estudante E4 o processo de reelaboração conceitual de modo muito semelhante ao observado no turno 12 com o estudante E9. Como no caso do processo de reelaboração conceitual citado anteriormente, o estudante E9 utiliza-se da ideia de um propósito final para tentar explicar a existência do mesmo fenótipo (a presença de estruturas assemelhadas a ovos de borboletas). Neste caso como no anterior, a pergunta do professor tem o objetivo de compreender como este fenótipo surge na população de pés de maracujá. Porém, a resposta enunciada inicialmente pelos estudantes busca responder o porquê de tais fenótipos surgirem no indivíduo.

Ainda sobre o turno 24 deste mesmo episódio, observamos que o estudante introduz a palavra “mudam” na sua elaboração. Acreditamos que esta palavra guarde alguma relação com a ideia de mutação como mudança no fenótipo. Mas, como já mencionado, neste caso a “mudança” é fruto de um desejo ou uma necessidade do indivíduo, impondo objetivamente um caráter autodefinido, finalista e direcionado para a mutação.

No turno 25 o professor/pesquisador questiona o estudante E4 sobre a necessidade lógica que sua elaboração tem de aceitar a proposição de que os pés de maracujá pensam. No turno seguinte o estudante responde afirmando não crer que pés de maracujá possuam a capacidade de pensar. A partir desta elaboração o aspecto finalista presente na fala do estudante parece desaparecer de suas

elaborações, uma vez que o estudante abandonou uma premissa fundamental para sua elaboração inicial, a ideia de atribuir o pensamento a plantas. Assim, o professor/pesquisador pergunta novamente buscando fazer emergir novos elementos para auxiliar a reelaboração conceitual do estudante. Como resposta no turno 28 o estudante E4 pondera e diz que sabe a resposta e diz: “*não estou achando as palavras*”. Esta fala dá indícios do momento em que o estudante já não acredita que sua elaboração anterior seja uma boa explicação, mas ainda não conseguiu reelaborar uma nova explicação para o fenômeno. No turno 34 o estudante E4 novamente procura elaborar uma explicação para o surgimento de novos fenótipos na população. Podemos notar que neste esboço de explicação a ideia de finalidade desaparece e o estudante ensaia relacionar novos conceitos como o conceito de hereditariedade em seu enunciado.

No turno 35 o professor/pesquisador aproveita a fala do estudante resgatando a ideia de hereditariedade como um conceito possivelmente relacionado ao conceito de mutação. No turno 36 o estudante E4 interrompe a fala do professor/pesquisador lançando a palavra “mutação” como descoberta do momento. A urgência em falar a nova palavra e o entusiasmo do estudante indicam uma reelaboração conceitual. Os turnos 14 e 36 apresentam indícios fortes desta reelaboração, ou seja, neste momento o ensino está guiando o desenvolvimento dos indivíduos.

O paralelismo entre o primeiro e o segundo exemplo (turnos 14 e 36) em que se observam o início da reelaboração conceitual, reforça a afirmação de Vigotski (2000) de que é no emprego funcional que o conceito é construído, ou seja, é durante mesmo a tentativa de utilização de determinado conceito que este é elaborado e reelaborado. Neste sentido, como já dissemos anteriormente, Vigotski (2000) ressalta a importância da linguagem na elaboração conceitual, pois para ele a linguagem é organizadora do pensamento, assim durante a enunciação de uma ideia o sujeito tem a oportunidade de verificar a coerência entre as relações conceituais enunciadas na argumentação proposta.

No turno 37 tratamos a elaboração do conceito de aleatoriedade das mutações genéticas. Este é um conceito importante para a construção do conceito de Seleção Natural, já que compreendendo que as mutações ocorrem sem qualquer direcionamento e sem atender a uma determinada finalidade é que o sujeito pode compreender que a Seleção Natural ocorre sem a necessidade de interferência

externa, ou seja, a Evolução ocorre naturalmente onde há vida e por quanto tempo ela existir, sem guiar-se para um objetivo final pré-determinado.

No turno 37 o professor/pesquisador recorre à analogia feita entre o genoma de um ser e uma receita de bolo. Nesta analogia, utilizada como ferramenta didática, com a finalidade de acrescentar concretude a um elemento eminentemente abstrato, ele refere-se ao genoma (conjunto de informações genéticas) de determinado ser como uma receita de bolo (conjunto de informações), ambos os conjuntos informacionais poderiam sofrer modificações em seu conteúdo. Por exemplo, a troca de uma base nitrogenada por outra ou a troca de uma palavra por outra. Na maioria das vezes as trocas feitas de modo aleatório levariam a resultados desastrosos, mas em raríssimos casos uma destas trocas poderia resultar em fenótipos funcionais. Nestes casos estas novas formas iriam compor a variabilidade intraespecífica observada. Nesta analogia a intenção foi demonstrar aos estudantes que pequenas alterações feitas aleatoriamente no genoma de um ser podem ocasionar uma modificação no seu fenótipo ampliando, assim, a variabilidade intraespecífica observada. Quando o professor/pesquisador faz o resgate da analogia o estudante E9 rapidamente consegue estabelecer a relação entre mutação e aleatoriedade. O uso de analogias pode ser um instrumento útil na mediação pedagógica por acrescentar concretude à fala do professor. A esse respeito Vigotski (2000, p. 245) diz que: “A debilidade do conceito científico é seu verbalismo, que se manifesta como principal perigo no caminho do desenvolvimento desses conceitos, na falta de saturação de concretude...”.

Assim, de certo modo, o uso de analogias e exemplos podem adicionar a concretude que falta ao ensino de conceitos científicos, principalmente para os casos em que os estudantes ainda estão em uma primeira aproximação ao tema. Porém, o uso de analogias demanda do professor um grande domínio do conceito tratado na analogia, tanto da área específica quanto da área pedagógica. No uso de analogia o professor precisa ter em mente o objetivo a alcançar. Neste caso o objetivo foi o de estabelecer uma relação entre mutação e aleatoriedade gerando novos fenótipos. Como podemos observar no turno 38 e 40 o uso desta analogia foi satisfatório, pois os estudantes dão indícios de um estabelecimento de relações entre mutação (turno 36), aleatoriedade (turno 38) e aumento de variabilidade intraespecífica (turno 40).

