UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

Sandra Maria Rudella Tonidandel

Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica

O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação

São Paulo
2013

Sandra Maria Rudella Tonidandel

Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica

O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação

Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutora em Educação

Linha de Pesquisa: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profª Dra. Silvia Luzia Frateschi Trivelato

São Paulo
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo

375.25 Tonidandel, Sandra Maria Rudella
T665s Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica: o desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação / Sandra Maria Rudella Tonidandel; orientação Silvia Luzia Frateschi Trivelato. São Paulo: s.n., 2013.
270 p.; fig.; tab; graf; anexos.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática) - - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

1. Biologia (Estudo e Ensino) 2. Argumentação 3. Evolução (Biológica) 4. Aprendizagem (Biologia) I. Trivelato, Silvia Frateschi, orient.

TONIDANDEL, S.M.R. **Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica**. O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação. Tese apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Educação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dra. *Anna* Maria Pessoa de Carvalho	**Inst. de vínculo: FE - USP**
	Depto.: EDM
Julgamento:	Assinatura:

Profa. Dra. Daniela Lopes Scarpa	Inst. de vínculo: Instituto de Biociências - USP
	Depto.: Ecologia
Julgamento:	Assinatura:

Prof. Dr. Hamilton Haddad Junior	Inst. de vínculo: Instituto de Biociências - USP
	Depto.: Fisiologia
Julgamento:	Assinatura:

Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane	Inst. de vínculo: FFCLRP - USP
	Depto.: Biologia
Julgamento:	Assinatura:

Dedico este trabalho ao meu pai, que escapou deste mundo algumas semanas antes de eu finalizar a tese. Agora ele pode ver todo o percurso de dentro de meu coração, mais perto, com mais cuidado e, espero, com mais orgulho, pois dele veio a semente para o apego ao trabalho, à superação e à constante busca para descobrir o meu melhor.

Dedico também ao meu amor Aluizio, que nesses anos suportou tantas ausências minhas com dedicação, carinho e amor em dobro, cuidando de nós e da família quando eu estava debruçada na pesquisa.

Ainda... aos meus filhos queridos, tão queridos, que me apoiaram, ajudaram e compreenderam a importância que eles têm na minha vida, de tal forma que me movem a buscar minha plenitude como mãe e mulher.

Agradecimentos

À Silvia, querida orientadora, mais que orientadora, que nesses anos dedicou cuidado, atenção, apoio e carinho em todos os momentos de minha caminhada na pesquisa. Sua orientação foi imprescindível para a correção de rumos, para me motivar, mesmo quando havia tantas pedras no caminho. Não conseguimos tirar todas as pedras, mas você me ajudou a contorná-las, indicando os melhores rumos.

À Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, que acreditou em minha capacidade abrindo as portas para que eu fizesse minha pesquisa.

Ao Colégio Dante Alighieri, pelo apoio ao meu doutorado, em especial ao Dr. Messina, que, em nome da diretoria, promoveu ações concretas de apoio!

Aos professores Peterson, Eraldo e Diogo, que me ajudaram na escolha e no uso das ferramentas da matemática para a análise dos dados, ajustando as melhores ferramentas para revelar nossos resultados!

À Mara, que ajudou com carinho e atenção em muitos momentos, inclusive nas noites de gravação e coleta de dados na escola pública, auxiliando na distribuição de materiais, na coleta de dados e nos lanches da cantina, que fazíamos juntas!

À querida Maria Regina, que confiou sua sala de aula, participou e deu muito de si para que tudo desse certo. Maravilhosa parceira neste trabalho!

À querida Rita, sempre disponível para cuidar e organizar não só as coisas da tese, mas também minha correria nesses anos, cuidando de minha saúde e minha vida como grande amiga (mesmo que seja segurando o dedo indicador).

Aos amigos do meu grupo de pesquisa, Bruno, Renata, Daniela, Rodrigo, Patrícia, Denise, Fernanda, Maíra e Rogério (inspirador da arquitetura e argumentação), com quem pude discutir e encontrar caminhos às vezes tão escondidos!

Aos meus amigos da equipe de professores de ciências do Dante, que fizeram de tudo um pouco: acolheram, motivaram, ajudaram, incentivaram! Ouviram, falaram, cooperaram e colaboraram comigo! Cada página desta tese tem um pouco de vocês!

Aos amigos do Dante que ajudaram de várias formas, em especial Vannia, Luiz e Nice, com apoios diferentes para a finalização deste trabalho.

À minha família, que conseguiu abrir um espaço, um tempo, para que eu me dedicasse à leitura, aos cursos, à escrita, à pesquisa. Família que me apoiou e deu condições para que eu pudesse percorrer esse caminho de construção de um novo conhecimento.

À minha mãe, tão doce e tão amada, que me deu colo e carinho quando precisei!

Aos meus filhos, Breno, Laura, Mariana, pela paciência e amor que tiveram nesses últimos anos, quando se acostumaram a ver a mamãe trabalhando tantas noites, fins de semana e nas férias, com livros e textos até na praia, lendo e escrevendo – e, ainda assim, incentivaram e guardaram o nosso melhor para os momentos em que poderíamos estar juntos!

Ao meu querido marido Aluizio, por todo apoio emocional, logístico e de suporte, além do carinho e amor, para que eu pudesse finalizar a tese!

São tantas pessoas a agradecer! Tantos amigos, sem os quais não teria chegado até aqui!

Epígrafe

"Desde que li seu livro sobre a origem das espécies, e desde que me converti à sua opinião, muitos dos fatos que outrora eu via indiferentemente, se tornaram excepcionalmente notáveis. Outros, que antes pareciam insignificantes, apenas pura curiosidade, adquiriram um elevado significado e assim, toda face da natureza foi alterada".

(F. Müller para Darwin em 5/11/1865 apud ZILLIG, 1997, p. 125).

A.F.Lydon Art Selection_Pigeons

RESUMO

TONIDANDEL, S. M. R. **Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica.** O desenvolvimento da argumentação dos alunos no uso de dados como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação. 2013. 190 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

A educação científica tem se voltado para atividades pedagógicas que utilizam a prática investigativa de alunos. Um dos objetivos é que os estudantes se apropriem não apenas dos conceitos científicos, mas também das práticas específicas da atividade científica. Uma das pretensões é que os alunos desenvolvam a competência da argumentação científica. Esta investigação pretende compreender como os alunos desenvolvem sua argumentação escrita, analisando a utilização que fazem dos *dados* como evidências da seleção natural de forma a sustentar suas conclusões na resolução de questões investigativas sobre evolução biológica. Elaboramos uma sequência didática cuja arquitetura estabelece os alicerces para a ação pedagógica do professor e promove uma atuação investigativa dos alunos. A arquitetura da sequência tem duas bases integradoras: a) a educação científica baseada em investigação e b) a matriz de construção histórica da investigação de Darwin sobre a seleção natural como mecanismo da evolução biológica. Para investigar como seria o ensino da evolução biológica que recupera o viés da matriz investigativa utilizada por Darwin, nossa questão-problema foi construída com dois grandes focos: a) como articular intenções conceituais e metodológicas características da natureza das ciências biológicas com a abordagem dos principais obstáculos da construção histórica do conceito de seleção natural numa sequência didática baseada em investigação e b) de como é a utilização de *dados*^{T} como evidências da seleção natural na composição da estrutura argumentativa escrita de alunos de ensino médio durante a aplicação de uma Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação (SEEBI) para o ensino de evolução biológica. Para investigar nossa questão, elaboramos a SEBBI que foi aplicada por uma professora da rede pública para 125 alunos da 3ª série do ensino médio de uma escola pública estadual de São Paulo. Nossa metodologia é de abordagem qualitativa integrada a uma abordagem quantitativa. Nossos dados compõem-se de: a) materiais (apostilas, modelos

experimentais, elementos audiovisuais utilizados nas aulas) e b) apostilas com respostas escritas pelos alunos após as atividades propostas. As análises foram realizadas a partir das apostilas escritas dos alunos, dos materiais elaborados e disponibilizados na SEBBI e na transcrição que realizamos. Os resultados mostram que a SEBBI tem alicerces em intenções conceituais e metodológicas características da biologia. Além disso, os resultados apontam para uma superação de obstáculos conceituais pelos alunos, como a teleologia cósmica e o fixismo, para a construção do conceito de seleção natural. Os resultados das análises apresentam uma melhora na capacidade argumentativa dos alunos, uma forte correlação entre o uso de dados de evolução biológica com a construção de argumentos de maior qualidade pelos alunos, pelo uso de justificativa (garantia e apoio) alicerçada em conhecimento científico. Há evidências da ampliação da construção de argumentos, tanto no aumento do número de componentes utilizados quanto na qualidade dos componentes "campos-dependentes" da ciência, como o apoio e evidências. Os argumentos construídos passam a apresentar a sustentação baseada em apoio conceitual específico do paradigma das ciências biológicas como a seleção natural, validando as conclusões a partir do uso de *dados*[T] de Toulmin da investigação realizada pelos alunos.

Palavras-chave: Argumentação, sequência didática, ensino e aprendizagem de biologia, ensino por investigação, evidências da seleção natural.

ABSTRACT

TONIDANDEL, S. M. R. **Overcoming obstacles in teaching and learning of biological evolution.** The development of argumentation of students in the use of data as evidences of natural selection in a didactic sequence based on inquiry. 2013. 190 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The scientific education has focused on pedagogical activities that use students' investigative practice. One of the objectives is so that students not only obtain the scientific concepts, but also the specific practices of science activity. It is a pretention that students develop their scientific argumentation competence. This investigation aims at understanding how students develop their written argumentation, analyzing their use of data as evidence of natural selection in order to sustain their conclusions about biological evolution investigative questions. We made a didactic sequence, which architecture establishes the foundation to the teacher's pedagogical actions, and promotes students' investigative actions. The sequence lies on two integrative bases: a) an investigation based scientific education and b) Darwin's investigation on the natural selection as a mechanism of the historical construction matrix of biological evolution. In order to examine how would it be the biological evolution teaching based in Darwin's investigative structure, our problem question was built with two main focuses: a) how could we articulate conceptual and methodological intentions, characteristic to biological sciences, with the approach of the main historical obstacles of natural selection in evolving into the concept of the mechanism of biological evolution in a didactic sequence based upon inquiry and b) how it is the use of data as evidence of natural selection in the high school students' written argumentative structure during the application of Inquiry Based Biology Teaching Sequence (SEEBI, in Portuguese) to biological evolution teaching. To investigate our task, we developed a SEEBI that was applied by a public network's teacher to 125 high school's senior year students in a public school of São Paulo. Our methodology has qualitative and quantitative approaches. Our data consists of: a) materials (textbooks, experimental models, audio-visual resources used in class) and b) booklets with answers written by the students after the proposed activities. The data analyses were based upon these booklets, with

students' written answers, materials elaborated and posted in the SEEBI and also in the transcription we did. The results show that SEEBI has its foundation lied on conceptual and methodological intentions, characteristic to Biology. Furthermore, the results indicate an overcoming of conceptual obstacles as well, such as cosmic teleology and fixism, therefore, building the concept of natural selection as a mechanism of biological evolution. The study of the consequences presents an improvement in students' argumentative ability, a strong correlation between the use of data from biological evolution with the construction of higher quality arguments by the students, using justifications (warranty and theoretical support) grounded in scientific knowledge. There's evidence of an expansion of the arguments construction, both increasing the number of used components as well as the "field-dependent" components of science's quality, such as support and evidence. The arguments constructed shall provide support based on specific conceptual assistance in paradigms of Biology, like natural selection, validating the findings from the use of data (Toulmin, 2006) in researches conducted by students.

Keywords: argumentation, didactic sequence, biology teaching and learning, inquiry based learning, evidences of natural selection

Sumário

Introdução 96

Questão-problema: 9

Hipóteses e Previsão 10

Capítulo 1: Referencial Teórico 12

O ensino e aprendizagem por investigação 14

A linguagem científica, a argumentação e o ensino de ciências 31

Especificidades da natureza do Conhecimento Biológico e o ensino de Biologia.. 56

A Evolução Biológica e a educação científica 60

Obstáculos Conceituais e Metodológicos característicos do conhecimento biológico e a compreensão da Seleção Natural e Evolução Biológica..... 81

Dados^{T} e Evidências..... 92

Capítulo 2: Os dados e os resultados 96

Problema de pesquisa 96

Metodologia para a obtenção dos dados..... 98

Dados e resultados..... 109

A sequência didática SEBBI: dados obtidos, análise e resultado. 119

A construção dos argumentos escritos pelos alunos ao longo da SEBBI 164

a) Análise dos dados do pré-teste..... 167

b) Desenvolvimento da argumentação escrita dos alunos de uma das classes de 3º Médio (aspectos qualitativos e quantitativos) 174

Análises dos dados da construção de argumentação ao longo da SEBBI..... 184

Análise das respostas dos alunos nas questões da apostila final: sobre o uso de *dados*^{T} como evidências da seleção natural e o uso do conceito de seleção natural 187

Análise das modificações no espectro argumentativo dos alunos ao longo da SEBBI 190

Análises estatísticas..... 196

Capítulo 3 – Discussões finais, Conclusão e Perspectivas Futuras..... 203

Referências Bibliográficas: 211

Anexos..... 220

Anexo 1 – Pré-teste 220

Anexo 2: Apostila sobre Biodiversidade Intraespecífica e Conceito de Espécie.. 221

Anexo 3: Apresentação feita aos alunos ao final das duas aulas práticas sobre Biodiversidade. 226

Anexo 4: 227

Anexo 5: Apresentação em PowerPoint com os *dados*^{T} apresentados para a questão de investigação sobre evidências da evolução. "Os Lagartos de Pod Copiste e Pod Mrcaru" 228

Anexo 6: Questão-Problema sobre o mecanismo de evolução biológica a ser passada para os grupos de alunos ao final da apresentação dos *dados*^{T} sobre os lagartos 230

Anexo 7: Apostila para atividade prática sobre seleção artificial – Como produzir novas raças de cachorros? 230

Anexo 8: Power Point apresentado sobre seleção e biodiversidade..... 236

Anexo 9: Apostila com questões finais sobre evolução. Retomada da questão-problema inicial e aplicação em outras situações. 237

Anexo 10: Dados obtidos (respostas dos alunos do 3º K no pré-teste)..... 242

Anexo 11: Dados obtidos: análise qualitativa dos componentes dos argumentos dos alunos do 3º K sobre a evolução dos lagartos (antes e depois das discussões).... 247

Anexo 12: Análise qualitativa da composição dos argumentos dos alunos do 3ª K na hipótese e na questão 8 256

Anexo 13 – Modelo de autorização para esclarecimento e permissão para pesquisa 257

Anexo 14 – Planilha de valores atribuídos aos componentes dos argumentos 258

Anexo 15 - Transcrições das aulas (integral) e análise de intenções e obstáculos.259

Introdução

Para os biólogos, o mecanismo da seleção natural como explicação para a origem da biodiversidade é o paradigma mais consensual e regente desde a publicação da "Origem das espécies", de Charles Darwin. Isso ocorre ainda após a Síntese da Teoria da Evolução, os conhecimentos da biologia molecular e mesmo depois das novidades da genética. Com efeito, segundo enfatizou o geneticista Theodosius Dobzhansky, em 1973, *"a evolução é o sentido da biologia"* , proposição a que Dawkins (2009) e Mayr (2005) deram novo destaque afirmando que *"nada em Biologia faz sentido a não ser sob a luz da evolução"*.

No caso da Teoria da Evolução de Darwin e Wallace, é comum nos depararmos com pessoas que usam questões religiosas de forma a questionar a Teoria como "apenas uma teoria", como se fosse um sinônimo de hipótese não confirmada e apresentando um desconhecimento das bases experimentais que geram *dados*[1 T] e evidêncais sobre a

[1] *dados*[T:] faremos essa diferenciação visual no texto da tese (*itálico* e com [T] sobrescrito) quando estivermos tratando de dados no conceito do padrão do argumento de Toulmin (2006). Do ponto de vista de sua natureza, os *dados*[T] podem ser definidos como uma observação, um fato, um resultado de experimento ou como a razão (justificativa), que são chamados dados do argumento e podem ser de natureza empírica ou teórica (Sandoval & Millwood, 2005). Essa diferenciação visual é necessária para

seleção natural como mecanismo da evolução biológica. Segundo Jerry Coyne (2009) e Dawkins (2009) não há necessidade de fazer um livro sobre as evidências da existência de átomos, dos micróbios, do Império Romano ou outros. Parece que essas teorias científicas são tão reais que dispensam evidências. Entretanto, para a Teoria da Evolução Biológica, os biólogos e professores precisam dispender muito tempo para que as evidências sejam apresentadas e discutidas com os alunos, de forma a convencê-los sobre a validade da Teoria da Evolução como um conhecimento estabelecido pela comunidade científica, com tanto consenso como a Teoria Heliocêntrica ou as Leis de Newton.

Apesar da importância que o conhecimento da Teoria da Evolução tem para se entenderem todos os campos da biologia atual, as pesquisas em educação em ciências apontam que a aprendizagem sobre a evolução biológica e sobre o mecanismo da seleção natural ocorre em episódios restritos da vida escolar dos alunos, muitas vezes apenas no final do curso, com foco em alguns capítulos do livro didático, ou devido à ação específica de alguns professores (Oliveira, 2009; Roma, 2011). Os estudantes raramente são apresentados ao mecanismo da evolução com a ênfase necessária para a compreensão da origem da biodiversidade. Segundo McBride, Gillman, & Wright, (2009), em geral, as sequências didáticas para o ensino da evolução apresentam algumas partes tradicionais como a apresentação da "viagem no Beagle", dos conceitos de seleção natural e dos conceitos genéticos de Mendel. Depois, é comum uma comparação entre Lamarck e Darwin, a apresentação dos fósseis como evidências centrais da evolução e alguns exercícios de homologia. Em sua pesquisa de doutorado, Bizzo (1991) identificou estímulos ao ensino da evolução nas propostas curriculares de diversas regiões, e constatou que os estudantes brasileiros, de diferentes níveis socioeconômicos, possuem poucos conhecimentos sobre a evolução.

A forma que o próprio Darwin recomenda para se entender a biodiversidade, é bem diferente do que se faz nas aulas de biologia. Nas cartas para amigos que Darwin escreveu (KEYNES, 2009), aparece uma demonstração de sua paixão pelo envolvimento com atividades práticas no mundo natural. Darwin sugere que as pessoas

---

facilitar a compreensão e identificação do leitor quanto ao sentido da palavra "dado", quando aparece no texto. Isso porque, nesta pesquisa, a palavra "dado" poderá ser usada com dois sentidos distintos: quando o *dado*^{T} se refere ao conceito usado no Padrão de Toulmin será usado em *itálico* e com ^{T} anexado à palavra. Quando o dado referir-se ao dado obtido nesta pesquisa, o dado obtido ou analisado, será escrito sem destaque (itálico).

descubram as maravilhas do mundo natural por elas próprias e não por livros ou pela ação de naturalistas. Para isso, bastaria que as pessoas fizessem atividades de observação, experimentos e práticas no mundo natural. Ou seja, em outras palavras, isso significa que ele recomenda a busca de *dados*^{T}. Para Darwin, quando se olha cuidadosamente para o mundo natural, fazendo observações comparativas, essas observações podem passar a ser estranhas e então precisarão de explicações. O olhar atento (observação) do naturalista, que é a principal abordagem metodológica de Darwin (MAYR, 2005), traz novos *dados*^{T} que demandam novas explicações e isso move a ciência (KEYNES, 2009).

Ao refletir sobre a importância da compreensão dos conhecimentos e teorias tais como a seleção natural, o pensamento populacional (biopopulação), a ascendência comum (com um ancestral comum), o gradualismo e a evolução das espécies propriamente dita, que compõem o que chamamos de darwinismo (MAYR, 2005) e sobre como os estudantes brasileiros têm poucos conhecimentos a respeito da evolução biológica em novas situações de observação do mundo natural, tivemos a intenção de realizar esta investigação.

Pensamos, então, em "como seria possível que o ensino da evolução biológica pudesse ter o viés da matriz investigativa utilizada por Darwin na sua própria pesquisa sobre a origem das espécies?" "Que tipo de arquitetura uma sequência didática deveria ter para que os professores pudessem atuar no ensino com ferramentas que motivassem os alunos a investigar os *dados*^{T} sobre a evolução biológica como recomendado por Darwin na "Carta a seus amigos" (TOMIO, 2009)? Foi a partir dessas reflexões, e do desejo de elaborar uma proposta de ensino e aprendizagem com essas características e que pudesse ser incorporada à matriz curricular das escolas brasileiras, que elaboramos nossa sequência didática. Um dos eixos estruturantes da sequência didática proposta (SEBBI) é a incorporação de intenções e obstáculos metodológicos e conceituais específicos da construção do conhecimento biológico, que, a depender da abordagem podem ser consideradas, empecilhos ou propulsores da construção do conhecimento sobre a seleção natural como mecanismo da evolução biológica. A estrutura básica da sequência, que pode ser adaptada a outros conceitos biológicos que envolvam observação e construção de conhecimentos a partir de *dados*^{T}, pretende favorecer a atuação do professor e dos alunos não apenas na construção dos conceitos centrais evolutivos, mas também no desenvolvimento de competências e habilidades específicas

da alfabetização científica, como a argumentação, a observação de *dados*[T] da biodiversidade atual e a elaboração de hipóteses e previsões baseadas em conceitos da evolução biológica.

Para que os alunos cheguem a desenvolver tais habilidades e construir o conceito biológico da seleção natural para compreender o mecanismo da evolução biológica, entendemos que dois papéis são fundamentais: a) do professor, em sua atuação na interação com os alunos, na escola, de forma a orientar o uso das explicações, a construção das argumentações e as atividades de observação e de comparação, e b) dos materiais estruturados e fornecidos pela sequência didática, que deve fornecer as ferramentas cognitivas que favoreçam a utilização de elementos de investigação da cultura científica. Dessa forma, entendemos que deve haver uma combinação de atuação do professor, dos materiais propostos e da estrutura de articulação entre eles que favoreça a construção dessas competências específicas da cultura científica e da ação do professor, de maneira que se possa atuar no desenvolvimento do aluno na área de educação científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008).

A contribuição desta investigação pretende ser a análise de como os alunos utilizam *dados*[T] de observação de biodiversidade intraespecífica como evidências da seleção natural na construção de argumentos para a resolução de questões-problemas. Neste estudo nós exploramos a interação entre o uso de um ensino-aprendizagem baseado em investigação do mecanismo da evolução biológica, a seleção natural, e o desenvolvimento da competência argumentativa escrita dos alunos nas atividades de classe, em particular no processo de uso de *dados*[T] de observação e de justificativa de suas afirmações. Para isso, verificaremos como os alunos superam os obstáculos específicos da construção do conhecimento biológico (conceituais e metodológicos) para a elaboração do conceito de seleção natural como mecanismo central na evolução biológica.

Uma razão importante para se analisar a argumentação dos estudantes baseia-se na premissa de que o uso de argumentos é uma das práticas da cultura científica das quais os estudantes devem se apropriar (TAVARES; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; MORTIMER, 2010; TONIDANDEL, 2008). As novas propostas curriculares em vários países do mundo consideram que a educação científica deve favorecer a análise de situações cotidianas, que, associada ao entendimento dos problemas e desafios socio-

econômicos e ambientais, permitirá ao cidadão tomar decisões baseadas nos conhecimentos técnico-científicos. Isso implica desenvolver um modelo de ensino que possa incentivar aos alunos a aprender ciência e também, sobre ciência. Aprender ciência significa entender as explicações e teorias relacionadas a cada disciplina das ciências naturais básicas. Aprender sobre ciências implica entender as produções da ciência, como a ciência trabalha, como uma metodologia pode ser usada para testar hipóteses, como produzir argumentação baseada em evidências, sua forma de raciocínio e as justificativas utilizadas nas afirmações e como relacionar a ciência, a tecnologia e a sociedade.

No caso brasileiro, a Matriz de Referência para o Enem 2009, do Ministério da Educação, contém os eixos cognitivos que os estudantes brasileiros devem desenvolver ao final do ensino médio. Tais eixos englobam:

> Eixo III. **Enfrentar situações-problema (SP)**: selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema
> Eixo IV. **Construir argumentação (CA)**: relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
>
> Matriz de Referência para o Enem 2009
> Ministério da Educação
> Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Nacionais Anísio Teixeira

Apesar de estarem esses objetivos inseridos em muitos currículos em vários países do mundo (Guisasola, Furió, & Cerebio, 2006), as pesquisas em educação em ciências e nossa experiência em educação mostram que essas formas de abordagens, com ênfase na resolução de problemas e na argumentação como eixos cognitivos, têm sido aplicadas em poucas escolas, por poucos professores. Se as escolas pudessem dar ênfase a esses eixos, poderiam ajudar os estudantes a reestruturar suas ideias e desenvolver representações mais próximas dos conceitos e argumentos que os cientistas usam para interpretar o mundo natural.

É frequente a ideia de que a forma como um assunto deve ser ensinado é uma prerrogativa isolada do professor, recaindo, naturalmente, nos limites da liberdade necessária e na competência de cada um. Além disso, há uma convicção generalizada de que não há "melhor proposta" para o ensino de um tópico. No entanto, pensamos que podemos criar alguns alicerces básicos, adaptáveis para outros tópicos, de forma que

facilite a aplicação por professores dos princípios gerais do ensino-aprendizagem de educação científica não só de conceitos e teorias da ciências mas lhes permita analisar as possibilidades de estratégias existentes e possibilidades de adaptação em novas e várias sequências, utilizando a estrutura básica das últimas pesquisas em ciências da educação (MELLADO, 1998). Não existe aqui a pretensão de se fazer uma utópica "melhor" proposta para ensino-aprendizagem de educação científica, mas a possibilidade de fazer uma ponte possível entre as linhas mestras dos conceitos da pesquisa em educação científica e as sequências didáticas dos professsores, dentro da perspectiva de ensino e aprendizagem por investigação.

Nossa proposta foi construir uma sequência de atividades de ensino e aprendizagem de forma a envolver os estudantes em práticas que se aproximam das características do mundo da ciência, criando possibilidades de abordagens para a construção de conhecimento teórico, conceitual e procedimental. A abordagem em investigação guiada ou estruturada conduz os alunos para atividades que façam sentido na resolução de um problema a partir de seus próprios trabalhos de investigação.

A atuação do professor nessa sequência é de fundamental importância para que os estudantes possam construir sua aprendizagem nos conceitos e nas práticas específicas da ciência. Segundo Reiser (2004), pode-se chamar essa atividade do professor como de sustentação ou de alicerce para a aprendizagem dos alunos. Segundo o autor, a orientação e a sustentação do professor devem ocorrer porque ele conhece mais o objeto de aprendizagem e pode ajudar um estudante a ter sucesso na aquisição de seu próprio conhecimento.

Esta investigação apresenta a análise do desenvolvimento da argumentação escrita de quatro classes de alunos de 3ª série do ensino médio, num total de 125 alunos, nas aulas de biologia de uma escola pública, que participaram de uma sequência didática de ensino de ciências por investigação. Analisamos, ao longo de várias aulas e atividades, como os estudantes estiveram engajados nas questões científicas, como usaram os *dados*[T], como utilizaram evidências em seus argumentos e como se valeram dos conceitos para justificar suas conclusões, superando os obstáculos, metodológicos e conceituais específicos da natureza da biologia, ou seja, relacionados à construção do conceito do mecanismo da seleção natural como gerador da evolução biológica.

Para a análise do desenvolvimento dos argumentos dos alunos, utilizaremos a estrutura de Toulmin (2006), de forma a obtermos *dados*^{T} sobre os componentes utilizados pelos alunos na construção de seu argumento. Essa pesquisa é importante, mas precisamos desenvolver uma análise da qualidade e da validade dos componentes do argumento que os alunos utilizaram, isto é, analisar os componentes campo-dependentes, de forma a compreender o tipo de componente usado, se estava de acordo com os conceitos e teorias científicas da evolução biológica. Portanto, fizemos uma análise qualitativa, dos tipos de *dados*^{T} utilizados, do tipo de garantia e do tipo de apoio para dar sustentação à conclusão que os alunos construíram ao longo da sequência, de forma a dar uma noção do tipo de desenvolvimento que eles estavam tendo. Como estruturas de análise inspiradoras desse tipo de pesquisa, usamos as estrutura apresentadas por Sandoval & Millwood, (2005), Erduran & Jiménez-Aleixandre, (2008) e Maloney (2007).

Estrutura da Tese

Esta tese está dividida em três grandes partes. Apresentamos, em primeiro lugar, nossos alicerces, isto é, nosso referencial teórico. Nesse referencial, procuramos trazer nossos fundamentos para a arquitetura da sequência didática e para a análise de dados. Em seguida, apresentamos nossos dados e as formas de obtenção desses dados (metodologia usada, técnicas para obtenção, instrumentos de análises, dados potenciais e a análise dos dados obtidos). Ao final, relacionamos nossas discussões sobre os dados, os resultados e a conclusão.

Assim, dividimos nossa tese em capítulos, como exponho a seguir. O capítulo 1, trata dos referenciais teóricos que contêm os elementos que darã a sustentação à nossa tese. Ele está subdividido da seguinte forma: na primeira parte, apresentamos o ensino e aprendizagem por investigação e discutimos as bases teóricas para essa construção. Em seguida, apresentamos a linguagem científica, a argumentação e o ensino de ciências, discutindo as relações entre eles. Na terceira parte apresentamos as especificidades da natureza da construção do conhecimento biológico e de suas bases metodológicas, discutindo as relações com o ensino de biologia. Na sequência, no capítulo 2) apresntamos a nossa metodologia para a obtenção de dados, as técnicas utilizadas, os dados obtidos, nossa análise e resultados. No capítulo 3) apresentamos nossa conclusão, construída em duas partes: sobre as discussões gerais a partir dos dados e resultados

obtidos, discutindo a hipótese inicial e as questões específicas, e, na segunda parte, a conclusão geral e as perspectivas futuras.

A tese ainda lista, após a apresentação da conclusão, as referências bibliográficas utilizadas e os anexos.

Questão-problema:

Neste trabalho, ao assumir o propósito de investigar como seria o ensino da evolução biológica que recuperasse o viés da matriz investigativa utilizada por Darwin em sua pesquisa sobre a origem das espécies, assumimos como uma das questões-problema:

- Como podem ser articuladas as intenções conceituais e metodológicas carcaterísticas da natureza das ciências biológicas com a abordagem dos principais obstáculos da construção histórica do conceito de seleção natural como mecanismo da evolução biológica numa sequência didática baseada em investigação?

O enfrentamento dessa questão deverá produzir, como resultado, a elaboração de uma Sequência Didática fundamentada nos referenciais teóricos adotados (SEBBI).

Complementando a questão-problema, nos interessa também analisar se (e como) os alunos, ao entrarem em contato com dados e evidências da seleção natural, incorporam tais evidências em sua escrita. Esse interesse se traduz na complementação da questão-problema a seguir:

- Como é a utilização de *dados*^{T} como evidências da seleção natural na composição da estrutura argumentativa escrita de alunos de ensino médio durante a aplicação de uma Sequência de Ensino de Biologia baseada em Investigação (SEEBI) para o ensino de evolução biológica?

Questões específicas:

- Como os argumentos escritos construídos pelos alunos apresentam a articulação entre as garantias, os apoios e os *dados*^{T} obtidos pelos alunos?
- Que construções e reconstruções ocorrem na argumentação escrita dos estudantes ao longo do processo de ensino-aprendizagem por investigação no uso de justificativas sobre o mecanismo evolutivo da biodiversidade?
- Como os alunos usam e superam os obstáculos conceituais e metodológicos característicos da biologia na construção do conceito de seleção natual como mecanismo da evolução biológica?
- Que tipo de garantias e apoios os alunos utilizam no desenvolvimento dos argumentos escritos ao longo da aprendizagem por investigação?

- Quais são os componentes dos argumentos dos alunos e que mudanças acontecem no tipo e na quantidade de componentes dos argumentos durante a sequência didática?
- Há mudanças significativas na superação de obstáculos conceituais e metodológicos característicos da biologia na construção dos argumentos escritos dos alunos durante a SEBBI?

Hipóteses e Previsão

Nossa hipótese é que a elaboração de uma sequencia didática para o ensino de biologia baseada em investigação deve integrar dois eixos centrais: a educação científica baseada em investigação alinhavada com algumas etapas específicas da construção de Darwin para a construção do conceito de seleção natural, obtidos na narrativa histórica da "Origem das Espécies", articulando intenções e obstáculos conceituais, metodológicas e das características da construção do conceito de biologia e dos elementos marcantes do ensino por investigação.

Acreditamos que os alunos ficam envolvidos e motivados em aulas de biologia que usam atividades práticas e investigativas, promovendo e possibilitando maior acesso às ferramentas da cultura científica, como a observação, a análise e a utilização de *dados*[T] como evidências para elaborar sua conclusão na resolução de problemas, promovendo assim a alfabetização científica nesses temas. Além disso, pela natureza das atividades e orientação do professor, entendemos que os alunos devem desenvolver outras habilidades específicas da cultura científica, como elaboração de hipóteses, de previsões, apresentação de argumentos alicerçados em *dados*[T] e conhecimentos científicos quando estão frente a novos desafios de problemas de conhecimento da evolução biológica, superando alguns obstáculos para a aprendizagem de conceitos da teoria da evolução, como a teleologia cósmica, por exemplo.

Assim, nossa previsão é que, quando os alunos participam de uma sequência de ensino e aprendizado 1) baseada em investigação, 2) estruturada em materiais e aspectos característicos da natureza do conhecimento biológico, abordando os obstáculos conceituais e metodológicos da construção conceitual como estruturantes da sequência e alicerçada na atuação do professor na orientação guiada dos alunos, estes devem

construir mais argumentos escritos, com maior número de componentes ao resolver a questão problema proposta. Além disso, os argumentos construídos devem apresentar os *dados*^{T} fornecidos como evidências, articulando-se com garantias explícitas na justificativa da seleção natural. Ou seja, um número significativo de jovens deve passar a argumentar utilizando evidências e *dados*^{T} de fenômenos naturais específicos da biologia, pelo acesso aos procedimentos básicos e estruturantes dos cientistas da área. Os componentes do argumento construído ao longo da sequência devem sofrer modificações, ampliando a qualidade de uso, no sentido de utilizar *dados*^{T} como evidências da seleção natural e justificativas alicerçadas no conceito de seleção natural.

Capítulo 1: Referencial Teórico

O referencial teórico da pesquisa baseia-se em alguns pontos fundamentais. Nossa visão sobre o ensino de ciências está alicerçada na visão socio-interacionaista da aprendizagem (VIGOTSKY, 1978) e na alfabetização científica (SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Partindo de um dos pressupostos principais da alfabetização científica que entende que a aprendizagem de ciências deve ser composta da parte conceitual das ciências da natureza e também das práticas específicas e comuns da área, apresentaremos as bases teóricas do ensino por investigação, considerando também a linguagem científica, especificamente a argumentação, para a construção de nossa sequência didática para o ensino de biologia.

Alicerçamos nossa pesquisa na arquitetura de uma sequência didática construída a partir de algumas das características das ciências biológicas, de forma a promover uma aprendizagem em ciências que envolva também o ensino e aprendizagem da natureza da ciência, incentivando uma forma de enculturação (CARVALHO, 2007; CAPECHHI ; CARVALHO, 2006; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; TAVARES; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; MORTIMER, 2010; TONIDANDEL, 2008).. As possíveis relações entre a natureza da ciência e o ensino de ciências, suas intersecções e relações possibilitam aos jovens o acesso não só aos conceitos, mas aos procedimentos da ciência, com o desenvolvimento de ferramental cognitivo e procedimental mais amplo do que uma aprendizagem apenas dos conceitos das ciências baseados nas verdades (leis, teorias e conceitos) da ciência.

Consideramos que há alguns aspectos universais da natureza da ciência que devem ser abordados pela educação científica da escola básica (ABD-EL-KHALICK; BELL; LEDERMAN, 1998). Isso deve acontecer de forma similar ao que ocorre para o aprendizado de uma língua estrangeira, em que não basta apenas ouvir as explicações dos professores, mas também praticar o suo da língua, desenvolvendo assim, no caso da ciência, familiaridade com as práticas científicas e com a maneira dessa área articular a sua construção do conhecimento (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Assim, pretende-se estimular o acesso dos estudantes a esses aspectos característicos da ciência pela utilização de ferramentas típicas da área, considerando, entretanto, que esse

movimento de aproximação da natureza da ciência ao ensino de ciências requer cuidado e reflexão, utilizando-se, para isso, de elementos da sociologia e da filosofia da ciência (WEINSTEIN, 2008).

Essa visão do ensino de ciências coincide com os pressupostos teóricos da alfabetização científica, que apresenta como um dos objetivos da educação científica que os estudantes aprendam a natureza da ciência, com suas regras, métodos, práticas e linguagem (SCARPA, 2009; SASSERON, 2008; OROFINO, 2011; SILVA, 2011; SASSERON; CARVALHO, 2011). A alfabetização científica é uma linha de aprendizagem das ciências que será utilizada nesta investigação como objetivo da educação científica.

Além de proporcionar aos estudantes a possibilidade de um posicionamento mais seguro sobre assuntos que envolvam ciências e tecnologia no cotidiano (Orofino, 2011; Scarpa, 2009; Capechhi, 2004), entendemos que a alfabetização científica é importante para que os jovens possam desenvolver ferramentas cognitivas específicas da ciência como o raciocínio lógico-dedutivo, a argumentação científica, a busca de evidências e a seleção de dados. Dessa forma, o ensino promoveria mais do que a melhora da escolha de um ou outro tema ligado à ciência e tecnologia. Ele permitiria que os jovens se inserissem no mercado de trabalho, mesmo que não seja da área técnico-científica, com um ferramental cognitivo preparado para construir argumentação baseada em evidências, para aplicar a metodologia de resolução de problemas com habilidade para propor soluções baseadas no conhecimento científico e tecnológico corrente, tornando-os capazes de pensar por si só, de propor novas soluções para as questões ambientais, sociais, econômicas e sociais do mundo em que vive.

Claro que a ciência não é a única que apresenta procedimentos capazes de resolver problemas e propor soluções, mas é uma maneira importante, criativa e inovadora que a sociedade humana desenvolveu para fazer isso ao longo da história cultural. A necessidade de alfabetização científica inserida nos objetivos escolares é uma ideia presente não apenas nas comunidades de pesquisadores de ensino de ciências, mas em instituições e associações da sociedade civil e governamentais balizadoras do ensino em nossa sociedade, como apresentado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, MEC, 1999), na proposta curricular do Estado de São Paulo (Secretaria da Educação, 2008) e nos documentos da Unesco (1999).

Em nossa procura pelas características estruturantes da ciência encontramos a investigação científica e buscamos trazer essa forma de construção do conhecimento para a elaboração de nossa sequência didática, como forma de aproximação da natureza da ciência pretendida na alfabetização científica. Para isso, investigamos os pressupostos teóricos do ensino e aprendizagem por investigação, que apresentamos na próxima seção.

O ensino e aprendizagem por investigação

Nossa experiência na escola brasileira, seja em nossa vivência como alunos, seja em nossa atividade como professores ou pesquisadores em ensino de ciências, nos leva a considerar que o ensino de ciências no Brasil teve como foco o ensino de conceitos, leis e teorias da ciência. Pouco se via, durante os anos de escolarização dos estudantes no ensino de ciências, um currículo construído e baseado nas práticas e nos procedimentos científicos, isto é, com foco no desenvolvimento de habilidades e competências específicas da ciência, nos métodos e no fazer científicos. Podemos compreender essa estranha dicotomia vivida na área de ciências se compararmos esse componente curricular aos outros componentes de outras áreas do conhecimento. Seria como se um professor de artes ensinasse arte apenas com a história da arte, os tipos de movimentos e técnicas usadas em cada produção, mas não dedicasse um tempo de seu curso para que os alunos pudessem “fazer arte”, isto é, para que os alunos pudessem pintar, cantar ou desenhar com técnicas diferentes, segundo esse ou aquele movimento artístico. Ou ainda, seria como se um professor de educação física ensinasse os diferentes esportes apenas conceitualmente, sem deixar que os alunos jogassem os campeonatos, não desenvolvessem as habilidades e competências específicas de cada modalidade esportiva. Especialmente no Brasil, a principal razão apontada para essa divisão, isto é, de um curso bem mais conceitual e menos dedicado às habilidades da ciência, era a de que os estudantes não se tornariam todos cientistas e, então, não precisaríamos ensinar a natureza da ciência (o “fazer ciência”) para todos os alunos. Krasilchik (2004) apresentou um panorama do ensino de biologia no ensino médio relacionando as importantes modificações curriculares observadas entre as décadas de 1950 e 1990.

Com essas informações e a vivência em salas de aula brasileiras, podemos verificar que muitas vezes, especialmente após a década de 1970, a dicotomia passou a fazer parte das aulas de ciências e biologia, com o foco da aprendizagem na área teórica e conceitual em detrimento dos processos típicos da prática científica. Será que poderíamos ou deveríamos aplicar o mesmo raciocínio para o ensino de artes ou de educação física, apontando como justificativa que o foco do ensino e aprendizagem nas práticas artísticas ou esportivas seria inútil já que nem todos se tornarão artistas ou esportistas? Acreditamos que não.

Segundo nossa concepção, amparada na ideia central da alfabetização científica como objetivo de aprendizagem do ensino de ciências, entendemos que os alunos devem aprender tanto os conceitos, leis e teorias específicas da ciência como as habilidades e competências típicas da cultura científica, promovendo uma educação científica mais ampla. Essa visão, já há algumas décadas, é partilhada por educadores e pesquisadores da área de ciências. Para fazer essa articulação com a ciência, entendemos que essa é uma prática que envolve mais do que conceitos teóricos, mas também formas de pensamento e raciocínio científicos, aliadas à compreensão da natureza do desenvolvimento científico, suas regras e suas características (BYBEE; DEBOER, 1994; MCNEILL; COLLEGE, 2010).

Consideramos que essa aproximação da natureza da ciência como objetivo da educação científica está contemplada nas bases da alfabetização científica, que foram apresentadas por Sasseron & Carvalho (2011). As autoras apresentaram a alfabetização científica sendo composta por três eixos estruturantes: *a) a compreensão básica de conceitos científicos, b) a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática, e c) o entendimento das relações existentes entre ciência, sociedade e meio ambiente.*

Sasseron & Carvalho (2011) apresentaram alguns indicadores da alfabetização científica, ligados à prática epistêmica da ciência, especialmente pelas habilidades e competências desenvolvidas pelos alunos durante as aulas em que há resolução de problemas. As ações e habilidades que os estudantes devem desenvolver numa sequência didática com o objetivo de desenvolver a alfabetização científica são a obtenção de dados, com *levantamento* e *teste de hipóteses* em relação a uma situação determinada, a utilização dos dados para a *classificação*, *seriação* e *organização das*

informações obtidas; a construção de *explicação* e o uso de *justificativa* para fundamentar uma ideia e o estabelecimento de *previsão* sobre o que pode decorrer dessa situação (*grifo nosso*).

A partir da reflexão dos indicadores de alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2011), isto é, do que podemos considerar como objetivos do ensino de ciências e das discussões sobre quais tipos de procedimentos, habilidades, competências estariam incluídas nesse tipo de ensino, apresentamos o ensino e aprendizagem por investigação, que é uma linha estrutural que pode ser incluída nas escolas e que, segundo nossa hipótese, deve facilitar que os alunos desenvolvam competências específicas da natureza da ciência, tais como a argumentação, o raciocínio lógico, o uso de dados como evidências e possam ser, portanto, alfabetizados cientificamente.

Como podemos caracterizar o ensino e aprendizagem por investigação? Essa abordagem não foi fácil, a iniciar pela tradução. As publicações sobre esse tema nos periódicos brasileiros ainda são em pequeno número (SÁ; LIMA; AGUIAR, 2009). Esses autores *op cit* ressaltam que, apesar de os diferentes órgãos governamentais responsáveis pelos currículos de vários países (AAAS[2], CELS[3], PCN+[4]) sugerirem que os currículos de ciências incorporassem atividades de investigação, o número de artigos publicados sobre o tema *ensino por investigação* em periódicos nacionais ainda é pouco significativo, embora haja um interesse crescente entre pesquisadores e educadores da área de ciências. Os autores *op cit* procuraram estabelecer os consensos construídos pelos tutores e coordenadores do curso de formação de professores sobre ensino por investigação, pois não parece que esse termo seja consensual pelos pesquisadores da área de ensino de ciências. Uma reflexão importante é que, como há diferentes sentidos para o termo investigação, seja na área da cultura científica, seja na área de ensino de ciências, isso pode trazer implícito o fato de que na ciência há várias metodologias e procedimentos para a construção do conhecimento na área científica.

Assim, nossa revisão bibliográfica iniciou-se e fundamentou-se nas publicações internacionais sobre o tema, incorporando artigos recentes publicados em periódicos brasileiros.

---

[2] AAAS: American Association for the Advancement of Science
[3] CELS: Citizenship Education Longitudinal Stdudy, UK (2009)
[4] PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – MEC (Ministério da Educação)

A temática da investigação no ensino aparece nos documentos oficiais brasileiros como um procedimento que permite o desenvolvimento de competências específicas aos estudantes. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) indicam metas educacionais em torno de três conjuntos de competências gerais: a) Representação e comunicação; b) Investigação e compreensão e c) Contextualização sociocultural. Entender o que está vinculado à competência da investigação, ligada à compreensão, é o desafio do ensino brasileiro, e esta pesquisa busca também entender quais são as ações e processos característicos do ensino por investigação.

Compreender os pressupostos do ensino e aprendizagem por investigação foi fundamental neste estudo, pois a sequência didática construída pretende utilizar e explicitar os alicerces do ensino por investigação, de forma que sua aplicação nas salas de aula seja viável e provoque os alunos em direção dos objetivos da alfabetização científica. Especificamente no caso desta tese, pretende-se que a sequência didática, em apoio à ação do professor, possa promover a construção de argumentação com apoio teórico da seleção natural para justificar a origem da biodiversidade e para incentivar o uso de dados como evidências da evolução biológica.

Dessa forma, nossa revisão bibliográfica nesse tema foi fundamental para sustentar a construção da sequência didática, uma vez que ela é alicerçada nos pressupostos do ensino baseado em investigação.

A escolha do ensino por investigação como estruturante da sequência didática foi relativamente rápida e intuitiva: era nossa intenção buscar na ciência, isto é, na prática científica, a forma como os cientistas constroem suas afirmações, conceitos e teorias. E, com essa concepção, de aproximação com a prática da ciência, fazendo as necessárias adaptações e transposições para a cultura escolar, utilizando a arquitetura básica da investigação realizada pelos pesquisadores de biologia, iniciamos a idealização da construção da sequência no ensino de biologia. Essa aproximação e tentativa de adaptação da prática científica da investigação à área de ensino de ciências também foi influenciada pela intenção de incorporar algumas das práticas epistêmicas de Charles Darwin, Wallace e outros naturalistas, buscando inspiração na abordagem histórica dos principais obstáculos epistemológicos pelos quais esses pesquisadores passaram durante a construção conceitual da teoria da evolução biológica.

A partir dessa opção, buscamos aprofundar as reflexões suscitadas na disciplina de pós-graduação ministrada por Maria Elice Prestes sobre a história da biologia. Como era nosso desejo incorporar no ensino por investigação algumas das bases das práticas dos cientistas construtores da Teoria da Evolução, buscamos recuperar a construção das práticas e metodologias características de Charles Darwin e Wallace (e de outros cientistas naturalistas). Assim, algumas dessas práticas identificadas influenciaram a construção de nossa sequência, pois queríamos unir a ideia de arquitetura da sequência de ensino de biologia por investigação com as práticas específicas dos criadores (pesquisadores) que desenvolveram as teorias, numa abordagem histórica dos obstáculos pelos quais esses pesquisadores passaram. Faltava saber se haveria, nas publicações internacionais e nacionais, o referencial sobre ensino por investigação para depois testar nossa hipótese de que a construção deveria ser referenciada na construção histórica dos obstáculos pelos quais Darwin e Wallace passaram, com as adaptações temporais, contextuais e conceituais necessárias.

Essas foram as reflexões, motivações e desejos iniciais para a criação da arquitetura da sequência didática, fortemente influenciados pela ideia de enculturação. Em seguida, fomos buscar, na bibliografia, pesquisas na área de ensino de ciências que se aproximassem da ideia de ensino por investigação.

Partimos da premissa de que uma das características da cultura científica e, portanto, da natureza da ciência, é que a construção de conhecimento se faz por investigação. Isso porque a ciência pode ser definida como a "*busca de definição de problemas e de formas de solucioná-los"* (KUHN, 2010). A investigação científica pode trazer a construção de sólidas teorias científicas as quais são o resultado de atividades de pesquisa destinadas a fornecer as explicações para os fenômenos.

As atividades investigativas no ensino de ciências devem providenciar aos estudantes , não só a manipulação de materiais e ferramentas para a realização de atividades práticas, mas a observação de dados e a utilização de linguagens para comunicar aos outros suas hipóteses e sínteses (SASSERON; CARVALHO, 2011). Assim, uma característica marcante nas atividades investigativas é a preocupação com o processo de aprendizagem dos estudantes, que têm seu foco deslocado da aquisição de conteúdos científicos para a sua inserção na cultura científica e no desenvolvimento de habilidades necessárias para o "*fazer científico*". Entretanto, esse tipo de atividade investigativa não

deve limitar-se apenas ao trabalho procedimental e experimental, isto é, à manipulação ou observação dos materiais de laboratório, mas deve também ter a motivação e o estímulo para refletir, discutir, explicar e relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica, isto é, próximas a um trabalho científico.

Foi-se o tempo, de visão positivista da ciência, em que se achava que haveria um único método para investigar e pesquisar cientificamente uma questão. Hoje os estudos de sociologia, filosofia e história da ciência discutem a investigação científica a partir da possibilidade de usos de várias metodologias, de utilização de muitos tipos diferentes de procedimentos e experimentações, de produção de vários tipos de conhecimentos e "produtos" (cognitivos ou tecnológicos), com ou sem o uso da ferramenta matemática para "comprovar" o resultado. Apesar disso, as áreas que estudam a ciência, como a sociologia ou filosofia da ciência, apresentam algumas características estruturantes específicas da investigação científica e/ou de resolução de problemas. Essas características podem ser as práticas de experimentação que utilizam garantias estabelecidas pela comunidade científica, a utilização de *dados*^{T} que se tornam evidências de novos conhecimentos construídos socialmente, as discussões sobre os *dados*^{T} obtidos, as resoluções de questões, a elaboração de hipóteses, o desenvolvimento de metodologia que possa ser aferida. Essas são algumas das áreas estruturantes das investigações científicas no mundo da ciência.

Entendemos que uma das formas de se promover a alfabetização científica é providenciar espaço, estrutura e atividades que possam ser vivenciados pelos alunos de forma a realizarem investigações para construírem suas respostas (TONIDANDEL, 2008).