A elaboração de conceitos somente pode acontecer mediante um ato consciente, racional e voluntário de pensamento. E isto somente ocorre para estabelecer relações entre os conceitos, a fim de sustentar argumentos para a tomada de determinada ação. Desta forma, a relação entre os conceitos é fundamental para que a elaboração conceitual não se resuma a ideias isoladas e estáticas.

Nos turnos 19 e 39 podemos observar durante a fala do professor/pesquisador uma preocupação em estabelecer uma relação lógica entre os conceitos discutidos. Essas falas aparecem logo após algum estudante ter conseguido enunciar corretamente o conceito tratado, ou seja, o professor/pesquisador pergunta, o estudante elabora e enuncia o conceito de forma satisfatória, o professor/pesquisador faz outra pergunta com o intuito de relacionar aquele conceito reelaborado pelo estudante com outro conceito já tratado. A importância de estabelecer relações claras entre os conceitos é fundamental para a aprendizagem dos estudantes, pois, segundo Vigotski (2000), nenhum conceito existe de forma isolada e ensinar conceitos estanques e sem estabelecer relações com outros conceitos é impossível sem recorrer a um ensino puramente memorístico. O que para o mesmo teórico é uma mera “assimilação de palavras vazias” que se mostra inútil diante de qualquer tentativa consciente de emprego do conhecimento assimilado.

No turno 66 o professor refaz a pergunta enunciada no início do episódio: “Mas, a planta pensou isso?” Ao se referir à estratégia de mimetizar ovos de borboleta observada nos maracujazeiros apresentados no vídeo: *A vida secreta das plantas*. As respostas apresentadas nos turnos 67 e 68 dos estudantes E9 e E4 mostram um ganho qualitativo decisivo, quando comparamos a resposta do estudante E9 no turno 24, no qual ele fornece uma explicação finalista para uma mutação aleatória observada e turno 28, em que o mesmo se depara com a incapacidade de fazer uso do conhecimento de que dispõe, com a sua resposta no turno 68. Nas elaborações anteriores os enunciados surgiam em meio a dúvidas e o receio de errar, quando eram pronunciados de modo tímido na forma interrogativa. No turno 68 a resposta é proposta de forma clara e afirmativa, o que mostra ser o fruto de um processo cognitivo estruturado. Devemos lembrar essa não é uma repetição de uma fórmula enunciada pelo professor/pesquisador anteriormente. Então, a sua formulação é fruto elaboração consciente que exigiu o uso de

diferentes funções psicológicas como a atenção arbitrária, a memória lógica, a abstração, a comparação e a discriminação que culmina com a elaboração conceitual.

O desenvolvimento conceitual observado neste episódio, embora apresente um salto qualitativo considerável no que concerne a compreensão da realidade que cerca os estudantes, de modo algum pode ser considerado como um fim ou como a conquista de um objetivo final, pois como Vigotski diz (2000, p. 246): “Quando uma palavra nova ligada a um determinado significado é apreendida pela criança, o seu desenvolvimento está apenas começando...”.

5.5.2 Episódio 8 - A sistematização dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural

Contextualização do episódio

Este episódio apresenta um trecho do início da 5ª e última aula da atividade pedagógica desenvolvida. Nele o professor/pesquisador relembra os conceitos tratados durante toda a atividade retomando especialmente as articulações entre os conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural.

01 P: Gente, nós vamos retomar um pouco o que nós vimos, nos outros três módulos. Para a gente fazer hoje uma atividade que é a atividade que encerra a nossa sequência de ensino. Tá bom?
02 P: Eu queria perguntar para vocês se vocês se lembram da primeira aula que a gente teve?
03 E9: Eu não estava.
04 C: Sim.
05 P: Falava do que?
06 E4: Variabilidade.
07 P: O quê é variabilidade? Oh, todo mundo presta atenção! Gente.
08 E13: Eu não peguei a explicação.
09 P: Quem pode ajudar?
10 E5: É para separar as raças de cachorro lá.
11 P: Sim, mas o quê esta atividade mostrou para a gente?
12 E5: Mostrou que existe diferença dentro das espécies.
13 P: Mostrou que existe diferença entre os indivíduos da mesma espécie. E essa diferença é...
14 E6: É a variabilidade.
15 P: É a variabilidade quando ela é herdável, não é?

16 P: Oh, gente vê se vocês concordam com isso. Fala... você falou certinho.
17 E6: Variabilidade é a diferença...
18 P: Entre as espécies?
19 E6: Não, na espécie.
20 P: Na espécie!
21 E9: E é relacionado a Adaptação?
22 P: É relacionado a adaptação. A variabilidade é diferença entre os indivíduos dentro de uma espécie e essa diferença é herdável. Por que tem diferença que não é herdável. A gente tratou de um outro assunto de um outro conceito relacionando com variabilidade que foi....?
23 E7: Mutação.
24 P: Mutação, perfeito! Qual é a relação que tem ...O que é mutação?
25 E7: Mutação seria mudança no padrão dos seres vivos causando uma variabilidade maior.
26 P: Exatamente, a relação entre mutação e variabilidade é que as mutações aumentam a variabilidade. Mas, mutação é uma mudança no quê?
27 E7: No genótipo!
28 P: Vocês ouviram?
29 A: Pessoal!
30 P: Vocês ouviram o que é mutação? E o que mutação tem haver com variabilidade? Vocês não ouviram. Repete, por favor.
31 E7: A Mutação causa a Variabilidade.
32 P: E a Mutação é o quê?
33 E7: É uma mudança no genótipo.
34 P: Que a gente viu que é herdável. A gente viu isso lá na Variabilidade. Tá certo, e agora eu queria que você falasse sobre adaptação. Ou o quê a variabilidade tem haver com adaptação.
35 E9: Ai,...hummm é tipo assim, as características que um animal tem que permite ele sobreviver no meio ambiente?
36 P: Isso mesmo! Mas o quê essa Adaptação tem haver com a Variabilidade?
37 E7: É que um indivíduo é selecionado no meio de uma população com relação a sua adaptação para viver naquele lugar.
38 P: Mas, então onde está a variabilidade?
39 E7: Na população. É que é preciso ter uma Variedade de formas para selecionar a melhor.
40 P: Mas, o indivíduo precisa querer ser selecionado? Ou precisa querer se adaptar?
41 E7: Não!... Acontece a mutação aleatória se ela for adaptada ele é selecionado, se não for, ele não vai ser selecionado.