As aulas com atividades práticas realizadas nos laboratórios de biologia ainda hoje têm características que reforçam uma visão positivista da ciência, com a execução de experimentos apenas como comprovação ou demonstração do que foi dito na teoria. Para que uma atividade prática seja considerada investigativa, deve permitir aos alunos o acesso aos *dados*^{T} e a resolução de problemas com o uso de teorias como explicação e garantia possível na articulação entre *dados*^{T} e afirmação (CHINN; MALHORTRA, 2002).

Consideramos que o ensino por investigação pode ser realizado por meio de um trabalho baseado na ideia de ensino e aprendizagem de ciências desenvolvido num

processo de (re)construção do conhecimento científico, num contexto inspirado em pesquisa científica e guiado[5] (orientado) pelo professor. Além disso, essas atividades de investigação devem permitir que os estudantes vivenciem algumas práticas da comunidade científica, que podem ser descritas como as diversas formas pelas quais os cientistas estudam o mundo natural e propõem explicações baseadas em evidências derivadas de seu trabalho investigativo (GUISASOLA et al, 2007; NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996); SMITHENRY, 2010). Para Guisasola, Furió, & Cerebio (2006), o ensino baseado em investigação guiada é similar a várias propostas de educação por investigação, com terminologias próximas, como “investigar”, “ensino por investigação” e “construção de modelos”.

Para elaborar uma sequência didática com as características de atividades de investigação, é necessário incluir alguns elementos estruturantes. Há algumas variantes na apresentação das dimensões típicas do ensino por investigação, como as que foram indicadas por Guisasola, Furió, & Cerebio (2006) que definem que a atividade investigativa deve ser composta pelos elementos estruturantes que estão presentes na construção do conhecimento científico. Os autores apresentaram esses elementos organizados da seguinte forma: a) clareza dos objetivos, b) dimensão epistemológica (as atividades de investigação e determinação das formas de construção do conhecimento) e c) a dimensão ontológica (o status da produção científica). Essas dimensões estão apresentadas na tabela 1:

[5] Guiado ou orientado pelo professor. Depende da tradução e do autor, pode-se utilizar uma ou outra expressão. Para esta investigação, utilizaremos ambas como sinônimos.

Tabela 1: Características da natureza da ciência presentes em atividades de investigação científica, segundo Guisasola, Furió, & Cerebio (2006).

Aspectos da Natureza da Ciência que devem estar contemplados na atividade de investigação científica	**Características específicas**
A - Objetivos da ciência	A1. Explicações para os fenômenos naturais;
	A2: Metodologia apropriada e evidências empíricas, de forma a separar a ciência de outras formas de conhecimento;
	A3: Esclarecimento de que a ciência está embasada num contexto sócio-cultural e é inflenciada por valores sociais e culturais, pela subjetividade do pesquisador e pelos interesses dos programas de pesquisa.
	A4: Utilização de criatividade e imaginação na construção ou reconstrução do conhecimento.
B - Epistemologia da Ciência	B1: Desenvolvimento de hipóteses e previsões sobre os fenômenos naturais que serão testados experimentalmente.
	B2: Utilização de metodologias, técnicas e abordagens, adaptadas para os testes e experimentos para objeto de estudo, reforçando a ideia de que não há apenas um método científico.
C - Ontologia do conhecimento científico	C1: Uso de teorias, leis e conceitos da comunidade científica para estruturar as conclusões elaboradas a partir das investigações, de forma a articular os *dados*[T] com o apoio conceitual, uma vez que a Ciência usa evidências empíricas para testar ideias, obtidas pela relação dos *dados*[T] empíricos ou fornecidos e pela relação destes com a interpretação e explicação conceitual teórica.
	C2: Reconhecimento de que o conhecimento científico corrente, atual, é uma maneira muito confiável de explicação de um fenômeno, mas que pode ser modificado ao longo do tempo, para novas interpretações de evidências.

Segundo Guisasola, Almudi, Cerebio e Zubimendi (2009) e Guisasola, Furió e Cerebio (2006), algumas das características da natureza da ciência nas três dimensões apresentadas na tabela 1, devem estar presentes numa sequência didática que se pretenda ser implementada como investigativa para os estudantes.

Desde a década de 90, nos EUA, os professores têm sido orientados a incluir currículos que providenciem oportunidades para que estudantes passem por experiências de investigação nas escolas, permitindo assim que vivenciem algumas práticas da comunidade científica (SMITHENRY, 2010). Documentos publicados (AMERICAN ASSOCIATIONS FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, AAAS, 1993; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NRC, 1996 e 2000) esclarecem características específicas da denominada "Investigação". Segundo Rogers & Abell (2008), a investigação na prática educacional nos Estados Unidos começou a ser utilizada desde o início da década de 60 pelas ideias de Joseph Schwab's.

Há distinções importantes entre a investigação científica e a educação científica baseada em investigação (ensino e aprendizagem com esse viés). Segundo Anderson (2007) a aprendizagem por investigação inclui as habilidades de se fazer e se entender sobre investigação e está ligada à alfabetização científica nesse aspecto. O ensino por investigação, por outro lado, tem múltiplas manifestações que tornam muito difícil sua caracterização. Assim, apesar de tantas publicações sobre o tema, a pergunta "o que é investigação na sala de aula?" não tem uma resposta clara. Nos EUA, como forma de caracterizar o ensino por investigação, o National Research Council (2000) descreveu cinco estruturas que compõem esse tipo de ensino: a) envolvimento dos alunos em questões de orientação científica; b) resposta a questões de orientação científica dando prioridade ao uso de evidências e articulando com explicações validadas pela comunidade científica; c) formulação de explicações para as evidências que estão direcionadas às respostas das questões de investigação com orientação científica; d) avaliação de explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem os conhecimentos científicos e e) comunicação clara das justificativas para as afirmações e conclusões construídas como resposta às questões de investigação.

Wilson, Taylor, Kowalsky, & Carlson (2010) apresentaram dados de uma pesquisa em que, a partir de entrevistas e observações feitas com professores de ciências e

matemática (foram 364), apenas 2% das atividades das aulas eram aplicadas com foco em investigação.

Para nós, esses cinco tipos de estruturas são alicerces e devem estar presentes na sequência didática desenvolvida nesta pesquisa. Para o National Research Council, orientações utilizadas em aulas que contenham todas essas características são consideradas “investigações plenas” e aquelas em que algumas das características não estão presentes são consideradas “investigações parciais”, pois os estudantes envolvem-se com algumas características essenciais. De acordo com os autores Rogers & Abell (2008), Apedoe (2007) e Anderson (2007), considera-se que as atividades de investigação em sala de aula podem variar entre uma orientação mais presente do professor a uma ação mais independente do aluno (variando de investigação guiada a investigação aberta). Nesse sentido, a investigação na educação científica pode ter múltiplas manifestações.

Podemos ainda considerar para a composição da estrutura de investigação de nossa sequência, alguns níveis de investigação, baseado em Smithenry (2010). Segundo esse autor, a investigação nas aulas pode ser definida em quatro níveis: no primeiro nível, de confirmação, o professor supre os estudantes com a questão de investigação e o procedimento para que eles possam respondê-la. Os estudantes fazem o procedimento e confirmam uma resposta que eles já conheciam previamente. No segundo nível, a investigação estruturada, o professor fornece aos estudantes a questão de investigação e o procedimento que deverá ser feito para respondê-la. Entretanto, nesse caso, os estudantes não sabem a resposta da questão previamente. No terceiro nível, a investigação guiada, os estudantes recebem a questão de investigação do professor, mas não têm nem o procedimento nem a resposta previamente. A investigação guiada pode ser vista como uma forma de resolução de problema, segundo o mesmo autor. No último nível, investigação aberta ou plena, estudantes são chamados a elaborar sua própria questão testável cientificamente e a desenvolver um procedimento que possa ser usado para responder à questão cuja resposta eles não conhecem previamente. Esse tipo de estrutura também é citada por Blanchard, Southerland, Osborne et all (2012), mas esses autores fazem uma adaptação e atribuem números diferentes ao nível de investigação que os estudantes passam, de zero a três, conforme a tabela 2, abaixo:

Tabela 2: Níveis de Investigação (adaptado de Blanchard et al, 2010)

	Fornecimento da questão-problema	**Métodos de coleta e obtenção de *dados*[T]**	**Interpretação dos resultados**
Nível 0: Verificação	Professor	Professor	Professor
Nível 1: Estruturação	Professor	Professor	Aberta ao estudante
Nível 2: Guiada	Professor	Abertos ao estudante	Aberta ao estudante
Nível 3: Aberta	Aberta (o estudante cria)	Abertos (o estudante escolhe ou elabora).	Aberta ao estudante

Para nossa estrutura da SEBBI, consideramos que o ensino baseado em investigação tem algumas linhas gerais e orientações que podem ser reconhecidas e utilizadas pelos professores, como a presença de questão-problema para a resolução dos alunos, a elaboração de hipóteses e previsões, a atividade experimental e a comunicação de resultados pela construção de argumentação alicerçada em evidências (AAAS - *American Associations for the Advancement of Science*, 1993; NRC - *National Research Council;* 1996).

Muitos professores e diretores acreditam que uma aprendizagem baseada em investigação pode não trazer bons resultados em avaliações e exames de aferição de qualidade de conhecimento (BLANCHARD, SOUTHERLAND, OSBORNE, SAMPSON, ANNETA, & GRANGER, 2012). Entretanto, os autores de pesquisas em educação em ciências afirmam que os resultados dos alunos que aprendem por investigação são frequentemente melhores nos testes de avaliação de aprendizagem em ciências do que os daqueles que utilizam um ensino mais tradicional. Os autores sugerem que a efetividade do ensino de ciências baseado em investigação é maior, apesar de alguns resultados, em determinados tipos de exames, indicarem que há menor efetividade nesse tipo de abordagem do que na abordagem tradicional. Entretanto,

muitos pesquisadores afirmam que os resultados de aprendizagem conceituais e da natureza das ciências experimentais são iguais ou superiores. Eles discutem a possibilidade de que isso se deva, entre outros fatores, a uma confusão entre o que se constitui numa investigação e o papel desse mecanismo no ensino de ciências.

Algumas pesquisas apresentadas no estudo de Blanchard, Southerland, Osborne, et al (2012), discutem que ensino com investigação aberta é menos efetiva do que aquele com uma orientação do professor. Para a construção da SEBBI, acreditamos que a aprendizagem de conceitos e habilidades na grade curricular seja mais efetivo do ponto de vista de aprendizagem de uma investigação guiada (tabela 2) do que de uma investigação aberta e é similar ao que está sendo proposto nesta tese e que será utilizado nesta investigação.

Para a composição de nossa sequência, consideramos que a investigação, mesmo quando os alunos estão fazendo a parte prática, pode ser feita sem a estrutura de um laboratório, podendo ser realizadas na própria sala de aula (BLANCHARD et al, 2012).. Assim, entendemos que uma aprendizagem baseada em investigação guiada pode fazer parte de toda a estrutura de qualquer aula, na própria sala, e não apenas quando os alunos estão em laboratórios. As lições que são feitas com interação entre alunos e professores, com discussões, podem incorporar as práticas de estruturas de investigação. Além disso, o ensino por investigação pode ilustrar a natureza social da ciência.

Acreditamos que entender as especificidades das ciências biológicas para compor as práticas de investigação em sala de aula é fundamental para que os alunos possam se aproximar da construção de conceitos dessa área das ciências naturais. Apedoe (2007) ressalta que as atividades de investigação na escola não são livres de contexto, uma vez que as disciplinas acadêmicas têm sua própria linguagem, teorias e metodologias para a condução de investigação. Assim, as questões investigadas pelos estudantes, os *dados*[T] obtidos, o que conta como evidência, o tipo e a estrutura das explicações formuladas, tudo é influenciado pela disciplina específica, isto é, da área da ciência trabalhada pela investigação dos estudantes.

Procuramos compreender a natureza das ciências biológicas e algumas de suas características próprias, para que suas práticas, específicas da área, possam ser incorporadas didaticamente. Segundo Mayr (2005) e Dawkins (2009), como a biologia é, em grande medida, autônoma em relação às outras ciências, a filosofia da biologia

apresenta essa área com características particulares à pesquisa no mundo vivo, de forma que a investigação nesse campo apresenta algumas especificidades. Assim, enquanto nas ciências físicas e na biologia funcional (MAYR, 2005) o experimento é a metodologia mais frequente, na biologia evolucionista, que é nosso foco de ensino e aprendizagem na sequência didática, a comparação das evidências variadas e as narrativas históricas são os métodos mais importantes. Além disso, as investigações ocorrem em longo prazo, visto que a variabilidade entre indivíduos é uma regra e as interações entre os vários níveis propiciam resultados variados e diferenciados, características essas bem diferenciais das ciências físicas. Nas sequências de ensino de biologia, essas especificidades deveriam ser incorporadas nas atividades e discussões, de forma a enriquecer os conhecimentos dos alunos nas práticas das atividades biológicas.

Nas pesquisas realizadas na cultura científica, a obtenção de *dados*^{T} é fundamental. Dessa forma, podemos reconhecer que esse procedimento é uma característica específica da natureza da ciência, devendo ser aprendido no contexto escolar. Por isso, a obtenção de *dados*^{T} numa sequência de ensino e aprendizagem deve ser parte estruturante para as atividades investigativas da aprendizagem por investigação.

Os *dados*^{T} iniciais (diretos ou indiretos, fornecidos ou obtidos em literatura, obtidos de observações qualitativas ou quantitativas) podem gerar a maioria dos fatos científicos. As pessoas têm suas próprias experiências cotidianas e estão familiarizadas com alguns fenômenos, mas os fatos, *per si*, não providenciam uma compreensão do mundo e seus fenômenos. As relações entre os fatos, *dados*^{T} e teorias explicativas é que nos darão essa compreensão. É uma prática corrente dos cientistas decidir quais *dados*^{T} são relevantes e quais serão analisados. Assim, um ensino que pretende desenvolver nos alunos habilidades típicas da natureza da ciência, deve providenciar, também, o acesso e o uso dos *dados*^{T}, o que está previsto na aprendizagem por investigação. Nessa linha, além de selecionar, analisar e registrar os *dados*^{T} da investigação realizada, os alunos precisarão da teoria ou conceito biológico para que possam compreender esses *dados*^{T} e, assim, poder construir uma conclusão para a questão colocada.

Outro elemento do processo investigativo da ciência é a elaboração de hipóteses. Elas são comumente produzidas na fase de providenciar possíveis soluções para um problema. Na ciência, a elaboração de hipóteses pelos cientistas ocorre,

predominantemente, após a observação de fenômenos e o uso do conhecimento teórico relacionado, numa tentativa de explicação de determinado fato ou fenômeno. Na cultura escolar, os estudantes, ao elaborarem sua hipótese sobre determinado fenômeno, podem explicitar seu conhecimento prévio sobre determinado assunto e assim auxiliar no entendimento do tipo de explicação que está sendo utilizada para compreender *dados*^{T} de um fenômeno ou observação biológica. A hipótese construída e explicitada numa sequência didática por investigação pode colaborar tanto com o estudante, que estrutura e elabora uma possível explicação para uma questão, quanto com o professor, que pode entender quais são as concepções prévias sobre determinado tema, num determinado contexto, auxiliando-os assim nas intervenções e reestruturações que deverão ser necessárias ao final da sequência. Sem conhecer a hipótese do estudante, tanto o professor quanto o próprio estudante teriam mais dificuldades em acessar as concepções prévias sobre determinado tema, dificultando um possível confronto com as explicações científicas para determinada questão.

Entendemos a hipótese como uma tentativa de solução à questão problema, algo que dê direção à investigação, podendo ser diferenciada em três categorias (HEMPEL, 1966): a) hipóteses descritivas, que são estabelecidas como verdades ainda não confirmadas no momento e relacionam-se ao conhecimento factual; b) hipóteses procedimentais, que se referem ao conhecimento de como deve ser realizado um procedimento, uma experimentação, uma medida, ou seja, a parte experimental da pesquisa; c) hipóteses explicativas, que especulam as causas do fenômeno descrito no problema. As previsões podem ser derivadas de hipóteses explicativas pelo raciocínio dedutivo e só podem se confirmar se a hipótese for verdadeira. Consideramos que a hipótese tem um papel fundamental para se considerar a validade dos resultados obtidos na experimentação. Não pode haver uma análise de resultados se não puder haver comparações e contrastes.

Na cultura científica, durante suas pesquisas, para providenciar as explicações científicas necessárias para compreender os *dados*^{T} obtidos, os cientistas podem estabelecer novas garantias ou usar o conhecimento científico estabelecido. No caso da cultura escolar, o professor precisa providenciar a explicação e o modelo teórico que dê legitimidade aos *dados*^{T}, tornando-os evidências das conclusões. A forma como as construções teóricas e as evidências se relacionam é central para entender a natureza da ciência. Construções teóricas incluem qualquer tipo de ideia usada para explicar uma evidência. Uma teoria é descartada se houver falha nos testes empíricos, se estabelecer

relações que não se explicam ou se houver testes conceituais, com aspectos controversos no quadro teórico, havendo então o período de revisão e de checagem importantes para a construção da teoria científica.

Consideramos que no ensino por investigação os problemas colocados aos estudantes devem ser verdadeiros, e que podem elaborar respostas com diferentes abordagens. Segundo Campos & Nigro (1999), o problema verdadeiro, segundo a didática das ciências, deve ser tratado como problema aberto e um problema falso como um problema fechado, do tipo *puzzle*. No problema fechado, em que só há uma solução possível e objetividade na resolução, os alunos chegam a uma única resposta correta. Nos problemas verdadeiros, a resolução de problemas depende de um enfrentamento por parte dos alunos de questões tratadas com maior subjetividade e os alunos chegam a "respostas melhores", dependendo das estratégias de resolução por parte dos alunos. Segundo Garret (1995 apud CAMPO; NIGRO, 1999), "*não é o fato de propormos perguntas mais abertas ou fechadas que fará um problema verdadeiro, mas sim uma situação ou um conflito para o qual não temos uma resposta imediata, nem uma técnica de solução, isto é, uma situação fora daquilo que entendemos no momento em que nos deparamos com a dita situação, mas próximos dos limites de nossa estrutura cognitiva".* O autor acrescenta que, quando a questão está muito distante de nosso conhecimento (estrutura cognitiva), a situação pode não ser reconhecida como problema. Nesse tipo de problema, o professor deve dar condições e estímulos para que o aluno resolva o problema (CAMPOS; NIGRO, 1999), caracterizando o que chamamos de ensino por investigação guiada pelo professor.

Entendemos que as concepções prévias ou alternativas dos alunos estruturam-se, à semelhança das ideias existentes na história da ciência e enfrentadas pelos próprios cientistas na construção de suas teorias. O conhecimento das concepções prévias e essa possibilidade de paralelismo (que não é uma regra, uma vez que é uma construção pessoal de cada criança) podem ser úteis, pois indicam quais são as dificuldades conceituais enfrentadas pelos jovens que poderiam ser coincidentes com as barreiras enfrentadas na história das ciências. Esse conhecimento pode ainda sinalizar quais são as informações importantes que poderiam provocar uma mudança conceitual nos alunos em direção ao conhecimento científico. Campos & Nigro (1999) consideram que há uma impossibilidade de os alunos fazerem uma mudança conceitual apenas com situações de conflito e ensino por redescoberta e afirmam que o ensino como

investigação poderia facilitar a aprendizagem de conceitos com mudança conceitual. Muitas vezes as informações novas ou científicas não chegam a ocasionar um conflito cognitivo nos alunos. Isso porque elas não causam nenhuma falta de incoerência nas suas próprias ideias prévias. Por isso acreditamos que se deve mudar não só o conceito, mas a forma que o conceito científico é formado, ou seja, mudar não somente o que se pensa, mas também como se pensa.

Para isso, aplicar a metodologia científica (ou mais próxima dela), em que a consistência e a coerência são características importantes, pode fazer com que o aluno deixe de adotar a metodologia da superficialidade para a explicação teórica de dados obtidos, com o emprego de teorias inconsistentes.

Um experimento investigativo não deve ser confundido com uma atividade prática do tipo demonstração, pois o experimento destina-se a testar hipóteses previamente formuladas, e a atividade prática possibilita o contado do aluno com fenômenos ou fatos.

Nas atividades do ensino por investigação o professor é um orientador da investigação e deve atuar evitando que as hipóteses se dispersem muito. Além disso, o professor deve, nas atividades de investigação (Campos & Nigro, 1999):

- Incentivar os alunos a formular hipóteses explicativas;
- Auxiliar na elaboração de hipóteses e experimentos;
- Possibilitar a comprovação experimental das hipóteses dos alunos;
- Colaborar nas discussões evitando que os alunos se desviem demais dos objetivos centrais de aprendizagem;
- Propor atividades em que os alunos saibam "*o que*" e *"por que"* vão fazer determinados procedimentos;

Ao desenhar uma sequência de aprendizagem baseada em investigação, deve-se graduar a dificuldade da tarefa e organizar a orientação do professor em função das dificuldades do estudante (GUISASOLA et al, 2009). À medida que o estudante vai se tornando capaz de resolver e enfrentar as dificuldades, o auxílio deve ir diminuindo. A escolha de modelos e situações problemáticas deve ocorrer de modo que representem um desafio abordável pelos alunos dentro da zona de desenvolvimento proximal (VIGOTSKY, 1978), de tal forma que, mediante a interação e ajuda dos demais, o aluno possa

participar do processo de construção, modificação e enriquecimento de modelos, ou seja, da aprendizagem dos conceitos e procedimentos da ciência.

As questões desenvolvidas na SEBBI e apresentada aos estudantes são alicerçadas na apresentação de *dados*^{T} fornecidos pelo professor e obtidos pelos alunos por meio de observação e comparação. Essa é uma maneira de motivar os estudantes a avaliar as possibilidades de interpretações dos *dados*^{T} a partir das teorias apresentadas pelos professores. Isso permite uma aproximação com características específicas de autêntico raciocínio científico (CHINN; MALHORTRA, 2002). Uma forma de desenvolver a sequência é fazer várias questões híbridas, que forneçam questões cujos *dados*^{T} sejam provenientes de experimentos, base de *dados*^{T}, *dados*^{T} de internet, observados em espaços controlados ou fornecidos pelos professores.

A estratégia da proposta de ensino e aprendizagem por investigação é baseada numa sequência estruturada como uma “pesquisa guiada”. Essa estratégia ajuda a envolver os estudantes na construção do conhecimento trazendo atividades próximas ao que pode ser considerado como um tratamento científico dos problemas (GUISASOLA et al, 2009). Esse processo deve ter um balanço entre a liberdade dos estudantes construírem suas próprias ideias e o guia necessário para que os estudantes façam progressos no processo de construção ou acomodem seu conhecimento nos patamares que eles própios possam compreender. Em semelhante proposta de ensino por investigação consideramos importantes ressaltar duas características: a) a informação aos estudantes, em qualquer ponto do processo de ensino-aprendizagem, dos objetivos e de explicações sobre o que eles estão fazendo, de forma que as atividades tenham sentido para eles. b) direcionar estudantes no uso de procedimentos e ajudá-los a tornarem-se familiares com a argumentação científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRIGUES; DUSCHL, 2000). O professor deve ser o responsável na apresentação do problema e não apenas na “transmissão” do conhecimento.

Uma das formas de se conduzir uma aprendizagem por investigação na área das ciências biológicas, que depende da observação do desenvolvimento biológico e de processos muito longos, é produzir sequências didáticas em que os estudantes se envolvam com técnicas de investigação baseadas em observação. A metodologia de auxiliar os estudantes na investigação observacional e na articulação com a teoria foi apresentada pelo artigo de Smith & Reiser (2005). Eles apresentam o argumento de que algumas

disciplinas da ciência precisam de técnicas específicas para a construção do conhecimento. Por exemplo, na área de simulação ambientais, os estudantes precisam desenvolver teorias na forma de modelos que são validados pela comparação de resultados antes do desenvolvimento real dos organismos. Para nossa pesquisa, as técnicas precisam estar relacionadas e adaptadas ao conhecimento de evolução biológica, o que demanda algumas caraceterísticas específicas.

Os estudantes deveriam entender que as investigações científicas baseadas em observação e comparação podem ser usadas para gerar hipóteses e articular teorias existentes para desenvolver a compreensão de práticas científicas da área de ciências biológicas (SMITH; REISER, 2005).

Uma das características do ensino por investigação é a comunicação feita pela linguagem científica, que também tem características específicas. É sobre esse tema que trataremos na próxima seção.

A linguagem científica, a argumentação e o ensino de ciências

Nesta sessão procuraremos abordar alguns aspectos importantes da linguagem científica e as possíveis relações com o ensino de biologia. Tonidandel (2008) e Scarpa (2009), consideram essa linguagem como estruturante da cultura, sendo-lhe o acesso uma das prerrogativas para que se participe dos processos da ciência. Consideramos que uma das características mais marcantes da cultura científica é a linguagem científica. Portanto, para que o objetivo da alfabetização científica seja alcançado entre os jovens, um dos eixos estruturais a ser alcançado é o acesso à linguagem científica, uma vez que se trata de estabelecer as relações com a natureza da ciência. Segundo Jimenez-Aleixandre & Erduran (2008), aprender ciências envolve um processo de aprendizagem de natureza epistemológica, de apropriação de práticas associadas à produção, à comunicação e à avaliação do conhecimento. Kelly & Takao (2003) consideram que as práticas relacionadas à natureza da ciência são formas específicas que a comunidade científica estabeleceu para propor, avaliar e legitimar afirmações teóricas a partir de padrões estruturados praticados por essa comunidade.