Podemos notar no turno 12 que o estudante E5 enuncia de modo bastante satisfatório uma explicação para o conceito Variabilidade. Podemos observar que outros estudantes também chegam a conclusões parecidas em seguida como E6 no turno 17 e 19. Um fato bastante interessante é que o estudante E9 no turno 21

questiona espontaneamente o professor/pesquisador se a Variabilidade está relacionada à Adaptação. Como podemos notar a pergunta feita pelo estudante é mais uma pergunta confirmatória, ou seja, o estudante tem uma resposta e faz uma pergunta apenas para checar seu entendimento. Mas, esta pergunta do estudante nos faz perceber que a aquisição de significados para a palavra Variabilidade demanda uma relação conceitual entre esta palavra e o conceito de Adaptação. Novamente observamos que, como diz Vigotski (2000), todo conceito está relacionado a outro conceito. A relação entre os conceitos expande a compreensão sobre os conceitos tratados e vai além, ampliando a compreensão a respeito de outros fenômenos relacionados. Assim, quando o estudante estabelece a relação entre dois conceitos ele sabe mais do que os dois conceitos.

No turno 22 o professor/pesquisador tenta auxiliar os estudantes a lembrar do conceito relacionado a Variabilidade e explicar essa relação. O estudante E7 no turno 23 lembra-se do conceito de Mutação e no turno 25 ele enuncia de modo coerente a relação entre este conceito e a Variabilidade. Esta relação conceitual é para que o estudante compreenda a origem da Variabilidade intraespecífica. No turno 31 quando o estudante repete o enunciado para a classe ele o reelabora dizendo agora de modo claro: “A mutação causa a Variabilidade”.

No turno 34 o professor/pesquisador se volta para o estudante que perguntou se havia relação entre o conceito de Variabilidade e Adaptação e pede que ele responda o quê é Adaptação. O estudante E9 responde no turno seguinte dizendo que “Adaptação são as características que um animal tem que permite ele sobreviver no meio ambiente”. Apesar de o estudante ter dito animal acreditamos que ele compreenda que esse conceito se estenda a todos os seres vivos. Mas, gostaríamos de salientar o desenvolvimento observado neste estudante. No episódio 4 no turno 9 o estudante apresenta uma definição finalista para a adaptação e no episódio 5 turno 35 o mesmo estudante dá uma definição para este conceito, livre de qualquer sinal de finalidade e integrada com aos conceitos de Variabilidade e Seleção Natural. O enunciado do estudante E7 no turno 37 onde ele relaciona Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural demonstra que este estudante conseguiu estabelecer uma relação lógica entre os conceitos, de forma a sustentar uma argumentação segura e mais complexa do que as eram enunciadas inicialmente. Observamos um desenvolvimento dos estudantes a respeito dos conceitos fundamentais para a compreensão da Teoria da Evolução.

No turno 39 o estudante E7 demonstra que consegue relacionar seleção natural e variabilidade, embora ainda apresente no enunciado a ideia de melhoria no processo de seleção. Apesar disso o mesmo estudante no turno 41 elabora novamente a ideia em que apresenta um significado para a adaptação não relacionado à melhoria da espécie. Isso pode ocorrer porque conceitos cotidianos podem conviver até certo ponto com conceitos científicos. Novas mediações a esse respeito poderiam tratar novamente este assunto.

5.6 Sistematizando conceitos e construindo o conceito de Evolução

Esta seção apresenta a transcrição das falas dos estudantes na última ação da atividade pedagógica. A elaboração do conceito de Evolução foi o objetivo perseguido durante todo o desenvolvimento da nossa intervenção, então, de certa forma ele aparece como uma espécie de ponto de chegada. Porém, estamos mais focados em compreender o processo de elaboração conceitual do que apenas checar se o estudante alcançou um “ponto de chegada”. Assim, para que nossa ação fosse bem sucedida tínhamos como interesse primordial observar nas falas dos estudantes uma descrição, mesmo que ainda incipiente, dos processos pelos quais a Evolução ocorre. Deste modo, chegar à conclusão que determinado fenômeno ocorreu por Evolução, não nos interessa tanto quanto uma fala em que as relações conceituais entre Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural se sistematizam para construir o significado da palavra Evolução. Para isso, analisamos um episódio que apresenta indícios da construção do conceito de Evolução a partir dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural durante o desenvolvimento da atividade de fechamento da Atividade Pedagógica.

5.6.1 Episódio 9- A Evolução

Contextualização do episódio:

O episódio apresentado abaixo é a transcrição das discussões dos estudantes na última ação da atividade pedagógica. O professor/pesquisador reexibiu o vídeo que mostra o surgimento de bactérias super-resistentes, que foi

apresentado no início da intervenção, e pediu para que os estudantes discutissem em grupo duas questões:

1ª Como se explica o surgimento de bactérias super-resistentes a antibióticos?

2ª Por que o governo quer combater o surgimento de novas super-bactérias controlando o uso de antibióticos?