Nossa investigação é inspirada pela abordagem socio-histórico-cultural para o estudo da linguagem, de acordo com a qual, a linguagem é entendida não só como um elemento de comunicação, mas como instância constitutiva de identidades e sentidos (MARTINS, 2003). Essa perspectiva rompe a ideia de que o sentido estaria contido na palavra, problematizando a natureza social do processo de construção e negociação de sentidos que se dá nas práticas discursivas.

Entendemos que a linguagem científica possui uma estrutura particular e características específicas, indissociáveis do próprio conhecimento científico, estruturando e dando mobilidade ao pensamento científico (VILLANI ; NASCIMENTO, 2003).

O procedimento científico não se resume a fazer experiências, usar equipamentos de laboratório e descobrir coisas. Essa visão do procedimento científico é incompleta e enganosa e os estudantes têm, em geral, essa visão (SUTTON, 2003). Na concepção deles, a linguagem parece ser necessária apenas para que os cientistas contem o que descobriram, uma vez que se omite a função da linguagem na construção das novas ideias e conhecimentos que são produzidos nas atividades científicas. Os historiadores e estudiosos da linguagem têm mostrado que a linguagem está fortemente ligada ao processo de gênese da formulação de novas ideias (SUTTON, op cit.).

A linguagem do cientista baseia-se tanto nas suas atividades de pesquisa, por exemplo, de observação de alguns aspectos específicos do mundo natural quanto no registro e comunicação de suas observações de uma forma diversa. Ou seja, ele apresenta suas ideias ao mesmo tempo e busca provas para apoiar ou contradizer novos conceitos, persuadindo a si mesmo e aos outros de que certas evidências são importantes. Para isso, escreve de novas maneiras, negocia o que vale a pena investigar e que métodos deve usar para isso.

Essa afirmação de Sutton (2003) é compatível com as observações de Latour & Woolgar (1986) em relação à importância da linguagem na vida do cientista experimental. Segundo Latour & Woolgar (1986), o trabalho do laboratório ocorre numa espécie de “tribo” de escritores, que gastam dois terços de seu tempo trabalhando em extensas estratégias de inscrição. Eles desenvolveram consideráveis ferramentas em concepção e criação de planos capazes de construir figuras, traços ou inscrições no seu trabalho de pesquisa e na arte da persuasão (LATOUR & WOOLGAR, op.cit, p. 69).

Alguns autores que investigam a área de linguagem científica como Bazerman (1988) e Stockton (1994) afirmam que não há grandes diferenças quando se analisa o gênero dos artigos das ciências experimentais da natureza, apesar de verificarem-se estruturas de discurso diferentes em línguas como o chinês e o inglês. As convenções desse gênero são tão intensas que superam as diferenças que ocorrem nos discursos dos idiomas em que são concebidos. Segundo esses pesquisadores esse tipo de gênero fornece a estrutura básica para o padrão de argumentos produzidos na língua-mãe, uma vez que apresenta os conhecimentos básicos, as teorias e os dados empíricos que se relacionam e constroem o argumento científico, independentemente da língua utilizada. O padrão de argumentação usado na linguagem científica parece variar pouco em função da disciplina do pesquisador.

Essa visão da linguagem da ciência apresenta os aspectos da linguagem que devem ser contemplados na aprendizagem da linguagem científica, uma vez que concebemos esse processo como uma alfabetização científica e isso incorpora a natureza da ciência. Permitir que os estudantes reconheçam as características fundamentais da linguagem científica, utilizem-na em suas atividades e compreendam a importância da linguagem científica, em suas características estruturantes, possibilita seu letramento científico.

Um importante aspecto a ser considerado quando se deseja investigar se as atividades desenvolvidas em nossas aulas de ciências estão conduzindo os estudantes a um processo de alfabetização científica é a utilização da linguagem. Yore, *et al* (2003) examinando a literatura referente à alfabetização científica nos “25 anos de linguagem e pesquisa em ensino de ciência”, fizeram uma minuciosa apresentação das pesquisas em linguagem oral e escrita desenvolvidas no período de 1978 a 2003. Wellington e Osborne (2001) entendem que houve pouca pesquisa sobre discurso oral em aprendizagem de ciências e que o discurso estudante-estudante, argumentação e debate não ocorreu nas aulas de ciências pesquisadas. Newton, Driver, e Osborne (1999) afirmam que menos de 5% do tempo de aula é dedicado à discussão dos temas pelos alunos em cursos de ciências.

Um dos alicerces da linguagem científica no ensino de ciências é estabelecido por Sutton (2003) que escreve sobre a importância da linguagem na gênese da formulação de novas ideias e dos conhecimentos produzidos na atividade científica. Os estudantes deveriam compreender que o procedimento científico vai além do fazer experimentos

ou descobrir coisas. Eles deveriam aprender durante as aulas de ciências, de forma aproximada ao que ocorre na ciência, que a observação de fenômenos, não basta. Que é necessário desenvolver a linguagem científica para poder discutir as observações com seus pares, apresentar suas ideias à comunidade por meio de evidências que apoiam ou contradizem novos conceitos, persuadindo a si mesmo e aos outros de que certas evidências são importantes.

Consideramos a linguagem científica fundamental nas atividades do mundo da ciência e faremos as discussões sobre como o ensino de ciências poderia (ou deveria) proporcionar o acesso dos estudantes à linguagem científica. Nesse sentido, autores como Lenke (1990) sugerem que o ensino de ciências deve estar fundamentado na forma de raciocinar e na linguagem utilizada pela comunidade científica.

Segundo Flôr & Cassiani (2011), a alfabetização científica está relacionada à habilidade de ler e escrever textos científico, o que levanta a discussão de que a linguagem pode ser vista como produto do pensamento ou como ferramenta para a compreensão de conceitos. Essas autoras ponderam que, apesar de várias pesquisas vincularem a linguagem à alfabetização científica, e sendo a linguagem uma ferramenta para aquisição de práticas específicas da ciência, a linguagem vista apenas como ferramenta dessa aquisição pode comprometer a visão do que a ciência produz de forma crítica, impedindo a participação em discussões sobre o que pode ser feito e o que deve ser feito. Elas consideram que, se a linguagem for apenas uma ferramenta para se compreender o que já está posto pela ciência, ocorre a perda da transparência da própria ciência, comprometendo o posicionamento crítico e a tomada de posição dos estudantes por fazê-los assimilar apenas o que está posto no texto. Para nós, desse ponto de vista, a linguagem na alfabetização científica vai além da compreensão de textos permitindo uma construção crítica epistemológica dos saberes da ciência e, por consequência, uma ampliação do olhar dos estudantes. Entendemos que os alfabetizados científicamente devem ser capazes não apenas de entender o mundo, mas também de compreender as necessidades de transformá-lo, preferencialmente para melhor, dentro de uma visão crítica.

Consideramos que o ensino e aprendizagem por investigação deve promover discussões e atividades investigativas para estudantes organizados em pequenos grupos, de forma a proporcionar melhor apropriação do discurso científico pelos alunos (KELLY; CHEN,

1999). Capecchi (2004) afirma que as discussões em sala de aula, bem como as experimentações, permitem um ensaio da linguagem científica, adequado ao contexto escolar, mantendo algumas características específicas.

Uma forma de linguagem científica que possui características específicas e que será abordada de forma intensa nesta pesquisa é a escrita, sendo um dos tipos de discurso mais utilizados nas atividades de pesquisa dos cientistas (LATOUR; WOOLGAR, 1986). Essa escrita, segundo esses autores, apresenta-se de distintas formas: inscrições literárias, confecção de artigos, *papers* [6] e relatórios. Entender as características estruturantes dessa abordagem pode facilitar a aprendizagem desse tipo de discurso.

Os mesmos autores (LATOUR; WOOLGAR, 1986) relataram que no laboratório de pesquisas científicas investigado por eles havia uma prevalência de documentos escritos e de registros de inscrições literárias em detrimento de outras práticas. Além deles, Bazerman (1988) acrescentou que a análise da história das práticas culturais associadas à produção de textos científicos tem mostrado que a elaboração de textos escritos tem um papel central nas comunidades científicas.

Bazerman (1988) apresentou uma investigação sobre o gênero dos artigos escritos em pesquisas experimentais do ponto de vista cultural. Através de uma série de análises de textos de cientistas, Bazerman sugere que o conhecimento é introduzido para o uso da persuasão e sobrevive nas comunidades através de sistemas de comunicação e pelas práticas vividas nas próprias comunidades. Ele afirma que as comunidades científicas possuem uma prática convencional particular que constrói a relação entre os textos e a sua audiência, fazendo a persuasão como um lento processo de negociação, transformação e crescimento tanto da formulação central da afirmação, quanto dos argumentos relacionados a ela.

A escrita científica pode ser classificada de várias formas. Uma delas é quanto ao gênero. Segundo Stockon (1994), a escrita científica pode ser identificada em documentos que os cientistas escrevem e leem em seu trabalho profissional. A característica desses documentos é a argumentação em situações retóricas, que visam uma audiência definida e que se relacionam diretamente com as práticas científicas.

---

[6]Optamos por não traduzir a palavra *paper*, uma vez que tem sido utilizada pela comunidade científica brasileira. Entretanto, esclarecemos que esse termo relaciona-se àquelas publicações em revistas científicas (periódicos) ou livros da área, que possuem área crítica com revisores, quando se originam de relatórios científicos (excluindo-se revisões, “estado da arte” ou outros gêneros de publicações).

Esses registros escritos não têm um formalismo estético ou um sistema de convenções rígido. O discurso científico apresentado na escrita de artigos, relatórios e *papers* pelos cientistas possui uma lógica que aparece de forma invariável, independentemente do tipo de investigação realizada. Estudos históricos feitos sobre o desenvolvimento de artigos de pesquisa em física, pelo mesmo autor (STOCKON, op. cit.), mostraram que o desenvolvimento desse tipo de escrita é uma gradual produção que envolve uma conexão "*on-line*" com as necessidades de o cientista convencer sua audiência da correção de seu ponto de vista.

Outros estudos da ciência (MYERS, 1990) mostraram que um pesquisador precisa construir a argumentação sobre seu trabalho para sustentar sua publicação com o aval da comunidade científica. Antes da publicação do trabalho, ocorre uma grande negociação entre autores, editores e referenciais, algo provavelmente familiar para toda a prática de pesquisa. Dessa forma, o artigo científico é considerado um trabalho argumentativo, que, designado para esclarecer os pontos de vista dos autores, não reflete apenas um padrão de pesquisa científica.

Assim, podemos afirmar que a argumentação é o padrão utilizado para o estabelecimento do conhecimento científico na comunidade acadêmica. Um novo conhecimento científico não se torna público antes de ser checado e aceito com amplitude pelas várias instituições científicas. Os *papers* e artigos são revisados por outros cientistas antes de serem publicados em periódicos e jornais. Nessas revisões, as conclusões, descobertas e afirmações são analisadas e criticadas por outros cientistas, e as interpretações alternativas são colocadas em discussão. Assim, consideramos que o processo de construção da argumentação é fundamental para essas práticas institucionalizadas, portanto, da natureza da ciência, ressaltando a importância da construção da argumentação monológica escrita produzida nos artigos e teses em sustentação às conclusões, até as argumentações dialógicas, que ocorrem dentro dos laboratórios e academias entre os pares (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 1999). Desse ponto de vista, entendemos que a escrita científica no ensino de ciências deve ter um papel fundamental e de destaque.

A caracterização sobre a linguagem científica e, especificamente, da escrita científica, apresentou alguns pontos específicos que devem justificar as visões da alfabetização científica. Tratar da alfabetização científica significa abordar a linguagem científica e

suas características estruturantes no ensino e aprendizagem. No caso da escrita científica, discutimos alguns dos aspectos centrais, como a escrita argumentativa.

Ao contrário da característica central da escrita na ciência, na realidade escolar a escrita dos alunos tem se baseado muitas vezes em cópia de anotações do quadro ou do livro didático. Esses apontamentos têm como função geral providenciar a possibilidade de memorização pelos alunos para que possam fazer a "prova" (TOMIO, 2009). Com essa caracterização, a escrita perde uma função reflexiva, de sistematização e de interlocução sobre o conhecimento científico. A autora afirma ainda que, mesmo nas produções escritas feitas pelos alunos para responder aos exercícios propostos ao final da unidade dos livros didáticos de ciências, constata-se, na maioria das vezes, que os exercícios incentivam os estudantes apenas a copiar as respostas dos textos, fazendo a transposição de informações do livro para o caderno. Dessa maneira, a escrita dos estudantes não consiste na expressão de compreensão ou de aplicação em novos contextos dos conceitos elaborados na explicação da questão-problema, como seria desejável na escola com objetivo de alfabetizar cientificamente.

A importância da escrita intra e intercoletiva na produção de conhecimento científico presente nos escritos de Darwin e Müller (TOMIO, 2009), revela que a função da escrita nesses documentos tem a função de materialidade do pensamento do autor, refletindo um estilo de pensamento. Nessa perspectiva, a escrita não apenas informa o conhecimento ao leitor, pesquisador, e sujeito do conhecimento, como possibilita a sua estruturação e transformação. Assim, consideramos que, num ensino de ciências que pretenda fazer a alfabetização científica formando os estudantes na natureza das ciências, o estudante que escreve nas aulas de ciências deve estruturar o seu pensamento, registrar sua produção de conhecimento científico e comunicá-lo, bem como ampliar sua participação e suas relações sociais além dos muros da escola.

A natureza da ciência apresenta na linguagem científica uma estrutura fundamental, reconhecida pelos pesquisadores de várias áreas: a argumentação científica.

Conforme discutimos anteriormente, a elaboração de argumentos está presente tanto na construção de afirmações científicas dentro do trabalho experimental, em que evidências podem ser interpretadas à luz de teorias alternativas, quanto na defesa de novas afirmações científicas no domínio público, em instituições científicas, na

publicação de artigos em jornais, em periódicos e na mídia em geral. (DRIVER; NEWTON, 1997; LATOUR; WOOLGAR, 1986).

Jiménez-Aleixandre & Erduran (2008) ressaltam a ideia de que Charles Darwin apresentou seu livro “Origem das Espécies” como um longo argumento. Essa frase pode ser interpretada a partir de várias concepções sobre a argumentação. As autoras afirmam que o argumento apresentado no livro fornece evidências com indiscutível autoridade para compor o conhecimento científico. Além desse aspecto, aplicado como peça fundamental do pensamento científico, “A origem das espécies” descreve dois enfoques da argumentação: em primeiro, apresenta as linhas convergentes do raciocínio sobre as ideias teóricas (por exemplo, a teoria de Malthus) e evidências empíricas (por exemplo, a seleção artificial) como justificativas para a afirmação construída por Darwin sobre a evolução biológica. O segundo aspecto notório da argumentação do livro foi a persuasão que Darwin desenvolveu para convencer sua audiência, composta tanto de cientistas como do público geral, de que todas as espécies viventes na Terra descendem de outras e não foram criadas todas ao mesmo tempo. Entendemos, assim como as autoras, que a argumentação, em qualquer sentido considerado, é parte integral da ciência e deve ser integrada à educação científica.

Conforme apresentamos na dissertação de mestrado (TONIDANDEL, 2008), entendemos que a argumentação é uma competência que deve ser adquirida pelos estudantes como meta de alfabetização científica e, dentro desse sentido, como um conjunto de habilidades, a argumentação deve ser praticada. É um raciocínio similar ao que aplicamos para se aprender uma nova língua: é necessário falar essa língua, praticando seus padrões e normas. Ressaltamos que saber ciências é mais do que saber sobre os fenômenos, conceitos e leis da ciência. É também saber como é a relação desses fenômenos com outros, por que são importantes e como são produzidos esses conhecimentos (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). Dessa forma, um estudante que saiba construir seus argumentos ao fazer afirmações ou declarações sobre fenômenos da ciência, está aprendendo ciências. Essa prática depende, portanto, do tempo dedicado nas aulas e do tipo de atividades selecionadas, permitindo aos estudantes entender e repensar algumas escolhas retóricas ligadas às generalizações que eles devem fazer nas aulas de ciências (BAZERMAN, 1988).

Há evidências de que o uso de determinadas técnicas e atividades podem aumentar a qualidade do tipo de argumento produzido pelos estudantes (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 1998). Um tipo de atividade didática que estimula o desenvolvimento da argumentação pelos alunos foi apresentada nos estudos de Capecchi e Carvalho (2000, 2002 e 2006) e Carpenter e Krest (2001). Esses autores indicaram problemas abertos como adequados para gerar ambientes de discussão.

Segundo Carpenter e Krest (2001), o que define a escrita científica é a situação retórica em relação à sua audiência e aos objetivos que estão diretamente relacionados às práticas científicas. Portanto, a aula deve enfatizar o pensamento científico por meio de questões que o professor precisa formular para que os estudantes participem desse tipo de abordagem da ciência com sucesso. Essas questões permitem não só o acesso dos alunos ao trabalho com dados empíricos, e à interpretação do significado desses dados, como também a exposição das conclusões científicas a que chegaram a partir das relações entre, de um lado, as teorias da ciência e, de outro, os dados e os entendimentos da complexidade desses temas. Dessa forma, a aula de ciências leva aos processos de aprendizagem de habilidades e práticas específicas da área das ciências da natureza. Segundo os mesmos autores, os professores podem estimular o processo de produção de escrita dos alunos mediante o uso de dados empíricos.

Driver e Newton (1997) ressaltaram o papel que a argumentação entre os alunos pode desempenhar na aprendizagem de ciências, tanto do ponto de vista conceitual, a partir do domínio da linguagem científica, quanto do ponto de vista epistemológico, compreendendo sua construção social.

Se os jovens têm oportunidade de construir um argumento por eles mesmos, relacionando dados, fatos, afirmações e justificativas, fazendo escolhas que possam convencer ou persuadir seus colegas estudantes, expressando suas dúvidas e relatando vias alternativas, esse tipo de argumento retórico tem valor para o ensino de ciências (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). A argumentação dialógica acontece quando diferentes possibilidades são examinadas e são feitas escolhas que forneçam a sustentação da afirmação que será feita durante a construção do argumento. Assim, a argumentação dialógica também pode ser reconhecida na perspectiva individual, ou seja, também ocorre quando o indivíduo está escrevendo um relatório científico, por

exemplo. Isso porque construir um argumento significa considerar posições alternativas. Claro que, num grupo de alunos, é mais fácil reconhecer as posições alternativas e as escolhas feitas. Ainda assim, as posições podem ser retóricas.

Segundo Duchl (1999 apud Capecchi, 2004), há três tipos de argumentação: a analítica, a dialética e a retórica. A argumentação retórica utiliza técnicas discursivas para a persuasão de sua plateia. A argumentação analítica e a dialética são valiosas para a comunidade científica e são utilizadas em contextos diferentes. Em geral, a dialética é utilizada nas discussões, e a analítica, para construir postulações. Como já esclarecemos, alguns autores consideram a possibilidade de que a argumentação dialógica possa ser construída individualmente. Para esta investigação, não utilizaremos essa diferenciação. Além disso, salientamos que o gênero retórico ao qual estamos nos referindo nos relatórios escritos da ciência não se baseia "nessas técnicas discursivas", mas, como já foi abordado, na intencionalidade da persuasão da audiência na comunidade científica.

A argumentação científica é uma importante prática da ciência. Pode-se definir a argumentação como uma tentativa de validar ou refutar uma afirmação apoiando-se num raciocínio que reflita os valores e conhecimentos da comunidade científica (NORRIS; OSBORNE, 2007). Uma afirmação, nesse contexto, não é apenas uma opinião ou uma ideia isolada, mas sim uma explicação ou conclusão que forneça uma resposta estruturada para uma questão de investigação. É importante frisar a diferença dos argumentos científicos e dos argumentos utilizados em outras áreas, como religião, política ou história. Para a argumentação científica, a afirmação é uma conclusão, conjectura, explicação ou descrição que estabelece uma resposta a uma determinada questão de investigação.

Segundo Duschl, Schweingruber, Shouse (2007), a proficiência em ciências, que deveria ser alcançada pelos estudantes ao final do ensino médio, consiste em quatro aspectos relacionados aos estudantes que precisam: a) saber importantes explicações científicas sobre o mundo natural, para poder utilizar essas explicações para resolver problemas, tendo também a habilidade de compreender quais são as explicações que devem ser introduzidas num contexto; b) ser capazes de gerar e avaliar explicações científicas e argumentos científicos; c) ser capazes de entender a natureza do conhecimento científico e como o conhecimento científico se desenvolve ao longo do

tempo; d) ser capazes de entender a linguagem da ciência e das práticas da ciência como investigação e argumentação. As pesquisas na área da educação em ciências revelam, entretanto, que os estudantes não desenvolvem esse conhecimento na escola (DUSCHL; SCHWEINGRUBER; SHOUSE, 2007).

Assim, entendemos que uma maneira de resolver esse problema seria envolver os estudantes em argumentação científica como parte do currículo de ensino e aprendizagem de biologia (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002).

Para esta pesquisa consideramos a argumentação como uma forma de esclarecimento intencional do raciocínio utilizado para a elaboração de uma afirmação[7]·.

Consideramos a argumentação, assim como vários autores, como uma prática estruturante da cultura científica, sendo chamada de "coração das práticas epistêmicas da ciência" (Bricker & Bell (2008); Latour & Woolgar (1986); Kuhn (2010). Essa prática pode coordenar, dentro dos objetivos da educação científica, dois propósitos: o de proporcionar e intensificar a aprendizagem de conceitos científicos e também de ampliar as possibilidades de envolvimento dos estudantes no discurso científico.

Driver, Newton, & Osborne (2000) e Erduran & Jiménez-Aleixandre (2008) consideram a argumentação como uma parte irrestrita da ciência e que deve ser integrada à educação científica. Para Driver, Newton, & Osborne (2000) e Kuhn (2010) o ensino de ciências deveria promover a argumentação como uma das formas de aprendizagem em ciências e da apropriação do discurso científico.

Para Erduran & Jiménez-Aleixandre (2008), cinco dimensões de contribuições podem ser consideradas ao se introduzir a prática argumentativa no ensino de Ciências: a) nos processos cognitivos e metacognitivos (performance dos estudantes na perpsectiva socio-cultural construtivista); b) no desenvolvimento das competências da comunicação e de pensamento crítico (reflexão sobre as relações entre os objetivos sociais, significados e valores); c) no letramento científico (falar e escrever na linguagem científica); d) na enculturação de práticas da cultura científica (desenvolvendo critérios

[7] Utilizaremos a palavra "afirmação" como sinônimo de "conclusão", "reinvidicação" ou "declaração" construída por indivíduos como uma das categorias do argumento. Em nossa revisão, pudemos perceber que as traduções para a palavra "claim", utilizada no padrão de argumento de Toulmin (1958/2006), têm variado conforme o autor que a utiliza. Possivelmente, pode haver algumas especificidades para cada termo que não são relevantes para nosso estudo neste momento.

científicos de validação de afirmações e de práticas epistêmicas) e e) desenvolvimento do raciocínio e critérios racionais, com a escolha de teorias da ciência para o embasamento das construções dos alunos (filosofia e psicologia da ciência).

Os argumentos podem ser construídos individualmente ou socialmente (ERDURAN & JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008). Além disso, segundo as mesmas autoras, podem ter dois tipos de construção: os argumentos científicos, referenciados em evidências, e os narrativos, cuja função é a persuasão. Os argumentos científicos, que são os objetos deste estudo, relacionam logicamente os *dados*[T], as afirmações e as teorias que os sustentam (MYERS, 1990; ERDURAN ; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008).

Segundo Bricker & Bell (2008), a aprendizagem baseada na investigação pode estimular a construção de argumentos pelo uso de evidências e explicações para justificar a conclusão. Atualmente, este tipo de atividade raramente tem tido espaço em aulas de ciências. O que se usa é uma retórica de conclusões, de forma a ignorar a prática usada pelos cientistas para construir, avaliar e dar suporte às suas afirmações.

As competências científicas estão sendo amplamente investigadas na educação em ciências. Um dos motivos que pode ter ampliado significativamente o número de investigações nessa área é que a (OECD)[8] faz a avaliação dessa competência na avaliação internacional PISA[9]. Além disso, vários programas educacionais oficiais de vários países fazem recomendações nesse sentido, inclusive no Brasil. É o caso do nosso, o ENEM[10], cuja matriz de referência orientada pelo Portal do MEC, e atualizada nos padrões do Novo Enem (2009), preconiza o uso de argumentos como uma das competências que deve ser avaliada.

A competência argumentativa pode ser interpretada de várias formas. No caso da competência argumentativa na área das ciências, a argumentação pode ser definida como a capacidade de se colocarem em prática, de forma integrada, os saberes conceituais e procedimentais e a aplicação do que se aprendeu em novos contextos (BRAVO, PIUG, JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2009). Pode-se definir a argumentação sobre questões científicas, segundo as mesmas autoras, como a validação de uma afirmação (ou enunciado, ou conclusão) a partir das evidências disponíveis, o que

[8] OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (ONU).
[9] PISA: PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT.
[10] ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio, organizado pelo Ministério da Educação

requer, então, uma coordenação lógica entre os *dados*^{T} e as conclusões (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008).

Segundo a investigação feita por Tavares, Jiménez-Aleixandre e Mortimer (2010), a argumentação oral desenvolvida pelos estudantes requer a articulação das noções científicas sobre evolução biológica com as práticas argumentativas, de forma a coordenar as evidências com as afirmações em níveis epistêmicos diferentes. A influência das estratégias do professor é um fator fundamental para que essa construção possa ser realizada pelos alunos (MCNEIL; PIMENTEL, 2009).

Argumentação é um elemento chave envolvido não só na área da ciência, mas também em um amplo campo transdisciplinar em várias culturas (ERDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008). Portanto, a aprendizagem dessa prática não é importante apenas para os jovens que pretendem ingressar em uma carreira científica, mas é uma competência importante em outras áreas do conhecimento.