As transcrições de áudio deste episódio focam as discussões dentro de um dos grupos. Isso difere do que vinha ocorrendo até o episódio anterior que as transcrições eram feitas a partir do áudio da classe. Ou seja, as discussões analisadas até aqui englobavam toda a classe. Neste episódio, porém englobam apenas os estudantes de um grupo. Como a atividade proposta era uma discussão em grupo, utilizamos essas transcrições para avaliar o desenvolvimento dos estudantes a partir da atividade proposta.

1 P: Então, gente eu quero que vocês discutam em grupo como estas bactérias surgiram e por que é necessário o controle no uso de antibióticos.
2 E3: É para escrever?
3 P: Se vocês acharem que é melhor, sim!
4 E3: Pode ser à lápis?
5 P: Se vocês quiserem pode!
6 E9: Eu acho que é tipo assim, elas evoluíram! Porque é isso que nós estamos estudando, né?
7 E7: Mas, como nós vamos falar? É que se ele pedir pra gente falar lá na frente?
8 E9: Ah, a gente fala que as bactérias tinham umas que eram mutantes e eram resistentes a antibióticos, mas no começo elas ficavam no meio da população e ninguém notava, mas quando as pessoas começaram a tomar antibiótico demais, aí o antibiótico matou as que não eram resistentes e só sobrou as que eram resistentes.
9 E7: É então, acho que tem que dizer que elas foram selecionadas por que eram as mais adaptadas.
10 E6: Ah, gente pode falar o que a (E9) disse tá bom.
11 E7: Oh, professor vem aqui.
12 E6: Mas, por que tem que controlar os antibióticos?
13 E7: É para não selecionar mais bactérias ...
14 E6: Tá certo, então você fala.

No turno 6 o estudante E9 conclui que as bactérias super-resistentes evoluíram de linhagens de bactérias (turno 08) ancestrais mutantes para a resistência a antibióticos. Ainda no turno 08 observamos que ao explicar como

ocorreu o “surgimento” de tais bactérias o estudante E9 inclui os conceitos de Variabilidade ao mencionar que na população de bactérias havia umas que “eram mutantes e eram resistentes a antibióticos”, inclui, também, a ideia de Adaptação ao dizer que o antibiótico “matou” as que não eram resistentes e por fim o conceito de Seleção Natural ao mencionar que “só sobrou as que eram resistentes”. Podemos observar que o estudante elaborou corretamente uma explicação para o surgimento de linhagens de bactérias resistentes e que, para tal, se valeu do conceito de Evolução construído a partir da sistematização conceitual ensinada nesta atividade pedagógica. Tanto a explicação de como as novas linhagens bacterianas como a explicação dos processos evolutivos apresentam-se de modo adequado. No turno 9 o estudante E7 faz ressalvas sobre a fala do estudante E9 (turno 8) pedindo que sejam acrescentados os termos “selecionadas” e “mais adaptadas”. As ressalvas feitas pelo estudante E7 demonstram que ele reconhece nos processos descritos pelo estudante E9 os conceitos Adaptação e Seleção Natural. Mais do que isso o estudante E7 sente a falta das palavras que carregam em seu significado os conceitos chave que explicam o fenômeno. Podemos dizer que o estudante E7 encontra-se em um nível de desenvolvimento superior ao observado no estudante E9. Isso porque, embora as elaborações conceituais observadas nos turnos 6 e 8 estejam corretas, o estudante E9 ainda vale-se mais das descrições concretas do processo do que das definições abstratas do conceito. Já no caso do estudante E7 podemos observar no turno 9 uma aproximação dos conceitos abstratos significados na palavras que os definem. Porém, esta constatação possui apenas um caráter investigativo, não se trata de definir aqui qual estudante foi “melhor” ou “pior” nas atividades, mesmo porque ambos apresentaram um desenvolvimento acima das expectativas. As diferenças observadas entre os estudantes apenas nos indicam por onde deve seguir o desenvolvimento para a construção do conceito verdadeiro (Vigotski, 2000). Gostaríamos de ressaltar que o uso do termo “Conceito Verdadeiro” é utilizado aqui com o mesmo sentido em que é empregado por Vigotski (2000) ao discutir a formação do conceito em sua obra “A Construção do Pensamento e da Linguagem” publicada em 2000 pela editora Martins Fontes. O Conceito Verdadeiro neste caso trata-se do conceito cujas relações de nexos lógico abstratas apresentam-se estabelecidas de maneira alguma deve ser entendido como a expressão da verdade ou como a verdade a respeito de determinada coisa ou objeto.

No próximo capítulo discutiremos o planejamento da atividade pedagógica e os resultados observados em cada um dos módulos, por fim apontaremos nossas conclusões e considerações finais a respeito do uso da Atividade Pedagógica proposta nesta pesquisa para o Ensino de Evolução, bem como outros aspectos de cunho teórico observados durante a investigação.

CAPÍTULO 6

Discussões e Considerações Finais

6.1 Aspectos Gerais

Durante a fase de estruturação e planejamento previmos uma interação com os estudantes a partir de 6 encontros de 50 minutos. Porém, as condições reais da escola nos permitiu desenvolver nossa pesquisa em apenas 5 encontros. Devido a diferenças cronológicas na liberação da autorização para a pesquisa por parte do comitê de Ética e do próprio planejamento da disciplina de Biologia nossa atividade teve que ser comprimida para atender a realidade em que nos encontrávamos. Um fato observado durante a aplicação da atividade é que contávamos com apenas 35 minutos úteis a cada aula de 50 minutos, pois entre o sinal que marca o fim de uma aula e o começo de outra eram perdidos minutos para a saída do professor da aula anterior e minutos aguardando a reorganização da classe, avisos gerais e preparação de equipamento.