De acordo com Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), a argumentação pode ser definida, em seu aspecto estrutural, numa justificativa para uma afirmação (declaração) embasada no uso de evidências e articulada com o raciocínio. Esse processo de construção argumentativa pode ocorrer tanto internamente (cognitivamente na pessoa) ou ser externado na escrita ou na fala.

A investigação científica é frequentemente descrita como um processo de construção de conhecimento no qual as explicações são desenvolvidas para dar sentido aos *dados*^{T} , podendo-se então apresentar esse conhecimento para seus pares na comunidade para que façam as críticas necessárias, para o debate e para a revisão (Driver; Newton; Osborne; 2000).

Então, a habilidade de gerar um argumento persuasivo e convincente que coordene evidências com a teoria científica de maneira a sustentar ou refutar uma explicação, é fundamental para o processo de investigação e pesquisa (DRIVER, NEWTON; OSBORNE, 2000, LATOUR, 1987; KUHN, D., 1993; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRIGUES; DUSCHL, 2000).

Para que os argumentos possam ser considerados persuasivos e convincentes, eles precisam ser consistentes do ponto de vista de sua validade perante os conhecimentos da comunidade científica para os componentes campo-dependentes da ciência. Assim, a

garantia usada para articular as evidências e a conclusão precisa ser coerente com o apoio teórico da ciência (Driver; Newton; Osborne, 2000). Exemplos de critérios importantes para a ciência incluem: a) a necessidade de providenciar apoios explícitos ou afirmações racionais; b) a necessidade de coerência entre a estrutura teórica e as observações de fenômenos; c) a importância do estabelecimento de credibilidade de evidências; d) o valor da parcimônia; e e) a importância de basear o argumento num raciocínio logicamente válido.

As pesquisas recentes em educação indicam que aprender como produzir argumentação para propor e justificar afirmações é difícil para os estudantes. Estudantes precisam aprender mais sobre os tipos de afirmações que os cientistas fazem, como avançam nessa construção, quais tipos de evidência são necessários para garantir uma ou outra afirmação, e como as evidências podem ser introduzidas e interpretadas pelos padrões da comunidade científica (Kelly; Chen, 1999).

As pesquisas científicas frequentemente são descritas como um processo de construção do conhecimento no qual as explicações são desenvolvidas de forma a dar sentido aos *dados*[T]. Então, esse conhecimento é apresentado à comunidade científica, na qual os pares podem criticar, debater e revisar o conhecimento (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000).

Enfim, entendemos que o ensino por investigação deve propiciar aos alunos o acesso às práticas da ciência, de forma a aproximá-los da natureza da ciência e promover sua alfabetização científica. Para isso, consideramos que as aulas propostas para uma sequência didática para o ensino de biologia baseada em investigação deve incentivar e propor aos alunos a) uma questão-problema que possibilite uma resolução aberta; b) a elaboração de hipóteses em pequenos grupos de discussão; c) uma prática, atividade experimental ou experimentação para os testes diretos ou comparativos da hipótese; d) a discussão dos dados obtidos com seus pares e registro desses resultados de forma escrita; e e) a elaboração da conclusão a partir da construção de argumentação analítica, apresentando evidências articuladas com o apoio baseado nas ciências biológicas.

A estrutura do argumento

A seguir, apresentaremos uma revisão do que entendemos como qualidade e estrutura dos argumentos dos alunos. Para isso, utilizaremos uma síntese das diversas pesquisas de muitos autores sobre as diferentes formas de se analisar a construção dos argumentos (HUG; MCNEILL, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 1998; CAPECCHI; CARVALHO, 2000, 2002; DRIVER; NEWTON, 1997; SAMPSON; CLARCK, 2008; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; RODRIGUES; DUSCHL, 2000; SAMPSON; CLARCK, 2008; SANDOVAL; MILLWOOD, 2005; ZOHAR; NEMET'S, 2002; KELLY; TAKAO, 2003).

Iniciamos com a questão norteadora para que se possa começar a discutir a competência da construção de argumentos pelos alunos: Como os estudantes, que não cientistas, podem construir um argumento que justifique ou refute uma interpretação particular de um fenômeno natural? Os estudantes têm a habilidade de assimilar práticas de argumentação validadas pela comunidade científica que seja resultado de uma prática de ensino de ciências em escolas?

Os jovens em geral não sabem exatamente como avaliar se os *dados*^{T} podem ser utilizados como evidências (HUG; MCNEILL, 2008). Quando os jovens constroem suas conclusões a partir de evidências, tendem a fazer suas afirmações com uso adequado de justificativas e raramente fornecem sustentação às suas conclusões a partir de *dados*^{T}. Os autores op cit entendem que as atividades práticas realizadas no contexto escolar poderiam fornecer *dados*^{T} por meio de atividades em que os estudantes tenham que obter os *dados*^{T} a partir de suas próprias práticas. Dessa forma, segundo os autores, os tipos de *dados*^{T} poderiam envolver os estudantes de maneira que eles possam utilizar os *dados*^{T} como evidências, avaliando seu uso segundo a teoria disponível, obtendo-se, assim, benefícios na competência da construção da argumentação.

Para entender a estrutura argumentativa, vários autores utilizam a estrutura proposta por Toulmin (2006). Esse instrumento tem sido muito utilizado para investigar a "argumentação científica" produzida por alunos em situações de ensino de ciências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 1998; CAPECCHI; CARVALHO, 2000; CAPECCHI; CARVALHO, 2002). Algumas dessas investigações contribuíram de forma bastante significativa para consolidar esse modelo como um instrumento de análise adaptado a muitas situações de ensino de ciências (DRIVER; NEWTON, 1997; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, 1998).

Será a partir desse modelo que construiremos as categorias para analisar a escrita dos alunos.

A teoria da argumentação tem sido desenvolvida há algumas décadas. A partir do livro de Toulmin, “O uso do argumento”, de 2006, pode-se entender o *layout* de um argumento, utilizando-se de alguns elementos constituintes e da relação funcional entre eles. Esse modelo tem sido usado por muitos educadores para analisar e descrever as argumentações dos estudantes (DRIVER; NEWTON, 1997).

Segundo o modelo de Toulmin, os elementos que compõem a estrutura de um argumento são o dado (D), a conclusão (C), a garantia (W)[11], os qualificadores modais (Q), a refutação (R) e o conhecimento básico (B). As características desses componentes são:

Dados^{T} são os fatos envolvidos no argumento que dão sustentação à conclusão.

Conclusão é a afirmação cujo mérito está sendo estabelecido.

Garantia é formada pelas regras, princípios e razões, sendo proposta para justificar a conexão entre os *dados*^{T} e a conclusão.

Apoio, ou conhecimento básico, é o conhecimento teórico básico que dá apoio à garantia dada. Leis, conceitos, teorias são utilizados para elaborar esse componente.

Qualificadores são formados por condições específicas que tornam a conclusão verdadeira, representando as suas limitações.

Refutações são as condições específicas que tornam as conclusões inválidas, as exceções.

A estrutura mais complexa de um argumento, segundo esse modelo, está representada na figura 2. Entretanto, um argumento completo pode ser apresentado utilizando-se apenas os três primeiros elementos citados acima, de forma que a garantia pode estar implícita ou explícita, mas sempre existente. Assim, a estrutura básica de um argumento pode ser apresentada na seguinte forma: "a partir de D, já que W, então C". Os demais

[11] Assumimos a tradução “garantia W” da edição brasileira do livro de Toulmin, cuja 2ª edição é de 2006. Entretanto, entendemos que as outras traduções que foram usadas por outros autores em estudos anteriores, como Villani, 2003 e Capecchi, 2004 podem ser inseridas como sinônimos. Eles utilizam justificativa (J) em lugar de garantia (W).

elementos não precisam, necessariamente, estar presentes na estrutura argumentativa, que ainda pode conter especificações das condições necessárias para que uma dada justificativa seja válida. Nesse caso, são acrescentados à estrutura básica os chamados qualificadores modais (Q). Também é possível identificar elementos que determinam as condições para que uma dada justificativa não seja válida ou suficiente para dar suporte à conclusão. Esse elemento é chamado de refutação (R). Os qualificadores e as refutações dão os limites de atuação de uma determinada justificativa, complementando a "ponte" entre dado e conclusão. Finalmente, a garantia (justificativa) que apresenta um caráter hipotético pode ser apoiada em um conhecimento de caráter teórico que a fundamenta. Esse aspecto é muito importante quando se considera a aprendizagem de ciências, em que o conhecimento de teorias, leis e conceitos deve servir de apoio para as garantias que o estudante constrói ao fazer suas afirmações ou tirar suas conclusões. Esse conhecimento pode proceder de fontes distintas, como de um livro didático, do professor ou até mesmo da elaboração própria do locutor. Este último elemento que compõe um argumento é denominado conhecimento básico (B).

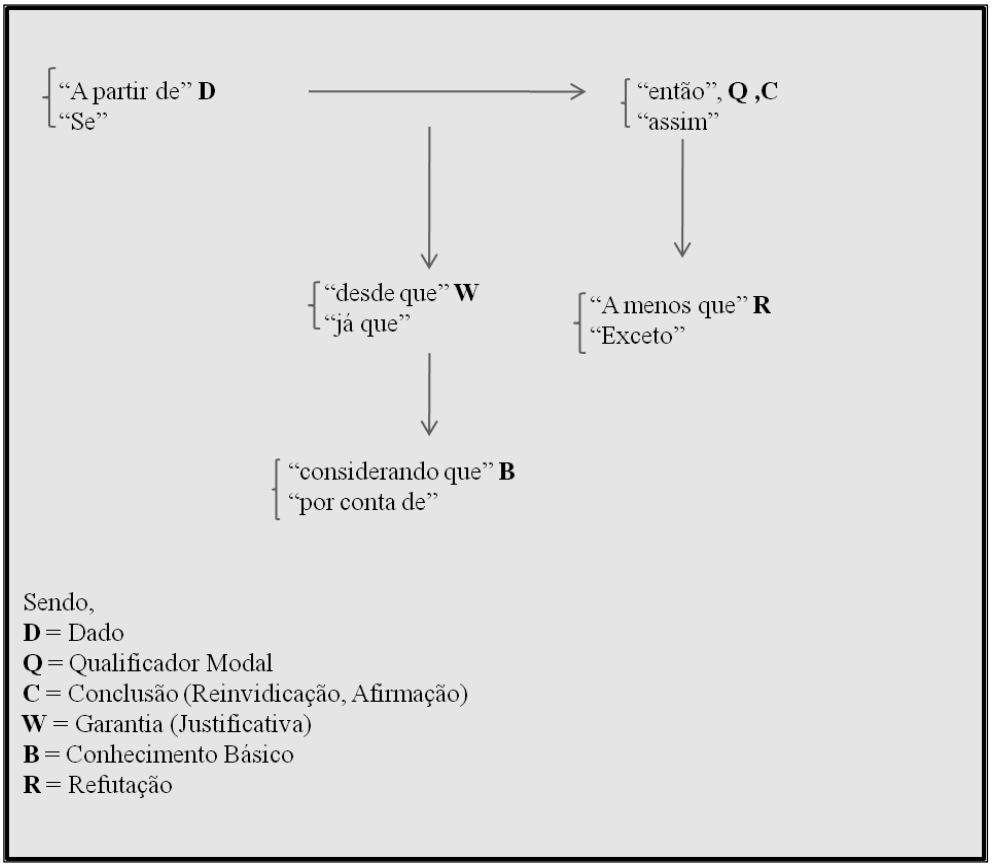


Figura 1: Padrão de Argumentação de Toulmin (2006/1958)

Nesse modelo, a validade da garantia e sua aceitabilidade dependem, no caso da educação científica, do tipo de teoria ou conhecimento que o estudante está utilizando para relacionar os *dados*^{T} à conclusão. Para Toulmin (2006), a validade do argumento está na coerência de sua justificação. Entretanto, para a educação científica, o tipo de justificativa e o conhecimento a que se relaciona são de muita importância, pois revelam o conhecimento conceitual relacionado.

Assim, cada componente do argumento depende, em conteúdo, da área de conhecimento em que está inserido, sendo assim chamados de "campos-dependentes". Dessa forma, a validade científica estaria vinculada não apenas ao *layout* utilizado, mas à questão epistemológica inserida em B, W e relações possíveis entre elas e o *dado*^{T} e a conclusão.

Dessa maneira, em função desses componentes que precisam ser analisados para que se compreenda a construção epistemológica da ciência de origem, vários pesquisadores em ensino de ciências têm ampliado as formas de analisar um argumento. Para responder a

estas questões, a saber, *"Como os estudantes, que não cientistas, podem construir um argumento que justifique ou refute uma interpretação particular de um fenômeno natural"? Os estudantes têm a habilidade de assimilar práticas de argumentação validadas pela comunidade científica que seja o resultado de uma prática de ensino de ciências em escolas? Como é a evolução da argumentação entre os alunos?",* os pesquisadores têm feito estruturas de análise que examinam a natureza e a qualidade dos argumentos construídos pelos estudantes. Na revisão feita pelos autores Sampson e Clarck (2008), foram apresentados vários tipos de possibilidades de análises de argumentação. Para isso, eles apresentaram a organização das análises a partir de três aspectos:

1. A estrutura ou complexidade do argumento (isto é, os componentes do argumento).
2. Os componentes de um argumento (isto é, a precisão ou adequação dos vários componentes num argumento a partir de uma perspectiva científica).
3. A natureza da justificação (isto é, como as ideias ou as afirmações são validadas num argumento).

A análise dos argumentos construídos pelos estudantes pode ser feita a partir de estruturas de argumentos de domínios gerais (isto é, estruturas que podem ser usadas dentro ou fora do campo da ciência) ou estruturas de domínios específicos (isto é, estruturas que focam aspectos ou critérios específicos dos argumentos da ciência).

As diferentes estruturas de análise de domínios gerais podem ser utilizadas em muitos contextos, mas deixam de considerar importantes aspectos da área da ciência. As estruturas de análise de domínio geral podem ser de elaboradas a partir de dois modelos:

a) pelo padrão de argumentação de Toulmin (2006), que tem influenciado significativamente a pesquisa em educação em ciências. A perspectiva de análise de Toulmin (2006) sobre os argumentos habilitou os pesquisadores a examinar a qualidade dos argumentos numa grande variedade de domínios como economia, linguagem, matemática e ciências. A estrutura estabelece que os componentes dos argumentos tenham diferentes funções que podem ser classificadas em seis categorias, já apresentadas na figura 2. Nessa estrutura, um argumento é considerado forte, quando todos os elementos estão incluídos. Para Bell e Linn (2000), que usaram essa estrutura

para analisar como os estudantes explicaram a natureza da luz, os estudantes tendem a relacionar os *dados*^{T} para dar suporte às suas afirmações, mas não incluem garantias ou apoios. Similiarmente, Jiménez-Aleixandre, Rodrigues e Duschl (2000) analisaram os argumentos de estudantes de ensino médio que construíram argumentos sobre genética. Eles encontratam argumentos com afirmações detalhadas mas que não tinham suportes em *dados*^{T} ou garantias . Isso influenciou a forma como os pesquisadores desenharam os projetos de ensino para o desenvolvimento científico e as atividades de classe, como pretendemos fazer em nossa sequência didática, de maneira a estimular que os estudantes aprendam como se constrói uma estrutura argumentativa utilizando-se dos *dados*^{T} fornecidos pelas atividades com explicações validadas pelo conhecimento biológico. Uma dificuldade na aplicação da estrutura de Toulmin na análise dos argumentos é a dificuldade em distinguir, de forma confiável, o que é uma afirmação, quais são *dados*^{T}, qual é a garantia e o que é o apoio, uma vez que um mesmo componente frequentemente é classificado (ou pode ser classificado) em categorias diferentes por pesquisadores diferentes e, às vezes, até pelo mesmo pesquisador, que ora o classifica de uma forma, ora o classifica de outra. Além disso, quando os argumentos são longos (como num artigo de divulgação de pesquisas, por exemplo), as asserções ou declarações são usadas como novas afirmações requerendo novo apoio ou ainda a garantia para uma afirmação preexistente.

Assim, a perspectiva pessoal do pesquisador sobre o que conta como garantia, afirmação ou *dado*^{T} influencia o que vai codificar como componente usando a estrutura de Toulmin (2006). Esse tipo de viés tem tido um efeito adverso na confiabilidade e tem causado um questionamento dos pesquisadores na possibilidade de uso de estrutura para os argumentos de estudantes na educação científica. Outra dificuldade no uso exclusivo da estrutura de Toulmin (2006) para análise do argumento é que há pouca informação específica sobre as características dos componentes campos-dependentes da área científica. De acordo com Toulmin (2006), afirmações, garantias, *dados*^{T} e apoios são campos-dependentes de um argumento, ou seja, dependem da área de conhecimento a que se relacionam. Infelizmente, pelo fato de a maioria das pesquisas que usam a estrutura de Toulmin (2006) focarem na estrutura de utilização dos componentes campo-dependente dos argumentos, sem analisarem a qualidade do conteúdo desses componentes, acaba por se saber muito pouco das características dos argumentos bem construídos por estudantes que tenham incorporado os critérios da comunidade

científica de forma que possam ser qualificados como válidos. Assim, os argumentos construídos pelos estudantes e considerados fortes por possuírem a totalidade ou grande parte dos componentes da estrutura de Toulmin (2006), podem conter componentes com conceitos incorretos na perspectiva científica ou apresentar uma justificativa incoerente com a conclusão. A partir dessa consideração, entendemos que é fundamental que se analisem os conteúdos dos componentes de um argumento por meio de outra estrutura de análise complementar, já que se a pesquisa utilizar apenas a estrutura de Toulmin (2006) não providenciará a análise da correção dos componentes na perspectiva do conhecimento estabelecido pela comunidade científica.

b) estrutura de aceitabilidade de justificativas do argumento, em que o foco está na complexidade estrutural e na natureza da justificativa para avaliar a qualidade do argumento. Nessa análise, o argumento precisaria ter ao menos uma conclusão e ao menos uma justificativa, portanto, dois componentes. Nesse tipo de estrutura, de domínio geral, chama-se justificativa um componente que pode ser um *dado*^{T}, uma garantia ou um apoio. Essa estrutura pode incluir qualificadores, contra-argumentos e metadeclarações. A análise desse tipo de argumento envolve a aceitabilidade das justificativas e a relevância das razões. A solidez de um argumento é julgada pela análise da aceitabilidade de argumento (baseado na estrutura e no grau de realismo) e pela relevância das razões usadas para dar suporte à conclusão.

As estruturas de análise de argumentos que examinam os domínios específicos de diversos pesquisadores, relacionados a seguir, foram apresentadas por Sampson e Clarck (2008) e por Sandoval e Millwood (2005). As estruturas podem ser alicerçadas em:

a. **Componente da justificativa**: elaborado por Zohar e Nemet's (2002) para avaliar a qualidade dos argumentos escritos de estudantes baseando-se especificamente no componente da justificativa. Eles definem um argumento consistente como uma conclusão ou asserção que apresente uma justificativa ou as razões que lhe deem suporte. Eles consideram que fortes argumentos têm múltiplas justificativas para dar suporte às conclusões, de tal forma que incorporem fatos, conceitos e *dados*^{T} relevantes, específicos e corretos cientificamente. Argumentos fracos são aqueles com justificativas não relevantes. Conclusões que não incluam

algum tipo de justificativa não são consideradas argumentos. Mais do que caracterizar os componentes de um tipo de argumento, eles descrevem como os estudantes incorporam ideias científicas ao seu argumento**.** Esse tipo de aproximação em que há um colapso de *dados*^{T}, garantias, justificativas e apoios em uma categoria simples capacita efetuar uma análise próxima à da estrutura de Toulmin (2006/1958) em função da reabilitação e validade dos temas incluídos, além de considerar os conteúdos dos componentes que os estudantes geram. Os benefícios dessa análise incluem: a) a determinação de como os estudantes se apropriam do conhecimento científico para dar suporte às ideias e conclusões em determinadas condições. Por exemplo, Zohar e Nemet's (2002) sugerem que muitos estudantes (mais de 90%) são capazes de construir um argumento simples, que contenha uma afirmação com uma simples e relevante justificativa. Entretanto, poucos desses estudantes (16%) usam o conhecimento biológico específico corretamente como parte de suas justificativas. Todavia, depois da explicação de professores aos estudantes sobre a qualidade dos argumentos e os componentes com conhecimento científico relevante, eles perceberam uma melhora na qualidade dos argumentos (em termos do número de justificativas para dar suporte à afirmação) e em como eles usam conhecimento científico como parte de suas justificativas. Essa descoberta, que reflete os achados de Schwartz *et al* (2003), sugere que os estudantes não se referem ao conhecimento científico específico nos componentes do argumento para justificar suas afirmativas a menos que tenham compreendido os conceitos da questão, de forma que eles tenham condições de construir o argumento por eles mesmos. Esse tipo de estudo foi fundamental para dar a diretriz em nossa unidade de análise dos argumentos construídos, pois consideramos importante a ação da SEBBI e do professor para atuar tanto na questão dos *dados*^{T} fornecidos quanto na discussão do apoio sobre seleção natural. Essa conclusão de Schwarts et al (2003) corrobora a ideia de aprendizagem conceitual e a relação com a construção do argumento pelos estudantes, isto é, eles só conseguem construir uma argumentação consistente cientificamente se compreenderam e se aprenderam os conceitos científicos, de forma que possam inseri-los na

estrutura argumentativa coerentemente aos dados e às conclusões. Como focam mais nas justificativas e conteúdos, um benefício potencial dessa estrutura é capacitar os pesquisadores a determinar com qual frequência os estudantes usam o conhecimento científico para dar suporte a uma ideia e em quais condições. As principais limitações desse tipo de análise referem-se ao conteúdo da afirmação, que não é avaliado nesse processo. Para os educadores em ciência é importante a avaliação do conteúdo e a correção da afirmação em argumentos que são elaborados para explicar fenômenos naturais, como ocorre nesta pesquisa. Como se observa, tal estrutura não é adaptável para avaliar conteúdos de correção de uma afirmação, explicação ou asserção.

b. **Articulação causal**: os autores Sandoval e Millwood (2005) construíram uma estrutura de análise que considera a articulação causal entre a afirmação e a teoria específica e a garantia das afirmações a partir do uso de *dados*^{T} disponíveis. Para aferirem a qualidade epistemológica, eles usam o critério de uso de *dados*^{T} suficientes para a garantia da afirmação, do uso de explicação causal para o fenômeno e se o argumento construído pelos estudantes incorpora referencias teóricos para justificar os *dados*^{T}. Esse tipo de análise proposta por Sandoval e Millwood (2005) servirá de inspiração para a construção de nossa análise para a construção dos argumentos dos estudantes ao longo da sequência didática (SEBBI).

Há outros tipos possíveis de análise a partir da utilização de outras estruturas de argumentação. A exposição das estruturas de análise do referencial teórico acima será importante para que se compreenda como nossos dados foram analisados pela estrutura elaborada nesta pesquisa.

Entendemos que uma pessoa pode construir um argumento científico desde que utilize evidências e considere teorias científicas relevantes para formar uma conclusão sobre um problema. Há diferentes formas de se fazerem análises nas estruturas dos argumentos. McNeil e Pimentel (2009) e Sampson e Clarck (2008) fizeram uma revisão do uso dessas diferentes análises que podem ser feitas nos argumentos construídos pelos alunos. Assim, diferentes perspectivas podem ser utilizadas para se compreender a estrutura dos argumentos de estudantes como: a) o foco nos componentes dos

argumentos (BELL; LINN, 2000); b) os níveis espistêmicos das afirmações (KELLY; TAKAO, 2002); c) a coerência das explicações (SANDOVAL, 2003); e d) as características retóricas dos argumentos (KELLY; REGEV; PROTHERO, 2008). Os autores Pimentel e McNeill (2009) e outros fizeram a adaptação da estrutura de Toulmin (2006) de *dados*^{T}, garantias e apoios de várias formas para justificar uma afirmação ou conclusão sobre um problema. Consideramos que se pode determinar a validade de uma afirmação pela construção de um argumento que considere os *dados*^{T}, as garantias e os apoios que são usados a favor e contra uma afirmação. Para esta pesquisa, entender as diferentes formas de análise da qualidade do argumento forneceu as bases para uma investigação ampla dos argumentos dos estudantes.

Conforme apresentado anteriormente, a revisão feita pelos autores mostra uma variação substancial na análise da estrutura do argumento, em função dos objetivos da pesquisa e do referencial teórico usado.

Após as discussões sobre a análise da escrita argumentativa, cabe a indagação sobre as possíveis relações entre a construção dos argumentos pelos estudantes e a educação científica.

Considera-se que o veículo genuíno de comunicação de novos conhecimentos e de novas conclusões pela comunidade científica é o *paper* [12] científico (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FEDERICO-AGRASO, 2009). Uma das razões para a ênfase atual na leitura e na escrita na educação científica é que essas práticas são implícitas e presentes nos trabalhos dos cientistas. Dessa forma, é importante dar ênfase nessa prática da atividade científica para que se evite a distorção epistemológica da ciência (à qual, por sinal, os estudantes são frequentemente expostos), a saber, a de que, na ciência, o que se faz é a experimentação.

Segundo Bazerman (1988), os textos escritos têm importante papel nos sistemas de geração de conhecimento profissional e na área educacional. Há uma identificação do discurso persuasivo nos argumentos escritos que possui um papel significante no desenvolvimento do conhecimento científico.

[12] *Paper*: optou-se por manter o original em inglês, pois já é uma palavra incorporada na comunicação da língua portuguesa entre os pesquisadores. Refere-se às publicações das pesquisas em forma de artigos em revistas e periódicos da área.