No último encontro a aula teve um adiantamento do sinal de intervalo que fez com que contássemos com apenas 25 minutos úteis de aula. Esse abreviamento da última aula se deu por conta de um sorteio de rifa em prol da formatura do 3º do Ensino Médio. Diante disso e do resultado positivo que obtivemos, podemos dizer que mesmo em condições não ideais o professor pode alcançar sucesso no emprego desta proposta de Atividade Pedagógica para o Ensino de Evolução, mediante uma adaptação à sua realidade coerente com referencial teórico que a estrutura.

6.2 A Atividade Pedagógica

Durante a fase de planejamento desta Atividade Pedagógica buscamos nos basear em uma metodologia de Ensino que favorecesse tanto a aprendizagem quanto a o emprego da Análise Microgenética para analisar esta aprendizagem respeitando os pressupostos da Teoria Histórico-Cultural do Desenvolvimento Humano. A metodologia de Ensino escolhida foi o Método Funcional de Dupla Estimulação descrita por Vigotski (2000) e desenvolvida por Sakharov. Entendemos que esta seria a melhor metodologia para o ensino, para a coleta de dados e para a

análise dos dados, pois este método de Ensino permite que observemos as etapas de construção do conceito, entendendo que ele ocorre no curso de seu emprego funcional. Tal característica favorece a Análise Microgenética dos dados, pois permite uma abordagem processual da origem e do desenvolvimento dos conceitos. É importante salientar que embora o planejamento desta Atividade Pedagógica tenha se inspirado no Método Funcional de Dupla Estimulação, não se trata de buscar aqui um exemplar ortodoxo de emprego deste método, já que este serviu mais como inspiração para guiar a construção da atividade do que um molde para encaixar nossos objetivos didáticos e de pesquisa.

Sendo assim, planejamos e aplicamos duas séries de estímulos: uma no início de nossa intervenção e outra no fim da mesma. Em ambos os casos a estimulação consistiu de uma discussão provocada pela exibição de um vídeo que tratava do surgimento de novas linhagens de bactérias resistentes a múltiplos antibióticos. Este vídeo foi escolhido por tratar de um exemplo de Evolução bastante presente no cotidiano de nossa sociedade. Em raras ocasiões a Evolução é tratada como um fenômeno presente em nosso dia-a-dia. Acreditamos que esta abordagem pode auxiliar o professor a construir outra relação com a ideia de Evolução, geralmente entendida como um conhecimento mais pertencente às eras geológicas do que à nossa vida cotidiana. Quase sempre vemos exemplos de Evolução que remetem a observação e discussão das homologias dos grupos atuais com as incríveis criaturas do Mesozoico e ao abismo temporal que nos separa deles.

Podemos observar que a apresentação do vídeo em si não é capaz de gerar os debates e discussões que, segundo nosso entendimento, são o terreno fértil no qual o professor deve trabalhar. Mas, o vídeo associado a uma mediação bem qualificada por parte do professor é um poderoso instrumento pedagógico. Isso pode ser observado nos episódios 1 e 2 em que a reação inicial dos estudantes ao vídeo é bastante tímida e necessitou da mediação ativa do professor para suscitar as discussões em que os enunciados foram elaborados. Gostaríamos de lembrar que como mediação, entendemos o trabalho do professor que se coloca entre o conhecimento socialmente construído e o aprendiz, orientando-o em sua aprendizagem. Durante as discussões acerca do vídeo podemos observar que de modo geral a turma apenas conseguia reconhecer palavras ligadas ao grande tema Evolução, isso reforça nossa crença de que as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) estão longe da realidade de nossas salas de aula. Podemos dizer, por conseguinte, que nossos dados corroboram a farta literatura

produzida a respeito da precariedade do Ensino de Evolução em nossas aulas de Ciências e Biologia (CARNEIRO, 2004; PEDRANCINI *et al*, 2007; AMORIM, 2009; TIDON e VIEIRA, 2009; OLEQUES, SANTOS e BOER, 2011; ZAMBERLAN, 2012).

No capítulo 5 durante a análise dos episódios 1 e 2 os estudantes analisados apresentaram uma concepção de Evolução como aprimoramento e progresso. Contudo, vale ressaltar que em momento algum os estudantes apresentaram dificuldade em entender que as espécies não apresentam uma forma fixa no tempo. Isso talvez se deva a uma ideia transformista amplamente difundida na sociedade. Esta ideia é muito veiculada por meio de filmes, novelas e romances de ficção como exemplo: “Mutantes Caminhos do Coração”- novela veiculada pela Rede Record em 2009, “X-Man – O Filme” (2000), “X-Man II” (2003), “X-Man - O Confronto Final” (2006), “X-Man - Origens: Wolverine” (2009), “X-Man – Primeira Classe” (2011), “Wolverine Imortal” (2013), “X-Man - Dias de um Futuro Esquecido” (2014). Devemos lembrar que toda a cinesérie X-Man teve lançamento mundial e com certeza contribuíram de alguma forma para a construção dos conceitos cotidianos observados nos estudantes em sala de aula. Segundo esta concepção as barreiras entre as espécies são comumente dissolvidas gerando um hibridismo transformista. Estas concepções equivocadas a cerca da constituição molecular da informação genética não auxiliam o Ensino de Evolução, mas de certa forma nos permitem lançar hipóteses sobre a aproximação dos estudantes do pensamento transformista.

Um fato também observado durante a aplicação de nossa Atividade é que não houve expressão de conflito entre o conhecimento científico e as crenças religiosas dos estudantes, mesmo havendo entre eles majoritariamente protestantes e católicos. A esse respeito imaginamos que este seja um dos frutos de nossa abordagem do conceito de Evolução a partir dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. No trabalho de Amorim (2009) o conflito entre “A Evolução” e “A Religião” em sala de aula é tomado quase como um instrumento pedagógico. Talvez, esta estratégia seja pensada como uma forma de conflito cognitivo, tal como é proposto por Piaget (1977). Porém, acreditamos que neste caso o conflito se configure em outro nível psicológico, já que não observamos como resultado a busca para a construção de um novo conceito. Mas, somente o endurecimento de convicções religiosas. Naturalmente estas convicções não são as mais adequadas para o estudante interpretar os fenômenos naturais que o cercam.

Nossa abordagem a respeito desta questão é notadamente diversa, pois nossa compreensão a respeito da construção de conceitos não passa pela Teoria da

Equilíbrio de Piaget, mas pelos pressupostos teóricos do referencial histórico-cultural que não promove um lugar especial para o conflito dentro da construção dos conceitos. Para nós as dúvidas fazem parte do desenvolvimento do conceito e, neste sentido, diferem essencialmente estas duas ideias, pois para Piaget o conflito dá início ao processo de equilíbrio e para nós a dúvida é parte integral do processo de construção do conceito.

6.3 A Atividade pedagógica e a construção dos conceitos

Durante a análise dos episódios observamos uma nítida diferença entre as explicações propostas pelos estudantes no início e no final da Atividade Pedagógica para o surgimento de bactérias resistentes a antibióticos. Como dissemos anteriormente na análise dos episódios da secção 5.1 “Conhecendo as concepções da turma sobre a Evolução e seus processos” do capítulo 5 notamos que os estudantes recorriam imediatamente a argumentos finalistas e progressivistas, isolados de outros conceitos para tentar explicar processos evolutivos. Ao analisarmos os episódios da secção 5.8 “Sistematizando conceitos e construindo o de Evolução” do capítulo 5 notamos que as explicações para os processos evolutivos são mais aprofundadas, tornaram-se elaborações mais longas e que conectam vários conceitos para sustentar o argumento sem o uso de afirmações finalistas ou progressivistas. Para podermos analisar o processo ocorrido entre estes pontos (Inicial e Final) temos que recorrer ao estudo dos episódios intermediários que nos lançam na análise da construção dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural.

Observamos durante o módulo 1 (Construindo o conceito de Variabilidade) que os estudantes tiveram como desafio primeiro vencer a timidez e o estranhamento diante de uma nova metodologia de Ensino e segundo abarcar as informações da realidade já observada e constatada a respeito das diferenças fenotípicas presentes nos indivíduos da população de uma espécie em um conceito definido (a Variabilidade). A construção deste conceito foi fundamental para o encadeamento lógico de toda nossa Atividade de Pedagógica, pois, embora possamos achar que este conceito já se apresentava subentendido pelos estudantes faltando-lhe apenas ser associado a uma palavra, notamos que neste ponto do desenvolvimento os estudantes ainda não demonstravam o grau de discriminação necessário para que o conceito pudesse se estruturar, permitindo a generalização

que caracteriza o conceito verdadeiro (VIGOTSKI, 2000). Por este motivo o professor/pesquisador no episódio 4, turno 11 pede que o estudante E4 defina “Variabilidade”. Assim, o estudante tem a oportunidade de buscar discriminar e generalizar o conceito que está sendo construído. Podemos observar no episódio 7, no turno 40 que o estudante E4 apresenta o uso adequado deste conceito estabelecendo uma relação lógica de abstração entre os conceitos de Variabilidade, Mutação, Adaptação e Seleção Natural. A partir do entendimento de que as populações não são constituídas por elementos uniformes e sim por uma ampla gama de variações fenotípicas seguimos nossas atividades com o fim de auxiliar os estudantes a compreender que fenótipos diferentes podem apresentar desempenho diferente entre os indivíduos de uma população. Por isso, neste ponto iniciamos o estudo do conceito de Adaptação em sala de aula, que foi introduzido com o auxílio de uma atividade intitulada: Jogo dos Bicos. Como descrevemos esta atividade no capítulo 4 iremos tratar apenas da análise da construção do conceito de Adaptação e sua relação com a atividade proposta. Este jogo é uma abstração da realidade e, com isso, ele não contempla toda a complexidade existente na intrincada rede de relações ecológicas envolvidas no processo de Seleção Natural. Porém, ele pode servir como ponto de partida para as discussões que irão gerar o ambiente propício à formação de conceitos. Esta atividade teve como objetivo introduzir o conceito de Adaptação através da observação de que pinças (bicos) diferentes possuem desempenho diferente na execução da tarefa de catar sementes. Observamos que o estudante E 04 no episódio 5, no turno 04 consegue identificar o objetivo pedagógico central do jogo dos bicos ao dizer alguns bicos são melhores do que outros para pegar grãos. Esta fala do estudante E4 foi bastante importante para construção do conceito de Adaptação, tanto para a aprendizagem do estudante que a falou quanto para seus colegas que participam de maneira diferente do mesmo processo de aprendizagem e de desenvolvimento. Na sequencia deste turno o professor tenta relacionar a ideia estabelecida no jogo com a ideia de Adaptação com a frase: “Ótimo, então nós podemos dizer que estes bicos são...” o estudante E7 completa a fala do professor com o uso da expressão “Os mais adaptados?”. Dois aspectos devem ser levados em conta a respeito da elaboração do estudante E7 a primeira é que ele concluiu uma fala do professor. Isso demonstra seu entusiasmo com a sua recém-descoberta e a presença da forma interrogativa que mostra a sua insegurança a respeito desta elaboração, pois pelo fato de ter sido construída há pouco tempo ainda não teve o tempo necessário para ser testada. No turno seguinte