Conforme apresentado em nossa dissertação de mestrado (TONIDANDEL, 2008), Bazerman (1988) afirmou que os textos de biologia e química são codificados e fixados com uma linguagem de rótulos (SUTTON, 1987). Ao analisar os artigos de três tipos de área (biologia, sociologia e literatura), ressaltou que esses artigos são problematizados e compostos nos moldes argumentativos, o que traz como consequência a produção de afirmações que geralmente não necessitariam ser discutidas de forma explícita por muitos tipos de referências literárias, exceto para as afirmações feitas e pelas evidências apresentadas (dados empíricos), que estão imediatamente ligadas ao assunto da afirmação. Assim, essa escrita tem uma forma estável, definida, e ancorada em bases experimentais, isto é, em dados obtidos experimentalmente. Por exemplo, no artigo de Watson e Crick, pode-se perceber como são relevantes as evidências experimentais para a construção da conclusão dos autores e como essas evidências são produzidas, representadas e aplicadas em cada situação. No final do trabalho experimental, a elaboração do artigo científico usa os dados empíricos (ou resultados da experimentação) para sustentar as afirmações (conclusões) gerais, que frequentemente começam com declarações filosóficas sobre conhecimentos gerais (Bazerman, 1988).

O autor (SUTTON, op. cit.) concluiu que as formas de escrita são fenômenos históricos criados, reconhecidos, mobilizados e que reforçam, juntamente com a mente de cada escritor e leitor, um específico momento histórico-social que é transmitido justamente pela acumulação de textos. Acumuladas e contextualizadas socialmente, as experiências textuais acrescentam um repertório formal e procedimental comandado por cada escritor e leitor. O repertório tem crescido e mudado individualmente, o que tem posto em confronto problemas retóricos específicos com situações retóricas específicas. Os cientistas comprometem-se a criar novas afirmações científicas persuasivas para outros cientistas que são capacitados e formados no mesmo tipo de conhecimento e têm experiência no mesmo tipo de atividade. Tais indivíduos precisam se debruçar sobre suas próprias leituras, suas experiências empíricas e suas interações com os pares e então usar o sistema simbólico para colocar o fenômeno previsto em símbolos, mas consistentemente reproduzível, identificável e persuasivo para seus pares. Assim, ao final de cada período de trabalho, os cientistas escrevem seus relatórios com inscrições literárias (registros de sua experimentação), que formarão evidências, tornando-se resultados que sustentarão a afirmação científica justificada pelo conhecimento teórico específico. Esse texto literário produzido é então uma ferramenta final, que os capacita a

convencer os outros de que o que eles fazem é importante, o que eles dizem é verdade e o que eles propõem é fundamentalmente significativo (LATOUR; WOOLGAR, 1986; BAZERMAN, 1988).

Textos escritos têm importante papel na geração de conhecimento da comunidade científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). O discurso persuasivo da argumentação escrita é um tipo de comunicação que tem papel significante na construção do conhecimento científico (BAZERMAN, 1988). Como afirma Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), a comunicação escrita promove meios para que se articulem evidências, justificativas e afirmações.

Para a alfabetização científica, temos como focos a construção da Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação e o desenvolvimento da argumentação escrita pelos alunos. Entretanto, para compor o ensino por investigação e a SEBBI, utilizamos algumas metodologias e conceitos específicos sobre o conhecimento da área das ciências biológicas. Assim, a seguir, faremos a caracterização do conhecimento biológico e as relações com o ensino de biologia, para que possamos apresentar os alicerces sobre os quais construímos nosso desenho experimental baseado em ensino por investigação na área da biologia evolutiva.

Especificidades da natureza do Conhecimento Biológico e o ensino de biologia

Para entender os aspectos estruturantes da biologia, e assim podermos construir nossa Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação, é necessário discutir alguns aspectos da pesquisa na área de ciências biológicas. Consideramos que Mayr (2005) apresentou as bases para nossa reflexão sobre os aspectos mais específicos das ciências biológicas quando escreveu um de seus livros denominado “Biologia: ciência única”, em que ressaltou algumas perspectivas características dessa área.

Segundo esse autor, a biologia é uma ciência que possui as características indispensáveis das verdadeiras ciências, assim como ocorre com a química e a física.

A primeira característica comum a todas as ciências “genuínas”, segundo Mayr (2005), “é a organização e a classificação do conhecimento com base em princípios explicativos”. Em acréscimo, ele argumenta que a biologia possui princípios explicativos básicos compatíveis com os da física e da química. Ou seja, nenhum dos fenômenos do mundo vivo está em conflito coma as leis produzidas por essas ciências.

Para entender as características que tornam a biologia uma ciência autônoma, é necessária uma explicação sobre a natureza dessa ciência.

Mayr (2005) considera que a biologia possui dois campos bem diferentes: a biologia mecanicista (funcional) e a biologia histórica (evolutiva), cada qual com aspectos específicos. A biologia funcional trabalha com a fisiologia de todas as atividades de organismos vivos, sobretudo com todos os processos celulares, incluindo aqueles do genoma. Em última instância, esses processos podem ser explicados de maneira mecanicista pela física e pela química.

A biologia histórica é aquela em que o foco de pesquisa são as explicações de todos os aspectos do mundo vivo que envolvem a dimensão do tempo histórico, de aspectos da evolução.

É importante que se entendam esses dois aspectos, pois, dependendo do objeto de pesquisa do biólogo, os procedimentos e os dados são bastante variáveis. E essa abordagem deve ser considerada numa Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação, de forma que a natureza do tipo de conhecimento biológico seja considerado ao elaborar a arquitetura da sequência.

A questão mais usual para a biologia funcional é “como”, e para a biologia evolucionista, “por quê”. Assim, desenvolveram-se metodologias diferentes para questões diferentes (por exemplo, as narrativas históricas são usadas na biologia evolucionista).

Algumas ideias das ciências físicas não são aplicáveis à biologia. Por exemplo, o essencialismo (tipologia). Nesse tipo de conceito, os físicos delimitam um número de essências ou tipos, claramente imutáveis e delimitadas. Assim, os membros pertencentes a uma determinada classe ou categoria são idênticos, constantes e claramente separados dos participantes de qualquer outra essência (classe). A variação é inessencial e acidental. Esse pensamento, porém, é incapaz de acomodar a imensa variação presente

nos seres vivos. Darwin rejeitou por completo o pensamento tipológico e, em seu lugar, empregou um conceito inteiramente diverso, hoje chamado de pensamento populacional. Esse tipo de abordagem está bastante presente nas pesquisas em biologia e será abordado com mais detalhes na seção sobre evolução.

O segundo conceito físico não aplicável à biologia é o determinismo. Uma consequência das leis newtonianas é que não há espaço para variação ou eventos casuais. Na biologia, o estudo da variação e de fenômenos casuais é importante, a exemplo das observações que se fazem no meio ambiente, que são compostas de muitas variáveis de tempo, espaço, agentes bióticos e abióticos interagindo em vários níveis do ambiente.

O terceiro conceito da física é o reducionismo. A maioria dos físicos acredita que o problema de explicação de um sistema estaria resolvido assim que o sistema fosse reduzido aos menores componentes. Para a biologia isso não é possível, pois, a partir do momento em que a análise parte para níveis de organização abaixo do material genético, perde-se a caracterização do ser vivo.

O quarto conceito característico das ciências físicas que não se aplica à biologia refere-se às leis naturais universais, ausentes nos estudos dos seres vivos. Pode-se afirmar que há regularidades nos fenômenos naturais biológicos, mas, provavelmente, são menos importantes na formação de teorias biológicas, uma vez que o acaso e a aleatoriedade possuem um papel fundamental nos sistemas biológicos.

Além disso, diferentemente do que ocorre com a física, podemos afirmar que as teorias científicas que compõem a biologia não se baseiam em leis, mas em conceitos (seleção, especiação, biodiversidade, função, ecossistema).

As características autônomas da biologia basearam-se na descoberta de vários princípios biológicos específicos. Em primeiro lugar, podemos afirmar que os sistemas biológicos são complexos e que propriedades emergentes surgem a cada nível de integração. A segunda característica típica é que esses sistemas são abertos e, portanto, os princípios de entropia não lhes são aplicáveis.

O terceiro conceito específico é o de biopopulação, sendo esse, segundo Mayr (2005), o conceito mais diferente entre o mundo inanimado e o mundo vivo. O mundo inanimado, objeto de estudo da física, consiste nas classes, essências e tipos estabelecidos desde

Platão, com os membros de cada classe sendo idênticos e a variação presente sendo acidental. Nessa abordagem, a variação torna-se, assim, irrelevante. Já numa biopopulação, por contraste, cada indivíduo é único, e a variação é a regra. Isso faz com que o valor estatístico médio de uma população seja uma abstração. Devido à relevância desse conceito para a construção da biologia como ciência, entendemos que ele deverá estar presente na sequência didática para o ensino de biologia, de forma que seja uma de suas bases.

Para nossa sequência didática para o ensino de biologia, consideraremos os aspectos característicos da biologia apontados por Mayr (2005), em sua visão cultural da biologia funcional, cujas pesquisas incluem atividades de longo prazo, uma grande variação nas chamadas biopopulações (que nos afastam do conceito do determinismo da física) e nas interações que propiciam resultados diferenciados, relacionando-se os conhecimentos básicos que sustentam as investigações com conceitos e não com leis, como na física.

A observação cumpre uma função tão importante nas ciências físicas quanto nas ciências biológicas. O experimento é a metodologia mais frequentemente usada nas ciências físicas e na biologia funcional, ao passo que na biologia evolucionista o teste das narrativas históricas e a comparação das evidências variadas são os métodos mais importantes.

Outro ponto importante levantado por Mayr (2005) é a grande quantidade de interações entre as partes envolvidas no sistema, tanto no nível de genes do genótipo, quanto entre genes e tecidos, entre células e outros componentes do organismo, entre o organismo e seu ambiente inanimado e entre os diferentes organismos. Assim, no pensamento biológico deve ser uma constante não só a determinação das partes menores que ainda possuem propriedades do ser vivo, como também as interações possíveis dos elementos. Esse tipo de característica faz com que a abordagem do biólogo nas experimentações tenha algumas especificidades com relação à do físico.

Segundo Mayr (2005), a biologia é em grande medida uma ciência autônoma, e uma filosofia da biologia deve basear-se primariamente nas características peculiares do mundo vivo, reconhecendo, ao mesmo tempo, que isso não está em conflito com uma explicação físico-química estrita no plano celular-molecular.

Dentro dessa perspectiva, acreditamos que o processo de aprendizagem de biologia por investigação precisa contemplar também essas características específicas, como visto acima: a) que os conhecimentos biológicos são relacionados a sistemas complexos, abertos, com propriedades emergentes a cada nível de integração; b) que os sistemas são formados por biopopulações que evoluem fazendo da variabilidade entre indivíduos uma regra, c) que os estudos envolvem investigações de longo prazo, com interações que propiciam resultados diferenciados, relacionando os conhecimentos com conceitos e não com leis. Dessa forma, a aprendizagem por investigação possibilitaria aos estudantes acessar as especificidades da área sem deixar de entender as similaridades entre as ciências experimentais.

A Evolução Biológica e a educação científica

Para o ensino por investigação atuar na área de ensino de evolução biológica, procuramos estabelecer as bases teóricas principais sobre a teoria da evolução biológica, sua construção e aspectos principais. Assim, esta seção deverá apresentar as bases para a elaboração teórica da sequência didática.

Pretendemos discutir o tema da evolução biológica e, mais especificamente, da seleção natural como mecanismo da evolução, como foco central do ensino de biologia de forma a dar sustentação à nossa escolha temática. Para isso, leu-se uma variada gama de autores da biologia evolutiva atual. Três deles foram de fundamental importância para nossa reflexão sobre os conceitos atuais de evolução: Dawkins (2009), Meyer & Charbel (2009) e o próprio livro de Charles Darwin (1859/2010)[13], "Origem das Espécies", revisitado após tantos anos.

Charles Darwin escreveu "A Origem da Espécies" como um longo argumento. Essa sentença pode ser vista como uma incorporação de várias dimensões da argumentação. Conforme já discutimos no capítulo sobre argumentação, de um lado, ele providenciou as evidências obtidas para a construção do argumento envolvido no conhecimento científico construído sobre a evolução das espécies. Por outro, quando aplicada à compreensão do pensamento científico contido em "A Origem das Espécies", a

[13] Foi lida a edição de 2010 da "Origem das Espécies" de Charles Darwin, mas a edição original é de 1859.

descrição combinou dois aspectos da argumentação. O primeiro aspecto relata a justificativa para o conhecimento das afirmações e conclusões ali colocadas pelo agrupamento das linhas convergentes de raciocínio, ideias teóricas e evidências empíricas em uma afirmação (KELLY; REGEV; PROTHERO, 2008; ERDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008). Para elaborar seu grande argumento, Darwin relacionou a ideia de crescimento populacional de Malthus com os *dados*^{T} empíricos coletados na sua viagem às Américas Central e do Sul dando corpo à teoria da seleção natural. Um segundo aspecto da argumentação de Darwin foi a tentativa de persuasão de uma audiência, composta tanto de cientistas quanto do público geral, com a ideia central de que a população de animais e plantas podia se modificar e que as espécies viventes descendem de outras espécies em lugar de terem sido criadas todas ao mesmo tempo. Para isso, partiu da relação do conceito de biopopulação, que criou durante suas observações sobre a diversidade intraespecífica com a seleção artificial, prática que contemplava o trabalho com plantas e animais, para então elaborar o conceito de seleção natural. Darwin teve muita dificuldade na persuasão de seus contemporâneos, sendo esse um dos motivos da demora da publicação de seu livro.

Seria possível que a educação científica das escolas utilizasse como pressuposto uma arquitetura que considerasse a mesma estrutura argumentativa que o próprio Darwin utilizou em sua narrativa para a escrita do livro sobre a "Origem das espécies?" Para a elaboração da sequência do ensino de biologia por investigação, consideramos que a aprendizagem da seleção natural como mecanismo da evolução biológica deveria ser realizada a partir de uma estrutura de sequência alicerçada na estrutura argumentativa que o próprio Darwin usou em sua narrativa. Essa possibilidade nos levou a uma investigação nas publicações de vários autores, inclusive em sites especializados, e apresentou-se admissível pela grande quantidade disponível de *dados*^{T} apresentados e pela oportunidade de articulação com a teoria da seleção natural.

Para isso, apresentaremos os principais aspectos teóricos que serão considerados sobre a evolução biológica.

No primeiro capítulo de "A origem das espécies", Charles Darwin apresentou as variedades domésticas de animais e plantas e os processos de modificação que o ser humano pode fazer ao selecionar algumas características dessas espécies. Ele também escreveu um livro sobre o assunto: *The variation of animals and plants under*

domestication. Dawkins (2009) também apresenta em seu livro vários exemplos de seleção artificial, inclusive de cães, ressaltando que a grande variedade das raças caninas demonstra como é fácil e rápido obter mudanças impressionantes na anatomia e no comportamento com uma seleção não aleatória de genes "esculpindo e desbastando" os reservatórios gênicos. Para a construção da nossa sequência didática (SEBBI), a apresentação da seleção artificial é um dos alicerces que servirá como base para a apresentação de *dados*^{T} para a seleção natural, assim como apresentado por Darwin em seu livro. Darwin ressalta como é possível obter mudanças em alguns séculos ou até em algumas décadas. Darwin testemunhou pessoalmente o poder da seleção artificial e usou essa evidência para apresentar a seleção natural.

Darwin expressou, em "A origem das espécies":

> *Pode-se dizer que a seleção natural perscruta dia a dia, hora a hora, no mundo todo, cada variação, por menor que seja, rejeitando o que é ruim e preservando e adicionando tudo que é bom, trabalhando de maneira silenciosa e insensível, sempre e onde houver oportunidade, no aprimoramento de cada ser orgânico em relação às suas condições orgânicas e inorgânicas de vida. Nada vemos dessas lentas mudanças em progresso até que a mão do tempo tenha marcado o longo decorrer de eras, e ainda assim tão imperfeita é nossa visão de eras geológicas muito distantes que vemos apenas que as formas de vida hoje são diferentes do que eram.*

Um biólogo inspirador para a biologia foi Mayr (2005), que apresentou algumas discussões importantes do ponto de vista da filosofia da biologia. Esse autor apresentou a Teoria da Evolução como um conjunto de cinco teorias construídas por Darwin: a) a evolução biológica propriamente dita, isto é, a modificação pelas quais as espécies passam ao longo do tempo (e que já era conhecida antes de Darwin); b) o pensamento populacional e a variação, chamado de biopopulação por Mayr (2005), que é um conceito central para se entenderem a biodiversidade intraespecífica e o "disparador" do mecanismo de adaptação; c) o conceito de ancestral comum e descendência a partir de um tipo comum; d) a seleção natural, que é o mecanismo de evolução biológica e e) o gradualismo, que é o conceito que foi mais combatido depois das pesquisas de biologia molecular por vários autores, mas que ainda hoje é aceito pela comunidade de biólogos evolucionistas. Entender cada uma dessas teorias e as evidências que as geraram pode

incentivar as pessoas a entenderem a evolução biológica e a origem da biodiversidade no planeta.

A pergunta sobre a origem da biodiversidade não foi feita originalmente por Darwin, nem por Lamarck. Essa questão foi feita muito antes desses autores. A resposta para essa pergunta está sendo construída pela ciência há muito tempo, antes e depois de Darwin. O conhecimento científico sobre a origem das espécies e o mecanismo propulsor da evolução está consolidado na comunidade científica. Apesar de algumas modificações nos modelos explicativos, de aperfeiçoamentos de compreensão de processos, é consenso ainda hoje que a seleção natural é o mecanismo principal para o surgimento da biodiversidade.

Os modelos explicativos, pré e pós-darwinismo, foram se modificando e aperfeiçoando. Porém, alguns pressupostos permanecem e serão adotados nesta investigação. É o caso do termo "evolução biológica". Assumimos neste estudo que evolução biológica significa a modificação das características de grupos de organismos ao longo do tempo, coincidindo com a definição de Futuyama (1992) e Meyer e Charbel (2009). Darwin, entretanto, não usou o termo evolução biológica, mas sim "descendência com modificação" (ROMA, 2011), e apenas ao final do século XIX Spencer ligou a palavra "evolução" ao processo descrito por Darwin, de "descendência com modificação".

Há três ideias básicas para explicar a origem da biodiversidade (RIDLEY, 2006), o fixismo, o transformismo (ou transmutacionismo) e o evolucionismo. O fixismo considera que as espécies têm origens independentes e são fixas, isto é, não sofrem modificações ao longo do tempo. O transformismo concorda que as espécies mudam ao longo do tempo, mas têm origens independentes. Além disso, essa corrente apresenta a formação de novas espécies a partir das transformações das espécies, numa linha crescente de complexidade. O evolucionismo também apresenta a origem das espécies a partir de transformações e mudanças das espécies ao longo do tempo, porém a partir de um ancestral comum. Outro aspecto importante é que a mudança não significa aumento de complexidade nem transformação de uma espécie em outra.

Conforme Roma (2011) aponta, a ideia do transformismo para as mudanças que ocorrem nas espécies ao longo do tempo era conhecida desde o século XVII, sem no entanto haver uma explicação para o mecanismo que produzia tais modificações. Foi Lamarck que propôs, em 1809, a partir de evidências baseadas em estudos comparativos

de animais invertebrados, uma teoria que apresentava o aumento da complexidade dos sistemas biológicos ao longo de uma escala de perfeição.

O francês Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, *Chevalier* de Lamarck (1744-1829), foi um importante naturalista para sua época. Conforme discutimos anteriormente, as ideias de transformação das espécies ao longo do tempo foram apresentadas com evidências a partir de seus estudos comparativos.

Lamarck foi o primeiro pesquisador a elaborar um sistema teórico completo para defender e tentar explicar a evolução biológica. Fez isso com base apenas em fenômenos naturais (leis físicas), sem lançar mão de forças imateriais (como "alma", "princípio ativo" e outras) ou entidades transcendentais como um deus. Mais que isso, ele lançaria mão, a partir de 1800 (quando trabalhava com fósseis de moluscos), de dados paleontológicos para justificar suas ideias, o que faz dele um dos primeiros a usar esse tipo de evidência em favor da evolução dos seres vivos.

Entretanto, sua ideia de progressão da complexidade nos seres vivos – lei fundamental do seu sistema – e suas explicações para a origem da variação dentro da mesma espécie e para a origem de espécies novas foram superadas por serem equivocadas.

O nome da teoria de Lamarck é "progressão dos animais". No livro *Philosophie zoologique* ("Filosofia zoológica", de 1809), ele fundamentou sua teoria em duas leis, conhecidas como "uso e desuso" e "herança dos caracteres adquiridos". Já em *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* ("História natural dos animais invertebrados", lançado em partes de 1815 a 1822), as leis passaram a ser quatro. Para melhor compreender a teoria lamarckiana, é preciso analisar a última versão do livro.

A primeira das quatro leis (MARTINS, 1997; RODRIGUES; SILVA, 2011), "tendência para o aumento da complexidade", surgiu apenas no segundo livro e foi enunciada como uma tendência de todos os corpos para aumentar de volume, estendendo as dimensões de suas partes até um limite que seria próprio de cada organismo. Lamarck, tentando fornecer evidências empíricas para essa lei, fez uma analogia entre organismos mais simples e mais complexos e as fases de desenvolvimento de um organismo (do ovo ao adulto), visando demonstrar que, assim como um ovo se modifica e se torna um embrião, evidenciando um aumento da complexidade, os organismos mais complexos

também teriam surgido a partir dos mais simples. Portanto, segundo o naturalista, a vida tinha o poder de aumentar o volume e as estruturas do corpo.

No tocante à segunda lei ("surgimento de órgãos em função de necessidades que se fazem sentir e que se mantêm"), Lamarck disse, em "Filosofia zoológica", que os hábitos e as circunstâncias da vida de um animal eram capazes de moldar a forma de seu corpo. Em "História natural", afirmou que as antenas dos gastrópodes (como os caracóis) teriam surgido por ação dessa lei. Gastrópodes mais simples, explicou, diante da necessidade de sentir os objetos à sua frente, teriam concentrado "fluidos nervosos" na região anterior do corpo, e estes, juntamente com outros fluidos corporais, estimularam a formação de novas estruturas, tecidos e órgãos.

Essa segunda lei gerou uma discussão sobre o sentido em que Lamarck usou a palavra francesa *volonté*. Esta é muitas vezes traduzida como "desejo", mas uma melhor tradução seria algo como "ação gerada por uma necessidade", e não "ação gerada por um desejo". Parece claro que Lamarck não se referia a um "desejo", porque ele mesmo afirmava que "nem todos os animais têm a faculdade de sentir" (referindo-se a esponjas e águas-vivas, que não têm sistema nervoso) – daí que, se não sentem, não podem ter desejo. Se, para Lamarck, a diferenciação dos animais mais simples não ocorria por desejo, mas por uma necessidade fisiológica, esta última tradução para *volonté* seria mais apropriada.

A terceira lei da teoria lamarckista ("desenvolvimento e atrofia de órgãos em função de seu emprego", ou "uso e desuso") tinha sido apresentada como primeira na "Filosofia zzológica". Lamarck disse que essa lei seria inútil, assim como a segunda, se os animais estivessem sempre nas mesmas condições. No entanto, se em determinado local ocorressem mudanças e essas criassem, para os indivíduos que viviam ali, a necessidade de modificar seu comportamento, então esses indivíduos teriam que usar mais ou menos certas estruturas e isso levaria a alterações físicas. Nesse caso, indivíduos da mesma espécie que habitassem ambientes diferentes, nos quais as mudanças fossem desiguais, não teriam as mesmas necessidades, o que levaria à formação de grupos também diferentes, gerando as raças. Portanto, essa lei explicaria como as mudanças no ambiente produziriam a diversidade observada nos seres vivos.

Evidências da operação dessa lei foram apontadas por Lamarck. A ausência de dentes nos tamanduás, por exemplo, seria explicada pela falta de uso e consequente atrofia e

desaparecimento, assim como os vestígios de dentes em fetos de baleias (exemplos de "desuso"). Já as girafas, que passam longos períodos se alimentando de folhas das copas de árvores altas, esticariam as pernas e o pescoço para alcançar seu alimento, o que teria levado ao crescimento dessas estruturas, e os quadrúpedes que pastam por longos períodos de tempo adquiririam cascos para sustentar um corpo muito pesado (exemplos de "uso").

Quanto à quarta lei ("herança do adquirido"), Lamarck não se empenhou em sua demonstração ou defesa, já que essa ideia, muito comum no meio filosófico-científico desde Hipócrates (460-377 a.C.), era aceita entre os naturalistas do século 19. Ele não se preocupou em propor um mecanismo alternativo para a herança, apenas aceitando o que era o senso comum sobre hereditariedade em seu tempo.

A contradição entre Lamarck e Darwin encontra-se, de fato, nas duas primeiras leis da teoria lamarckista – "tendência para o aumento da complexidade" e "surgimento de órgãos em função de necessidades". A grande revolução da teoria darwiniana foi entender a especiação como processo de conversão da variação entre indivíduos, dentro de uma população, em variação entre populações diferentes, no tempo e no espaço. Assim, para ele, o processo de especiação é a transformação de variação intrapopulacional em interpopulacional. Se a formação de novas espécies se dá dessa maneira, a regressão desse processo nos leva a conceber uma origem comum para todos os seres vivos. A evolução, portanto, não teria um propósito: seria um processo de leis simples, no qual não existe espaço para a ideia de progresso, mas apenas de mudança ao longo do tempo. Essas conclusões eram revolucionárias e, certamente, contrariavam a noção lamarckiana de uma progressão dos seres vivos (RODRIGUES; SILVA, 2011).