o professor/pesquisador faz mais perguntas com o intuito de checar se mais estudantes conseguiram observar o mesmo que o estudante E7. Observamos durante os turnos de 03 a 14 que o professor/pesquisador retoma várias vezes as situações vividas pelos estudantes durante o “O jogo dos Bicos” para introduzir certa concretude à construção de um conceito notadamente abstrato. Este é um recurso bastante útil principalmente por que, de modo geral, os estudantes ainda apresentam formas de pensamento sincrético ou pensamento por complexos que possuem como eixo os nexos de concretude como descrito no capítulo 3. Assim, com a atividade podemos apresentar um pouco de elementos concretos permeados de significados abstratos. Mas, como observamos nas falas do professor/pesquisador e dos estudantes esta concretude é logo superada pelos nexos de abstração lógica. Como podemos notar no turno 19 do episódio 5 em que o professor/pesquisador retoma a pergunta feita no turno 01 “Mas, o que é mesmo Adaptação?” na resposta do estudante E4 podemos ver que ele usa os aspectos tratados durante “O Jogo dos Bicos” para gerar o significado para a palavra Adaptação e o faz com surpreendente simplicidade, clareza e correção. Com a ideia de que as espécies são formadas por indivíduos fenotipicamente diferentes e que estas pequenas diferenças podem afetar o desempenho geral dos indivíduos, passamos para a construção do conceito de Seleção Natural. Para introduzir esse conceito fizemos o uso de uma simulação computacional que reproduz um exemplo específico de Seleção Natural com poucas variáveis. Isso não empobrece o entendimento, pois permite uma focagem maior no estudo de poucas relações. A relação que privilegiamos estudar foi a relação de competição entre predador e presa em um ambiente com poucas variáveis.

Observamos durante a apresentação da simulação que os estudantes estiveram o tempo todo interessados nos resultados finais diante de cada uma das mudanças de variáveis. Talvez isso, aponte para o fato que a essas alturas vários estudantes já tenham conseguido estabelecer relações entre os conceitos abordados em nossa atividade e neste momento quisessem testá-los. Podemos dizer que a simulação pode ter auxiliado a mobilizar a atenção voluntária dos estudantes para discussão. Para Vigotski (2000) a atenção volitiva ou voluntária é uma das funções psicológicas superiores essenciais à aprendizagem.

O professor/pesquisador no turno 11 faz uma proposição à classe de caráter eminentemente finalista a respeito da cor branca dos coelhos em regiões nevadas e a lança à classe na forma interrogativa. O uso da forma interrogativa aqui tem por

função dar uma “pista” aos estudantes que esta proposição é falsa. Observamos durante a fala apresentada no episódio 6, no turno 12 pelo estudante E7 que ele consegue estabelecer uma diferenciação entre causa e consequência na relação entre o fenótipo e o meio ambiente lançando mão da expressão “foram selecionados”. Podemos observar nesta análise uma relação positiva entre o uso do modelo simulado, a mediação do professor, as discussões em sala de aula utilizadas como recurso didático e a interação dos estudantes.

Desta forma, passamos à construção do conceito de Evolução que depende em última análise da sistematização dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Para isto, realizamos a última exibição do vídeo sobre o surgimento de bactérias super-resistentes e lançamos duas perguntas que deveriam ser discutidas em grupos são elas:

1ª Como se explica o surgimento de bactérias super-resistentes a antibióticos?

2ª Por que o governo quer combater o surgimento de novas super-bactérias controlando o uso de antibióticos?

No episódio 9 no turno 6 o estudante E9 chega a conclusão que tudo o que estudaram era Evolução. Podemos dizer assim, que diferente do que os estudantes apresentaram no início das nossas atividades, agora a palavra Evolução está cheia de significado. No turno 08 o estudante E9 descreve como estas bactérias evoluíram relacionando os conceitos ensinados de modo a permitir uma explicação simples e lógica. No turno seguinte o estudante E7 lembra o colega que deveriam aparecer explicitamente os conceitos de seleção e adaptação. Isso nos permite imaginar que a Atividade Pedagógica proposta realmente promoveu a aprendizagem do conceito de Evolução usando, para isto, a mediação dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Obviamente, estes não foram os únicos conceitos que os estudantes utilizaram para mediar a construção do conceito de Evolução, mas eles participaram em primeiro plano desta sistematização. O conceito de mutação presente na elaboração final do estudante E9 no turno 08 do episódio 09 também é um conceito importante, mas acreditamos que ele esteja subordinado ao conceito de Variabilidade, por ser uma das suas causas geradoras. Assim, o conceito de mutação deve participar da construção do conceito de Variabilidade.

6.4 Considerações Finais

Nossa pesquisa apresenta um caminho metodológico para o Ensino de Biologia, mais especificamente dedicado ao Ensino de Evolução aos estudantes da Educação Básica. Devemos sempre ressaltar que a atividade pedagógica apresentada por este estudo, é reflexo de como compreendemos a construção dos significados e como compreendemos o desenvolvimento humano em a sua constituição sócio-histórica. Por este motivo, não acreditamos no Ensino de verdades estanques, mas no sim no Ensino de conceitos em transformação intimamente relacionados e interdependentes. Nossos resultados corroboram e justificam este entendimento. Por este motivo também, não optamos pelo Ensino conteudista sobrecarregado de informações não relacionadas ou relacionadas de modo obscuro para o estudante. Nossas atividades não são entendidas como exercícios, pois elas apresentam um propósito maior do que a repetição de um procedimento até a perfeição (ideia implicada no conceito de exercício). As atividades propostas têm como propósito a reflexão dos estudantes e a construção de relações entre os conceitos. Assim, nossas escolhas com relação a apresentação das atividades didáticas podem parecer simplistas ao leitor acostumado com uma visão tradicional de Ensino. Porém, estas escolhas são fruto de uma intensa reflexão pautada em um referencial teórico bastante robusto sob o ponto de vista da compreensão sócio-histórica do desenvolvimento humano.

Os resultados analisados nessa pesquisa reafirmam a necessidade da construção de relações de significado para a construção de conceitos. A esse respeito Vigotski (2000) afirma que todo conceito é mediado por outro conceito. Ou seja, não podemos como professores nos furtar a oportunidade de buscar compreender o processo de desenvolvimento dos conceitos e da complexa rede de relações de significados estabelecida entre eles.