Para a construção da sequência didática, não utilizaremos os termos "lamarquismo" ou "darwinismo" para designar qualquer conceito, mas sim determinismo (finalismo) ou tendência para o aumento de complexidade como concepções anteriores ao conceito de seleção natural, por exemplo.

Pensamos ainda em como incluir Wallace e seus conhecimentos sobre o mecanismo de seleção natural na evolução biológica como parte integrante da SEBBI. Embora haja similaridades sobre a ideia de seleção natural para ambos, há diferenças importantes, que aumentaram com o passar do tempo. Carmo (2011) discutiu a concepção de seleção natural segundo Darwin e Wallace. Uma das ideias sobre Wallace apresentada por

Carmo (2011) é o fato de que Wallace, apesar de ter chegado à mesma ideia da seleção natural como Darwin, não tinha uma Teoria da Evolução num corpo sistematizado de argumentos e fatos. Além disso, Wallace usou apenas animais e não plantas, como Darwin.

Assim, para esta tese, consideramos que a evolução pode ser explicada como "a modificação das espécies ao longo do tempo" (MEYER; CHARBEL, 2009). Interessa-nos compreeender como Darwin chegou a estruturar a teoria da evolução e por quais obstáculos conceituais e metodológicos passou para construir as teorias que compõem o que denominamos como Teoria da Evolução Biológica.

Em meados do século XVIII, a visão evolucionista começou a ser apresentada no mundo ocidental. Naquela época, alguns naturalistas afirmavam que "os seres que eram vistos nem sempre existiram, nem sempre tiveram a mesma forma e nem sempre existirão". Essa perspectica de compreensão sobre os seres vivos foi apresentada por Buffon (1707-1788) e depois por Lamarck (1744-1829). Buffon afirmava que a geração espontânea origina um conjunto de seres vivos e estes, sob a influência do ambiente, dão origem a novas formas, aumentando a diversidade de formas vivas. Segundo Lamarck, como vimos anteriormente, o processo evolutivo ocorria numa escalada de complexidade, resultando em progresso para as espécies. Ele não acreditava em geração espontânea de formas complexas, que deveriam vir de formas mais simples.

Para Darwin, a ideia de evolução não se traduz como um processo linear, mas como um processo de divergência a partir de ancestrais comuns.

Segundo Futuyama (1992) e Meyer e Charbel (2009), grande parte do trabalho de Darwin foi organizar informações que sustentassem a afirmação de que a evolução das espécies ocorrre por meio de um processo de descendência com modificação. A observação atenta para as semelhanças e diferenças entre os seres vivos ofereceu importantes informações para Darwin. Esse é um dos aspectos explorados na organização da sequência didática, pois consideramos fundamental que os estudantes desenvolvam essa habilidade de encontrar os padrões na diversidade por meio de observações e comparações, superando o obstáculo metodológico da falta de experiência prática para encontrar a regularidade e as diferenças, aspectos específicos da prática biológica. Atualmente, com a biologia molecular e bioquímica, poderiam se somar as informações sobre o código genético e o mecanismo bioquímico, que mostram

semelhanças importantes. Há outras evidências, como convergência, órgãos vestigiais, anatomia comparada, embriologia, biogeografia, paleontologia e estudo dos fósseis, que dão suporte à Teoria da Evolução Biológica.

Assim, consideramos que a Teoria da Evolução pode ser apresentada com um conjunto de cinco teorias evolutivas (MAYR, 2005; DAWKINS, 2009; MEYER; CHARBEL, 2009):

a) Teoria da Evolução propriamente dita: o mundo não é constante e está continuamente mudando. A crença na evolução também era denominada "teoria da inconstância das espécies". Mayr (2005) considera que a evolução não é uma teoria, mas um fato, tanto quanto a Terra orbitar em torno do Sol. Ela é a base para as outras quatro teorias.
b) Ascendência comum para a descendência em ramificação: as espécies descendem de um ancestral comum. Ambos os termos, descendência comum e ramificação, descrevem o mesmo fenômeno (MAYR, 2005). Ascendência comum dá uma visão retrospectiva, e ramificação uma visão prospectiva. Com essa teoria, fazia sentido a anatomia comparada, a hierarquia de Lineu, e os padrões de distribuição tornavam-se lógicos, já que cada táxon consistia em descendentes de um ancestral remoto. Até mesmo as similaridades da embriologia comparada, com a descendência comum, são interpretadas como vestígios do passado comum.
c) Gradualismo: a transformação evolutiva sempre acontece gradualmente, nunca aos saltos. O essencialismo dificulta essa visão. A ocorrência de novas espécies, documentada em registros fósseis, só poderia ter lugar se houvesse novas criações, isto é, por saltos. E isso, para Darwin, só poderia ser explicado se um Criador Todo-Poderoso pudesse atuar, o que não é o caso. As teorias saltacionistas são compatíveis com o essencialismo. Esse pensamento foi um grande causador de oposição na época e depois, nas décadas seguintes. Seu trabalho com a seleção artificial (pombos, raças de cães) convenceram-no como podem ser espantosamente diferentes os produtos de uma seleção lenta e gradual. Isso era compatível com os dados que obteve em Galápagos, com as tartarugas e outros animais. Ele argumentava aos seus opositores que era possível "observar" a mudança evolutiva devido à seleção natural:

> *Como a seleção natural age somente pela acumulação de sutis variações favoráveis, ela não pode produzir modificações grandes ou súbitas; pode apenas agir por passos muito curtos e lentos.* ("A origem das espécies", C. Darwin)

Os geneticistas chegaram à mesma conclusão, décadas mais tarde, pela descoberta das mutações mais e mais sutis de poligenia (vários genes para uma mesma característica) e pleiotropia (um gene que determina mais de uma característica do fenótipo). Durante a síntese evolucionista, o gradualismo foi considerado válido pelos biólogos, vencendo a oposição de alguns novos geneticistas. As exceções ao gradualismo estabeleceram-se em alguns casos de híbridos estabilizados que podem se reproduzir sem cruzamento e em casos de simbiogênese. A taxa de mudança no gradualismo é variada. Às vezes pode ocorrer com bastante rapidez, e podem ocorrer períodos em que as espécies não sofrem mudança alguma.

d) A multiplicação de espécies: esta teoria de Darwin trata da origem da enorme diversidade orgânica e dos milhões de espécies que há na Terra. Isso foi possível ao se acrescentar a dimensão horizontal (geografia) à dimensão vertical, uma vez que com essa visão considera-se a formação de espécies representativas (alopátricas) ou espécies incipientes. Os naturalistas Darwin, Wagner e Wallace conseguiram verificar que várias populações alopátricas estavam em estágios intermediários concebíveis da formação de espécies. A descontinuidade entre espécies foi suplantada pela continuidade entre espécies devido à incorporação da dimensão geográfica. O problema da especiação pode ser resolvido a partir do desenvolvimento do conceito biológico de espécie, superando o conceito morfológico anterior.

e) Seleção natural: trata do mecanismo de mudança evolutiva e como esse mecanismo pode explicar a adaptação do mundo orgânico. Foi a teoria de Darwin que encontrou maior oposição na época. Segundo Mayr (2005), alguns sociólogos discutem que essa teoria seria compatível com as novas ideologias da época (Revolução Industrial, por exemplo). Entretanto, apesar disso, a teoria teve rejeição quase universal. Poucos naturalistas da época eram selecionistas e, ainda segundo Mayr (2005), nenhum biólogo experimental antes de 1900 adotou a seleção natural como conhecimento de apoio. A resistência partia daqueles que

> eram formados na ideologia da teologia natural, isto é, eram incapazes de acreditar num mundo que não tivesse sido projetado por Deus e aceitar um processo mecânico, deixando de lado a teleologia cósmica. Precisavam superar qualquer causa finalista que pudesse ter origem sobrenatural e qualquer determinismo do mundo orgânico. Até a Teoria Sintética da Evolução, muitos biólogos aceitavam as teorias finalistas, teorias neolamarckistas e teorias saltacionistas.

Em 1963, Mayr (2005) definiu seleção natural como sucesso reprodutivo diferencial não aleatório, com o foco no resultado e não no processo. O nome seleção veio do vocabulário dos criadores de animais. Um resumo do paradigma de Darwin poderia ser "variação e seleção" e é nessa base que construímos nossa Sequência Didática de Ensino de Biologia Baseada em Investigação. Hoje considera-se que o principal objeto de seleção continua a ser o indivíduo e há considerável discussão sobre aceitar objetos adicionais de seleção, como o gene, o gameta, de grupos (como totalidades coesas), multinível, etc. Atualmente é consenso que a seleção não se refere estritamente ao melhor, num processo cooperativo entre variação aleatória e seleção. Não há seleção sem variação e não há variação sem seleção subsequente (eliminação). A seleção não é apenas seleção do melhor mas também de eliminação dos membros menos adaptados. Considera-se também a seleção sexual nesse processo.

Para nossa sequência, entendemos que é fundamental o conceito de espécie, de forma a contribuir com o enfrentamento do obstáculo da tipologia. O conceito de espécie modificou-se e continua em discussão até hoje. Espécie era definida como uma classe de objetos cujos membros partilham de certas propriedades definidoras, e sua descrição é capaz de distinguir uma espécie de outra. Isso vale para objetos inanimados, e até o século XIX era o conceito clássico de espécie praticado em biologia. Uma quantidade limitada de variação era aceitável para o conceito de seleção natural, sendo uma definição para isso o conceito fenotípico de espécie. Com o passar do tempo, surgiram fragilidades no conceito tipológico de espécie, pois encontravam-se características fenotípicas intraespecíficas notadamente diferentes, isto é, características causadas por sexo, idade, estação ou variação genética comum, em que os membros de uma mesma população diferiam mais do que espécies diferentes reconhecidas por todos. Do mesmo modo, há membros de uma mesma população que não cruzavam umas com as outras mantendo a integridade dos genes. O conceito biológico provém da percepção de que os

indivíduos da mesma espécie formam uma comunidade reprodutiva, e membros de espécies diferentes, quando convivem numa comunidade, em geral não cruzam uns com os outros. Cada comunidade reprodutivamente isolada é chamada de espécie biológica, e o conceito que dá as bases para o reconhecimento de espécies na reprodução é o conceito biológico de espécies. Assim, espécies biológicas são "grupos de populações naturais capazes de entrecruzamento que são reprodutivamente (geneticamente) isolados de grupos similares". Esse conceito desempenha um papel concreto na natureza, pois baseia-se em algo diferente de protocolo de instruções. Segundo Mayr (2005), o CBE[14] começou a ser utilizado por Buffon em 1749 e prosseguiu com outros autores. A ele coube apenas a organização do conceito e a definição concisa de algo que já tinha sido construído, contribuindo apenas para sua aceitação no meio biológico de pesquisadores. Para ele, as críticas ao conceito biológico são resultado da falta de clareza entre a distinção de categoria de espécie (conceito de espécie) e o táxon de espécie. O CBE lida com a definição de categoria de espécie e com o conceito sobre o qual ele se baseia. Esse conceito é a proteção ao acervo harmonioso de genes, é estritamente biológico e só tem sentido onde um acervo entra em contato com o acervo de genes de outra espécie, isto é , numa dada localidade num dado momento. Para os táxons de espécie, há uma extensão no espaço e no tempo, e o status de espécie de populações não contíguas tem que ser determinado por inferência.

Dificuldades na aplicação do CBE: as espécies evoluem, como tudo mais na natureza viva. Com o passar do tempo, subespécies podem tornar-se espécies incipientes e, ao final, espécies plenas. Em cada grupo de organismos há situações em que populações se encontram naquele estágio intermediário entre "não ainda uma espécie" e "já uma espécie plena". Nesse caso, o status de tais populações só pode ser determinado por inferência. É necessário perguntar: o fenótipo de tais populações indica que elas alcançaram o nível de espécie? A resposta para a questão deverá ser um tanto subjetiva. A evolução é a responsável pelo fato de se encontrarem casos limítrofes na aplicação de qualquer conceito de espécie, e é isso que pretendemos mostrar com o caso dos lagartos de Pod Mrcaru e Pod Copiste.

Há outras dificuldades para a adoção do conceito biológico como para organismos de reprodução assexuada (ou assexuados) que formam clones e não populações.

[14] CBE: Conceito Biológico de Espécie

O conceito de espécie se refere ao significado de espécies no funcionamento da natureza. A palavra táxon se refere a um objeto concreto da biologia que consista em populações (ou grupos de populações) classificáveis de organismos. O pardal e a batata-inglesa são táxons de espécie. Táxons de espécie são biopopulações. Podem ser descritos e delimitados em contraste com outros táxons de espécies, mas não definidos. Populações periféricas no espaço ou no tempo podem estar num estado evolutivo intermediário. Para o catalogador, isso pode ser um obstáculo, mas para o evolucionista é uma evidência da ação da evolução. Como no registro fóssil há lacunas, há poucas séries contínuas de ancestrais e descendentes, e nesses casos a delimitação da espécie é impossível.

De acordo com a teoria mais ou menos unificada de Fischer e seus colegas, a evolução foi definida como mudança na frequência gênica em populações, mudança essa ocasionada pela seleção natural gradual de pequenas mutações aleatórias. Em 1932 isso era um consenso entre as escolas geneticistas em disputa. Foi uma síntese entre geneticistas populacionais matemáticos e selecionistas darwinianos. A adaptação é somente uma parte da história da evolução. A biologia evolucionária se refere a dois processos separados: evolução filética, ao longo do tempo e no interior de uma dada população, e a origem e multiplicação das espécies. A população evolui de acordo com o ambiente que muda, formando o ramo da biologia evolucionista chamado de anagênese (dimensão vertical ou temporal da evolução, numa dada população). Os naturalistas estavam interessados em entender como surgem as novas espécies e a biodiversidade, que costuma ser designado de cladogênese (dimensão horizontal ou geográfica, com o surgimento de novas espécies em um dado momento).

A síntese fischeriana não explicava a origem da biodiversidade, uma vez que os métodos dos geneticistas nessa época restringiam-se a uma dada população num único acervo de genes. A segunda síntese foi iniciada em 1937 pela obra de Dobzhansky intitulada *Genetics and the origin of species*. Os naturalistas europeus, desde os anos 1920, dispunham de explicação para a origem da biodiversidade baseada no isolamento geográfico. Entretanto, os geneticistas de laboratório não conheciam as ideias sobre a especiação geográfica dos naturalistas, e estes não podiam chegar ao entendimento pleno da evolução porque não conheciam os desenvolvimentos recentes da genética. Isso só foi superado com a síntese evolucionista da década de 1940. Houve a síntese fischeriana anterior (origem da genética populacional da matemática) e depois a de

Dobzhansky. O livro de Dobzhanky mostrou a geneticistas e naturalistas que suas teorias da evolução eram compatíveis, que era possível obter uma síntese das duas áreas: o estudo da evolução filética em populações (anagêsese) e a origem da biodiversidade – espécie, especiação e macroevolução (cladogênese). A síntese foi completada por Mayr, Husley, entre outros. Ao final de 1947, um consenso foi atingido e restava ainda um desacordo, relacionado com o objeto de seleção: o gene ou o indivíduo. Para os naturalistas, a evolução é mais do que a mudança da frequência dos genes: é a aquisição e a manutenção de adaptação e a origem da biodiversidade.

A partir de 1950 até 2000, Mayr (2005) considera que a biologia molecular faz inúmeras contribuições para o entendimento da evolução. O código genético é basicamente o mesmo desde as bactérias, mostrando que a vida descende de uma única origem. A maior contribuição vem da genômica (comparação de sequências gênicas).

O paradigma darwiniano, produzido nos anos de 1940 depois da síntese evolucionista, foi capaz de resistir a todo o desenvolvimento das áreas de biologia molecular, genômica e à própria biologia evolucionista. A fórmula básica darwiniana "evolução é o resultado da variação genética e de sua discriminação por meio de eliminação e seleção" é abrangente para dar conta das eventualidades naturais. Na opinião de Mayr (2005), a nova teoria evolucionista, produto da síntese das teorias dos estudiosos da anagênese e cladogênese, que foi chamada de Teoria Sintética da Evolução, deveria ser chamada de darwinismo, pois, segundo ele, essa é a teoria original de Darwin com teoria válida de especiação.

Para a construção de nossa sequência didática, optamos por utilizar episódios centrais descritos por Darwin em seu livro "A origem das Espécies" de forma a utilizar caminhos marcantes das evidências usadas por ele. Esse uso da história da construção da teoria da evolução biológica está distante do que se diz sobre pseudo-história, conforme descreve Allchin (2004) quando se refere ao uso de textos de livros didáticos sobre episódios isolados da história da ciência, de "grandes personagens", "grandes descobertas", anedotas, estereótipos estimulando na formação dos jovens a ideia de uma ciência romantizada, contribuindo com uma visão ingênua da natureza da ciência e de suas práticas sociais. Ao contrário, procuramos na obra de Darwin pontos marcantes e obstáculos conceituais e metodológicos superados para incluí-los em nossa sequência didática.

Segundo Meyer e Charbel (2009), a seleção natural baseia-se na ideia de que há variação herdável numa população e que essa variação influi nas chances de sobrevivência dos organismos, de modo que, com o tempo, os organismos com as características mais vantajosas tendem a tornar-se mais frequentes.

Segundo os mesmos autores (MEYER; CHARBEL, op. cit.), a teoria da seleção natural de Darwin foi bastante criticada e houve o surgimento de teorias evolutivas antidarwinistas, com queda na aceitação da teoria darwinista ao final do século XIX. O historiador de biologia Peter Bowler chegou a denominar esse período de eclipse do darwinismo. Das teorias alternativas que surgiram na virada do século XX, pode-se citar o neolamarckismo e a teoria da ortogênese, que tinha preservada a questão da finalidade no processo evolutivo, tentando superar o processo darwinista do acaso.

Os neolamarckistas centravam-se na ideia da herança dos caracteres adquiridos, segundo a qual as modificações sofridas pelos organismos ao longo de sua vida eram herdadas pelos seus descendentes. Com o avanço do mendelismo, essa ideia ficou em descrédito.

A ortogênese sustentava que o processo de mudança evolutiva ocorria com determinadas metas e que era essa tendência de seguir um rumo preestabelecido, e não a seleção natural, que explicava a mudança evolutiva. Essa forma de pensar era popular particularmente entre paleontólogos, que viam no registro fóssil padrões que seguiriam um rumo preestabelecido. As análises dos fósseis mostrou que isso poderia ser explicado pela seleção natural e não pelo “ente” abstrato.

O mutacionismo, elaborado na primeira década do século XX, após os trabalhos de Mendel serem revisitados, surgiu mais como alternativa à seleção natural do que como apoio. O conhecimento sobre as mutações, que foram estabelecidas como súbitas alterações genéticas herdáveis no material genético dos seres vivos, surgiu a partir da genética experimental, parecendo, assim, mais “sólidas” como mecanismo da evolução do que a seleção natural de Darwin. A mudança evolutiva por seleção natural, naquele início de século, era apoiada por observações indiretas e não por dados experimentais como o mutacionismo. Como as mutações que estavam sendo estudadas por meio experimental davam origem a mudanças relativamente grandes, os pesquisadores achavam que essas mudanças, por si, poderiam explicar os processos evolutivos, sem a necessidade da seleção natural para explicar as transformações. Assim, os geneticistas

estavam em embate com neolamarckistas e darwiniamos, não conferindo papel relevante à seleção natural. Foi no início da década de 20 que começou a acontecer a conciliação das duas correntes para a Teoria Sintética da Evolução. Não é sinônimo de neodarwinismo, que é a designação para o darwinismo revisado por Weismann, que excluía toda a parte teórica sobre a herança de características adquiridas.

De Vries, geneticista mendeliano, interessado em evolução e "redescobridor" de Mendel, rejeitava a seleção natural. Favorecia o saltacionismo, pois imaginava que uma nova espécie surge com uma grande mutação genética, num único salto (dominante pensamento de 1900 até 1915).

A síntese ocorreu com a fusão do mendelismo e do darwinismo, tendo destaque três pesquisadores nessa área: Fischer (1890-1962), Haldane (1892-1964) e Wright (1889-1988). Fischer demonstrou, por modelos matemáticos, como a frequência gênica mudava sobre a ação da seleção natural, demonstrando como diferenças sutis entre indivíduos seriam geradas e transmitidas às gerações seguintes, podendo acumular-se por seleção natural. Haldane contribuiu com exemplos concretos de análise que indicavam como a seleção natural poderia ter efeitos mais rápidos sobre as populações do que Fischer sugeriu. E Wright apresentou estudos sobre a subdivisão das populações e herança das características quantitativas por meio de demonstrações da ação das interações gênicas como fonte adicional da variabilidade. Em conjunto, demonstraram que a variação estudada por evolucionistas poderia ser explicada pela herança mendeliana e pela seleção natural, sem a necessidade de ortogênese. Dobzhansky (1900-1975) apresentou de forma acessível à comunidade científica os avanços conseguidos pelos geneticistas de população, resultando na construção da Teoria Sintética da Evolução ao longo da década de 1940. Assim, a seleção natural passou a ocupar o papel dominante na explicação do processo evolutivo.

O poder da seleção natural como uma explicação para as adaptações e sua utilização como base para investigação sobre os processos evolutivos são de importância central na biologia. Ao longo dos anos, as pesquisas fizeram que a seleção natural passasse a ser sustentada por evidências diretas de sua ação.

Tanto Meyer e Charbel (2009) como Dawkins (2009) apresentaram experimentos que evidenciam a seleção natural agindo diretamente. A experiência com bactérias

realizadas em laboratório, descrita no artigo de Elena e Lenski (2003), mostra a ação da seleção natural diretamente em mais de 2.000 gerações de bactérias.

Outra experiência descrita por Meyer e Charbel (2009) e Dawkins (2009), e realizada pelos biólogos americanos John Endler e David Reznick, mostra a seleção natural atuando em peixes chamados lebistes, cujo nome científico é *Poecilia reticulata*. Os biólogos fizeram comparações entre populações de lebistes de diferentes localidades e encontraram diferenças importantes, usando abordagens experimentais, com onze anos de observações (de trinta a sessenta gerações de lebistes) e experimentos específicos. Os experimentos mostraram que as diferenças que observamos entre populações na natureza podem ser explicadas pela ação da seleção natural e que mudanças relativamente grandes (no caso de um dos experimentos, mostrava que houve um aumento de tamanho corporal dos peixes em 14%) podem ocorrer em relativamente pouco tempo, quando há seleção natural por predação.

A forma de explicar as adaptações, por meio da seleção natural, é muito diferente do modo de explicar no modo da ortogênese, ou seja, com um plano divino ou sobrenatural planejado. Essa mudança de pensamento só foi possível porque a diferença reside no pensamento populacional e no modo do pensamento tipológico. Nesse pensamento, os organismos de uma dada espécie são cópias imperfeitas de um tipo ideal, produzido por um criador. Podem até ocorrer variações, mas essas mudanças nunca vão dar origem a outra espécie, sendo consideradas como desvios do ideal. O pensamento populacional trata cada espécie como uma coleção de populações de indivíduos com muitas diferenças genéticas. As populações mudam de geração em geração dependendo das características geradas. Ao longo de gerações, uma espécie pode se transformar em sua aparência, seu comportamento ou em sua constituição genética. Pode até mesmo resultar no surgimento de novas espécies, se a diferenciação entre uma espécie ancestral e seus descendentes aumentar o suficiente. A diversidade é a regra nas populações, sendo o pensamento populacional a base do pensamentos dos biólogos.

Sabemos que, a partir da década de 1970, foram feitas críticas aos cientistas chamados adaptacionistas, que tentam relacionar uma característica do ser vivo à ação da seleção natural. Hoje se considera que nem todos os caracteres de um ser vivo são necessariamente resultado da seleção natural. Incluem o acaso para o aparecimento de algumas ocorrências genéticas, para o que foi denominado de “deriva genética”. Hoje há

discussões acerca de que a ação da seleção natural não resulta em organismos "perfeitos", que a seleção atua sobre o organismo como um todo e não sobre suas partes e que uma característica funcional pode não ser uma adaptação. Entretanto, apesar da seleção natural não explicar tudo que vemos na natureza, isso não diminuiu sua importância no mundo científico. Ao contrário, hoje considera-se que a seleção natural, dentro da complexidade do processo evolutivo, ocupa um lugar de destaque com contribuições devidamente analisadas e atribuídas, com melhor precisão atribuída nas diferentes características consideradas.

Segundo ainda Meyer e Charbel (2009) e Dawkins (2009), há debates atuais na biologia evolutiva. Discutiremos alguns dos principais debates:

1. Em qual nível de organização a seleção natural atua? Para Darwin, a seleção natural atua em nível de organismo, individualmente. A polêmica sobre essa questão teve seu auge nas décadas de 1970 a 1980, tendo sido denominado o "debate sobre as unidades de seleção". Atualmente, o debate foi superado e considera-se que não está em xeque a validade e o poder sobre esse mecanismo nos processos evolutivos, mas os níveis de organização biológica em que ela atua. Concebe-se hoje que ela pode atuar em vários níveis (genes, linhagens celulares, organismos individuais, grupos de organismos, de populações e até de espécies). Para nossa pesquisa, utilizamos o foco no indivíduo, pois é a base do mecanismo da evolução biológica.
2. A seleção natural é capaz de explicar não só o desaparecimento de espécies mas também o surgimento de novas espécies? Explica o que a seleção é capaz de realizar no processo evolutivo? Um dos resultados colocados por Darwin foi o papel positivo na evolução e não só negativo, de eliminação de indivíduos.
3. A seleção natural pode explicar as grandes mudanças na árvore da vida? Os padrões de modificações dentro das populações chamadas "microevolutivas" poderiam explicar toda a diversidade biológica, em grandes escalas de tempo chamadas de "macroevolutivas"? Até hoje, os debates da teoria do equilíbrio pontuado levam a biologia evolutiva a continuar considerando a realidade da descendência com modificações, que está no cerne evolução biológica. A seleção natural nunca foi questionada pelos defensores do equilíbrio pontuado como mecanismo capaz de explicar as adaptações dos seres vivos.