Com relação a nossa pergunta de pesquisa “Uma atividade pedagógica focada nos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural, pode promover a aprendizagem do conceito de Evolução no Ensino Médio?” podemos afirmar que os resultados analisados mostraram um desenvolvimento observável nas elaborações dos estudantes no que concerne o uso dos conceitos relativos aos processos evolutivos. Este desenvolvimento envolve também o uso articulado de vários conceitos para resolver problemas. No episódio 9 os estudantes mostram serem capazes de sistematizar os conceitos trabalhados, apresentando o conceito de

Evolução como articulador dos conceitos de Variabilidade, Adaptação e Seleção Natural. Ou seja, através destas elaborações podemos dizer que a Atividade Pedagógica promoveu a aprendizagem do conceito de Evolução. Os resultados mostram também que a construção do conceito é nitidamente um processo funcional que se dá na tentativa do uso consciente do próprio conceito, ou seja, o sujeito constrói o conceito durante seu uso consciente. Isto está de acordo com as observações feitas por Vigotski (2000) que afirma que a construção dos conceitos possui um caráter funcional. Os resultados de nossa pesquisa apontam para o fato de que a linguagem é organizadora do pensamento (VIGOTSKI, 2000), pois em todos os episódios analisados as elaborações enunciadas por parte dos estudantes levaram a eles próprios a repensar suas ideias e mais tarde a elaborar novas formulações. Assim, o uso de atividades que coloquem os estudantes como debatedores e solucionadores de problemas, com o auxílio do professor, podem servir como instrumentos capazes de potencializar o Ensino de conceitos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C.; LEYSER, V. Ensino de Evolução Biológica: Implicações éticas da abordagem de conflitos de natureza religiosa em sala de aula. In: **IIV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, 2009. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/viienpec/index.php/enpec/viienpec/paper/viewFile/1305/558>> acessado em 14/10/2012.

ARIZA, F.V.; MARTINS, L. A. P. A *Scala Naturæ* de Aristóteles no tratado *De Generatione Animalium*. **Filosofia e História da Biologia**, vol. 05, Nº 01, p. 21-34, 2010.

BBC, A vida secreta das plantas, documentário produzido em 1995. Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=yIbuGgMzDjM> acesso em 17/02/2014.

BIZZO, N. M. V. From Down House landlord to Brazilian highschool-students - what has happened to evolutionary knowledge on the way? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, p. 537-556, 1994.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ministério da Educação, Brasília, 2006. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf, acesso em 22/07/2014.

CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não licenciados**. 2004. 137 p. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução de Joaquim de Mesquita Paul. Porto: Lello e Irmão - Editores, 2003, 571 p. Título original: *On the origin of species*.

DOBZHANSKY, T. Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. **The American Biology Teacher** (35), 125-129, 1973.

FARIA, F. F. A.; A revolução darwiniana na paleontologia e a ideia de progresso no processo evolutivo. **Scientiæ Studia**. Vol. 10, Nº 2, p. 297-326, 2012.

_____; O despontar de um paradigma na Paleontologia. **Filosofia e História da Biologia**. Vol. 1, p. 125-136, 2006.

GÓES, M.C.R. As relações intersubjetivas na construção de conhecimentos. In: GÓES, M.C.R.; SMOLKA, A.L.B. (orgs.). **A significação nos espaços educacionais: Interação social e subjetivação**. Campinas: Papirus, 1997.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011, 199 p.

LEMKE, J. L. **Talking science: language, learning, and values**. Norwood: Ablex, 1990.

MATO GROSSO DO SUL. **Referencial curricular para o Ensino Médio**. Secretaria de Estado da Educação, 2013. Disponível em <http://www.sed.ms.gov.br/control/ShowFile.php?id=1138>, acesso em 22/07/2014.

MAYR, E. Philosophical Foundations of Darwinism, **Proceedings of the American Philosophical Society**, Vol. 145, Nº 4, p. 488-495, 2001.

_____; **Biologia, Ciência Única**. Tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Editora Schwarcz Ltda, 2009, 266 p. Título original: What makes Biology unique? Considerations on the autonomy of scientific discipline.

OLEQUES, L. C.; SANTOS, M. L. B.; BOER, N. Evolução biológica: percepções de professores de Biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 10, Nº 2, 243-263, 2011.

PEDRANCINI, V. D.; *et al.* Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 6, Nº 2, 299-309, 2007.

PIAGET, J.; **O desenvolvimento do pensamento. Equilíbrio das estruturas cognitivas**. Tradução: Alvaro de Figueredo. Lisboa: Editora Dom Quixote, 1977, 228 p. Título Original: L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement.

RAPPINI, ALESSANDRO; Modernizando a Taxonomia. *Biota Neotropica*. Vol. 4, Nº1, 2004 disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/pt/abstract?point-of-view+BN00204012004> acesso em 13/02/2014.

RIDLEY, MARK; **Evolução**. Tradução de Henrique Bunselmeyer Ferreira. Porto Alegre: Artimed, 2006, 752 p. Título original: Evolution

SALGADO-NETO, GERALDO; Erasmus Darwin e a Árvore da Vida. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Vol. 2, Nº 1, p. 96-103, 2009.

SILVA, D. F. *et al.* Comparando encéfalos: Material didático para o Ensino de Biologia. **Arq. Mundi**. Vol. 11, Nº 2, p. 9-13, 2007.

SILVA, L. H. A. A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências. In: GULLICH, R. I. C. (org.). **Didática das Ciências**. Curitiba: Prismas, 2013.

REDE RECORD, **Jornal da Record**, O surgimento de Superbactérias. Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=iPKsIZkwtPQ> acesso em 17/02/2014.

TIDON, R.; VIEIRA, E., O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. *ComCiência*, 107 pp. 15-30 Ed. Unicampi, 2009, Campinas.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução do russo de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2000, 496 p. Título original: Michliêníe I Rietch.

_____ **Obras escogidas II**. Madrid: Centro de Publicaciones del MEC y Visor Distribuciones, 1993, 428 p.

ZAMBERLAN, E. S.; SILVA, M. R. O Ensino de Evolução Biológica e sua Abordagem em livros didáticos. **Educação e Realidade**, 37, (01), 187-212, 2012.