Assim, nos debates da virada do século XIX para o XX, as críticas ao darwinismo buscavam negar o papel da seleção natural no processo evolutivo, pois era privado de eficácia, agência e alcance. A síntese moderna recolocou o darwinismo no papel central do pensamento evolutivo. As diversas linhas de pesquisa, nos mais diversos campos, buscam ampliar e complementar a teoria da seleção natural e não substituí-la.

"A evolução é o sentido da biologia", como afirmou Theodosius Dobzhanky (1900-1975), em 1973.

A forma de incluir a história da construção do conhecimento sobre a seleção natural na sequência didática é diferente da proposta da maioria dos autores. Segundo Bizzo (1991) e Carmo (2011), há muitos autores que defendem a inclusão da história da ciência no ensino para uma educação científica de qualidade. Entretanto, a forma como isso pode ser realizado possui diversas variações. Acreditamos que as abordagens contextuais do ensino de ciências devem ser acompanhadas de aprendizagem sobre a natureza da ciência. Ao usarmos aspectos da construção do conceito de evolução biológica, tomamos o cuidado de não tornar o ensino empírico-indutivista, uma vez que a atividade e prática científicas tratadas deverão promover discussões sobre os aspectos relativos ao contexto e às condições de tomada de dados. A ideia é trazer alguns obstáculos conceituais transpostos por Darwin para compor as atividades de forma a promover a construção do conceito de seleção natural como mecanismo central da evolução.

Segundo Smith (2012), apesar do reconhecimento da importância do ensino da evolução e da aprendizagem dos princípios evolucionários, a abordagem desse tema nas escolas tem sido muito difícil. Uma preocupação dos professores e dos pesquisadores é a forma de abordagem desse tema e a frequente comparação com o "lamarquismo[15]". Segundo o artigo de Kampourakis e Zogza, (2007), muitas das concepções consideradas "lamarckianas" são diferentes das ideias originais de Lamarck. Uma tendência é se achar que a "necessidade de adaptar-se a um ambiente" é lamarckismo, quando, na verdade, refere-se à visão teleológica (Mayr, 2005). Assim, vários autores, ao analisarem o uso de garantias e apoios pelos alunos, consideram que, quando o

[15] Lamarquismo: esse termo é utilizado, muitas vezes, de forma inapropriada, uma vez que pode incorporar características que não se relacionam a Lamarck, mas a um estereótipo criado ao longo do tempo. Nesse caso, estamos usando o termo que os próprios autores da pesquisa (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007) usaram.

estudante refere-se ao grande uso ou desuso de partes do corpo como mecanismo de mudança para se adaptar ao ambiente durante o tempo, é de Lamarck que se fala, entretanto, poderia ser considerado como vitalismo (controle dos organismos por uma força invisível) ou como teleologia (explicação de processos naturais que parecem conduzir automaticamente a um fim definido ou a uma meta) ou ainda como força sobrenatural em ação. Essas explicações são explicações históricas sobre os fenômenos naturais que existiam antes de Lamarck e não devem ser consideradas "lamarquismo" (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007; MAYR, 2005). Esses autores apresentaram as explicações "intuitivas" que os estudantes mostram para a evolução, e eles verificaram que os casos de explicações teleológicas predominaram em relação àquelas relacionadas com a evolução em populações. Esses autores apresentaram as concepções prévias de estudantes de 14 a 15 anos sobre a evolução biológica e as explicações que apresentaram depois das informações obtidas em aulas. Eles discutem que apenas uma compreensão moderada sobre os processos evolutivos acaba sendo obtida pelos estudantes depois das aulas, e as razões para isso, segundo esses autores, é que, apesar de terem informações adequadas sobre o conhecimento evolutivo, eles têm dificuldades em utilizá-los para construir explicações baseadas nesses conhecimentos teóricos por causa de suas concepções prévias.

Os autores (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007) assinalam que os estudantes, em geral, tendem a utilizar as explicações teleológicas.

No estudo de Shtulman (2006), seis fenômenos evolutivos foram analisados entre biólogos evolucionistas e estudantes: a variação, a herança, a adaptação, a domesticação e especiação e a extinção. A maioria dos participantes demonstrou que compreendiam as transformações como fruto de seleção natural. Como os biólogos evolutivos conceitualizam a evolução biológica como a transformação da essência das espécies, propõem a possibilidade de se compreender a evolução por meio de vários conceitos e teorias da evolução, como as citadas acima.

O ensino de biologia deveria conceder tempo e estruturas adequadas para que alunos possam aprender cada um dos temas de forma a entender todas as áreas da biologia, especificamente a evolução biológica.

Nossa inspiração para apresentar as evidências da evolução aos alunos superando alguns dos obstáculos conceituais e metodológicos partiu de nossa leitura do livro de Dawkins

(2009), que propiciou uma reflexão sobre as evidências da seleção natural “bem diante de nossos olhos”, aproximando-nos do percurso apresentado por Darwin. Em seu livro, Dawkins (2009) discute a possibilidade de testemunhar a evolução “pessoalmente”, ou seja, não apenas pelos experimentos controlados com bactérias ou com peixes, mas por meio de observação e análise de exemplos que podem ser vistos dentro do tempo de vida de um ser humano, isto é, dentro de algumas décadas. Esses exemplos foram aproveitados no nosso desenho experimental, uma vez que poderiam estimular a superação de um dos obstáculos para se compreender a evolução biológica que é a questão do tempo, tão longo e bastante distante da experiência de nossos jovens.

Um dos exemplos apresentados foi das o das ilhas litorâneas da Croácia chamadas Pod Copiste e Pod Mrcaru. Depois de 37 anos, em 2008, um grupo de cientistas, liderados por Anthony Herrel, fez uma pesquisa sobre o que havia acontecido com os lagartos levados para uma das ilhas sem lagartos.

Segundo Dawkins, os criacionistas (fixistas) usam a falta de registros fósseis intermediários (“elos perdidos”) como uma das falhas para a teoria da evolução. Segundo o mesmo autor, os fósseis não são necessários para demonstrar que a evolução é um fato. Ele considera que as evidências da evolução estariam garantidas mesmo que nenhum registro fóssil tivesse sido encontrado. As evidências da seleção natural são as comparações das espécies modernas, na sua distribuição geográfica, na seleção artificial, nas experiências com seleção natural. Os registros fósseis são eloquentes e considera-se óbvio que existem lacunas. Por exemplo, a fossilização de animais de corpo mole é considerada de difícil ocorrência. Além disso, um sinônimo para a “lacuna no registro fóssil” é “elo perdido”, termo usado na era vitoriana e que persistiu no século XX. Segundo o autor, o termo estava relacionado à falta do elo vital entre seres humanos e primatas e tem sido usado até hoje por muitas pessoas que desconhecem as evidências da evolução. Alega-se também a falta de formas transicionais nos registros fósseis entre os grupos de répteis e aves ou entre peixes e anfíbios. Muitos evolucionistas apresentam o *Archeopterys* como uma resposta, o que pode ser considerado um erro, pois apresentar um único fóssil entre dois grandes grupos é uma equívoco, pois há vários fósseis intermediários entre pequenos grupos.

Assim, na composição de nossa sequência didática (SEBBI), incorporamos algumas das evidências similares do que foi usado na construção do conhecimento da evolução

biológica, como a observação e comparação de seres vivos para a construção do conceito de biopopulação, da utilização do modelo da prática da seleção artificial como evidência do mecanismo de modificação das espécies, da construção da ideia de gradualismo e de ascendência comum, sem usar, para isso, o foco nos fósseis como evidência da evolução.

Obstáculos Conceituais e Metodológicos característicos do conhecimento biológico e a compreensão da Seleção Natural e Evolução Biológica

Para promover a sequência biológica baseada em investigação, utilizamos intencionalmente alguns obstáculos à construção dos conceitos e metodologias pelos alunos. Segundo Sepúlveda, El-Hani e Reis (2009), desde a década de 1980, tem sido constatada a persistência de dificuldade, por parte dos alunos, para resolver problemas e para interpretar fenômenos biológicos em termos darwinistas, mesmo após instrução formal sobre o tema. Eles citam alguns fatores para justificar tais dificuldades: a incompreensão de conceitos centrais que estruturam a teoria darwinista da evolução (FERRARI; CHI, 1998 apud SEPÚLVEDA; EL-HANI; REIS, 2009), a rejeição aos aspectos metafísicos que a teoria da evolução implica quanto à concepção de natureza e a frequência de visões inadequadas sobre a natureza da ciência (SMITH; SIEGEL; MCINERNEY, 1995; SINATRA et al, 2003; DAGHER; BOUJAOUDE, 2005 apud SEPÚLVEDA; EL-HANI; REIS, 2009).

Nós entendemos que as dificuldades citadas provêm de obstáculos, que classificaremos, conforme o tipo, em conceituais, metodológicos e da natureza do conhecimento biológico. Apresentaremos, a seguir, os principais obstáculos.

Um dos principais obstáculos para a construção dos conceitos teóricos como a seleção natural, o gradualismo e a biopopulação é o essencialismo de Platão. Segundo ele, há uma definição perfeita e imutável de cada estrutura. Assim, os seres vivos, como coelhos ou outros animais, seriam apenas “sombras” da ideia perfeita, longe da essência ideal do animal ou ser vivo citado. Assim como triângulos ou losangos, que têm uma forma perfeita, essencial e ideal, animais também têm essa forma e qualquer variação é vista como um desvio imperfeito da essência ideal do coelho. A ideia da evolução

biológica é oposta a essa, pois os descendentes afastam-se indefinidamente da forma ancestral, e a cada afastamento tornam-se um potencial ancestral de futuros variantes. Ou seja, para a biologia, a variação é a regra e não um desvio do ideal. O livro de Alfred Russel Wallace intitula-se "Sobre a tendência das variedades afastarem-se indefinidamente do tipo original". Se há um coelho padrão, isso revela apenas um centro de distribuição numa curva normal dos coelhos que saltam, correm e apresentam variações individuais importantes.

Segundo Mayr (2005) e Dawkins (2009), deve-se raciocinar a partir da ideia central de que, durante o processo evolucionário, a cada geração, a população não difere acentuadamente da geração anterior. Deve-se pensar em termos de população e nas variações dentro da população. Isso é a antítese do essencialismo. Segundo Mayr (2005), a razão pela qual um "Darwin" demorou tanto para surgir em cena foi que nós todos temos o essencialismo gravado em nosso "DNA mental", seja por influência dos gregos, seja por outra razão cultural. Segundo Dawkins (2009), psicólogos que estudam o desenvolvimento da linguagem concluíram que as crianças são essencialistas naturais. A palavra "essencialismo" só surgiu em 1945, portanto não estava disponível para Darwin. Segundo Dawkins, a versão biológica dela disponível para Darwin seria a "imutabilidade das espécies". Levando-se em consideração os estudos sobre o essencialismo presente nas crianças como uma concepção bastante arraigada, entende-se um dos motivos pelos quais é tão difícil que as pessoas construam o conceito da evolução biológica por meio de seleção natural.

Segundo Mayr, a aceitação da ideia evolucionista foi rapidamente aceita pela grande maioria dos naturalistas e filósofos, não só na Inglaterra mas no continente europeu. O que ficou em controvérsia foram a causa e o mecanismo da evolução. O debate durou pelo menos oitenta anos. A grande aceitação da evolução foi devido à quantidade esmagadora de evidências da evolução apresentadas em "A origem das espécies". Darwin apresentou pelo menos cinquenta fenômenos biológicos facilmente explicados pela seleção natural, altamentete refratários à explicação por "Criação especial" ou "Projeto (design) inteligente".

As ideologias que dificultaram a aceitação da seleção natural:

a) Ciência divina: a ciência secular, rejeitando as explicações sobrenaturais para as leis naturais, com explicações baseadas em evidências científicas.

b) O ser humano isolado e rei da criação: a necessidade de verificação sobre a ascendência comum e descendência, em que os seres humanos fazem parte do mundo vivo, com ancestrais comuns aos dos primatas.

c) Pensamento essencialista ou tipológico: o mais importante e mais original conceito de Darwin foi a seleção natural. Filósofos e grande parte dos biólogos foram hostis a essa teoria por tanto tempo porque o pensamento tipológico (Popper chamava de essencialismo), que é o quadro conceitual do período, tinha aceitação quase universal. Esse tipo de pensamento foi introduzido na filosofia por Platão e pelos pitagóricos. Darwin introduziu o pensamento populacional, em que se considera que dois indivíduos, numa biopopulação, nem mesmo gêmeos idênticos, são de fato idênticos.

d) Leis naturais controlam o mundo inanimado: a causalidade dual deve controlar o mundo vivo: uma vez que o programa genético é exclusivo dos seres vivos e só foi entendido depois da citologia, mendelismo e biologia molecular (DAWKINS, 2009; MAYR, 2005), isso contribuiu para demorar cerca de oitenta anos para a síntese. Os organismos vivos estão sujeitos a leis naturais e também às informações fornecidas pelo programa genético. Naturalistas estiveram atentos à essa diferença, mas a explicação era inválida, pois atribuíam à força oculta do vitalismo.

e) Finalismo (teleologia): Kant, filósofo, ao final de 1790, tentou desenvolver uma filosofia da biologia baseando-se nos conhecimentos físicos de Newton. Ao final, concluiu que a biologia é diferente das ciências físicas e que devemos buscar algum outro fator, para o qual se baseou na quarta causa de Aristóteles, a causa final (teleologia). Assim, Kant atribuiu à teleologia não apenas a mudança evolutiva como tudo que não podia ser explicado pelas leis newtonianas.

f) Determinismo: na filosofia antes de Darwin, o determinismo podia ser utilizado para predizer o futuro em detalhes da história do mundo. Laplace dizia que, se conhecesse a localização exata e o movimento de cada objeto no universo, poderia predizer cada detalhe de sua história no mundo, ou seja, não havia espaço para acaso ou acidente. As leis newtonianas não eram capazes de explicar a variação genética, e Darwin fez uso da ideia da herança de caracteres adquiridos. Houve muita desconfiança, e a principal alegação dos que eram

contra pode se resumir à seguinte questão: “Como pode ser que um órgão tão perfeito seja obra do acaso?” Entretanto, entendemos que o acaso das mutações espontâneas, as variações nas populações, são bases da seleção natural. Os processos de eliminação e seleção durante a segunda etapa da seleção natural (a primeira é a variação populacional) podem se valer da contribuição positiva (aleatória) da variação da primeira etapa.

g) Leis: na filosofia newtoniana da ciência, as teorias são baseadas em leis. Entretanto, as regularidades evolutivas encontradas nos processos biológicos não se relacionam com aspectos básicos da matéria, sendo invariavelmente restritas no tempo e têm numerosas exceções. Por isso o princípio de falseabilidade de Popper não pode ser aplicado em biologia evolucionista, porque as exceções não falseiam a validade geral das regularidades. As teorias biológicas são baseadas em conceitos.

Mayr (2005) ressalta que a biologia partilha, com todas as ciências genuínas, a organização e a classificação do conhecimento com base em princípios explicativos. Entretanto, para o caso da biologia, o pensamento tipológico, o reducionismo, a fundamentação da teoria em leis naturais e o papel forte da matemática são características com papel muito menor na formação da teoria biológica.

Para nossa sequência de ensino em biologia, abordamos alguns dos obstáculos apresentados acima, de forma a provocar a reflexão e a superação de alguns deles para a construção conceitual e metodológica necessária para a construção do conhecimento sobre a seleção natural, o gradualismo, a biopopulação, o ascendente comum e a evolução biológica.

Para a biologia e o pensamento biológico se estabelecerem, ainda segundo Mayr (2005), foram necessários três conjuntos de eventos:

a) A refutação de princípios conceituais e metodológicos característicos da natureza da biologia.
b) A demonstração de que certos princípios básicos da física não se aplicam à biologia.
c) A percepção do caráter único de certos princípios básicos que não se aplicam ao mundo inanimado.

Para a construção do pensamento biológico, foi necessário que alguns princípios também fossem superados. Os principais são:

I. Vitalismo: é a crença de que os organismos vivos são controlados por uma força invisível (*vis vitalis*). O vitalismo foi popular no início do século XVII ao início do século XX. Era uma reação ao mecanicismo de Descartes. O final do vitalismo veio depois do fracasso de tentar demonstrar, por meio de experiências, a existência da *vis vitalis* e em segundo lugar, depois da genética e da biologia molecular demonstrar, com suas bases experimentais, que a unidade de vida tinha evidências que o vitalismo não tinha como sustentar.

II. Teleologia cósmica: lida com a explicação de processos naturais que parecem conduzir automaticamente a um fim definido ou a uma meta. Os ortogenistas invocaram a teleologia para explicar os fenômenos evolutivos progressivos. Acreditavam que há na natureza viva um anseio intrínseco ("ortogênese") no sentido da perfeição. Nela cabe também a teoria da evolução de Lamarck, e a ortogênese teve muitos seguidores antes da síntese evolutiva. Como não há nenhuma evidência do princípio teleológico, as descobertas da genética e paleontologia acabaram por derrubar por completo a teleologia cósmica.

    a. Considera-se que essa seja a ideologia que mais influenciou a biologia. Era a visão de mundo antes de Darwin. As raízes estão nas crenças religiosas, no Iluminismo, no evolucionismo transformacionista e na esperança no mundo melhor. Embora o Cristianismo fosse um grande ponto de apoio, a teleologia cósmica teve força crescente na filosofia, no princípio com os gregos e Cícero. Poucos eram os filósofos dos séculos XVIII e XIX que não exprimiam a crença no progresso e no melhoramento. Lamarck e os filósofos franceses do Iluminismo também estavam entre eles. O princípio teleológico da ortogenia só ruiu de fato depois da Síntese da Teoria da Evolução nos anos de 1940.

    b. Causas finais são muito mais plausíveis e agradáveis para o leigo do que o aparentemente tão acidental e oportunista processo de seleção natural. A refutação de uma interpretação finalista da evolução não eliminou a teleologia como um problema da filosofia. Ainda hoje vários filósofos defendem a teleologia ignorando os conhecimentos biológicos e usando a lógica como sustentação.

c. Segundo Mayr (2005), há várias categorias de teleologia, pois aplicam-se a fenômenos naturais de fundamentos diferentes. Ele descreveu cinco processos. Quatro deles podem ser explicados pela ciência, e o último é inexistente, livrando a biologia de uma parte "oculta, sem explicação científica":

- Processos teleomáticos: mudanças que se dirigem a um fim de modo automático, regido por forças externas. Por exemplo, resfriamento do pedaço de ferro quando é aquecido, ao final do processo, objeto que para depois da queda quando atinge o chão (leis da gravidade e termodinâmica explicam). As leis naturais interagem com as propriedades intrínsecas dos materiais. As situações terminais são diversas de metas específicas programadas. Eles têm um termo final, mas não uma meta. A questão "para que" é inapropriada. Por exemplo, um computador tem processos que não são teleomáticos.
- Processos teleonômicos: mudanças e transformações que têm sua orientação a uma meta devido à influência de um programa evoluído. Exemplos: comportamentos de animais, migrações, obtenção de alimentos, reprodução, etc. Processos orientados para uma meta são traços característicos do mundo vivo, pois dependem de um programa genético. Cada programa específico é resultado da seleção natural e é constantemente ajustado pelo valor seletivo. Como é um programa material e já existe antes do início do processo, não pode ser confundido com a causalidade. Ele é a razão das causalidades duais (devido a leis naturais e devido a programas genéticos). Filósofos têm dificuldades em entender esse processo, ao contrário dos biólogos. Por exemplo, entender como um ovo pode ser tão dividido em partes menores e depois formar um organismo, com um conjunto de instruções e orientações de como usar essas instruções. Os programas podem ser fechados ou abertos, conforme a influência do meio (por exemplo, com incorporação de aprendizado, condicionamento, etc.).

- Comportamentos com propósito: intenções humanas e atos propositais explicam esses processos. Podem-se usar conceitos como propósito, intenção e consciência e transformá-los em aspectos da psicologia humana. Incluem-se também muitos comportamentos animais, sobretudo mamíferos e aves (por exemplo, pássaros que enterram pinhões em bolotas no outono e retornam só depois, na outra estação, ou leoas em caça, com planejamento cuidadoso e estratégia).
- Características adaptativas: características que contribuem para a adaptação de um organismo. Foi adotada como sistema teleológico na filosofia mais antiga sob a premissa de que as forças teleológicas na natureza é que fizeram essas características surgirem, herdadas da teologia natural. Kant atribuiu a adaptação a forças teológicas, atribuindo à mão de Deus nos processos. Darwin mostrou que as mudanças evolutivas aparentemente teleológicas e a produção de características adaptativas são resultados da seleção natural (portanto a adaptação é um resultado *a posteriori* e não *a priori*). Levam a perguntas do tipo "por que" (por exemplo, *por que há válvulas nas veias*?). Para que se tornem produtivas na biologia funcional.
- Teleologia cósmica: antes do século XIX era quase universal a crença de que a mudança no mundo se devia a uma força interior ou a uma tendência para o progresso e para uma perfeição sempre crescente. No final do século XIX faziam-se defesas do finalismo. Os maiores opositores da seleção natural eram os teleologistas, e teorias teleológicas da evolução (como a ortogênese) continuaram dominantes até o início do século XX. Quando os dados mostravam que o mundo não era nem recente e nem constante, três categorias de explicações aparentemente finalistas foram apresentadas: a) tais mudanças se devem a um planejador evolucionista (explicação teísta); b) tais mudanças são guiadas por um programa teleológico embutido no genótipo de um indivíduo, análogo ao teleonômico (explicação ortogenética). Com a síntese evolucionista essa ideia foi totalmente refutada; c)

> não há teleologia cósmica, não há tendência para o progresso e perfeição no mundo. Qualquer mudança é resultado de leis naturais e seleção natural. Essa terceira explicação estava de acordo com os fatos observados. As outras duas são dispensáveis.

Para nossa sequência didática construída a partir de intenções e obstáculos, consideramos que a teleologia cósmica é um dos principais obstáculos para a aprendizagem da seleção natural, bem como também ocorre com as outras teorias e metodologias. Depois que Darwin estabeleceu o princípio da seleção natural como motor da evolução biológica, esse processo foi amplamente interpretado como teleológico, tanto por adeptos quanto por opositores. A própria evolução era considerada teleológica, uma vez que leva ao progresso ou ao melhoramento, evidenciando uma aproximação com o quadro do paradigma transformacional de Lamarck. Entretanto, isso deixa de ser considerado quando analisamos a natureza variacional da evolução darwiniana, que não tem uma meta final e começa de novo a cada geração.

Podemos considerar que a seleção natural é um processo de otimização, mas não tem meta definida, e, considerando o número de restrições e eventos aleatórios, não poderíamos chamar de teleológica. Nem mesmo o melhoramento em adaptação se pode considerar teleológico, porque a mudança evolutiva qualificada como contribuição para adaptação é *post hoc*, ou seja, depois que aconteceu.

O período de duzentos anos de 1730 a 1930 testemunhou uma mudança radical no quadro conceitual da biologia. No período de 1828 a 1866 estabeleceram-se os ramos da moderna biologia: a biologia funcional e a biologia evolucionista. Para Mayr (2005), foi a publicação de “A origem das espécies” de Darwin, em 1859, que de fato causou uma revolução intelectual que resultou no estabelecimento da biologia como ciência autônoma.

Consideramos que são características autônomas da biologia e que devem fazer parte no ensino e aprendizagem por instigação, a partir da percepção do caráter único de certos princípios básicos que não se aplicam ao mundo inanimado:

I. Complexidade dos sistemas vivos: propriedades emergentes em cada nível de integração. Não há como fazer uma redução para entender todos os mecanismos

de integração. São sistemas abertos, portanto os princípios de entropia não são aplicáveis. Conceitos biológicos exclusivos do mundo animado como reprodução, metabolismo, replicação, regulação, adaptação, organização hierárquica e a evolução biológica.

II. Adoção do conceito de biopopulação: considera-se o conceito mais fundamental do mundo inanimado e do mundo vivo. O mundo inanimado é o mundo tipológico, consiste nas classes, essências e tipos de Platão. Os membros das classes são idênticos e a variação é acidental, portanto, irrelevante. Numa biopopulação, cada indivíduo é único, ao passo que o valor estatístico médio é uma abstração. Não existem dois seres humanos, entre os bilhões existentes que sejam idênticos. Populações diferem pelos valores estatísticos médios e as propriedades mudam de geração em geração de maneira gradual. Darwin introduziu ao acaso esse pensamento populacional em biologia e demorou-se para perceber que é um conceito tão diferente do pensamento tipologista. Pensamento populacional e populações não são leis, mas conceitos.

III. Os processos biológicos estão sujeitos à casualidade dual, pois são controlados não apenas por leis naturais mas controlados por programas genéticos, o que perfaz uma diferença marcante entre o mundo inanimado e o mundo vivo. Ou seja, os processos biológicos obedecem a duas causalidades: as leis naturais, que em associação com o acaso controlam o que acontece nas ciências exatas. A outra consiste no programa genético que caracteriza o mundo vivo de maneira peculiar.

IV. O conceito de seleção natural só foi adotado universalmente pelos evolucionistas depois de oitenta anos. É a força motriz da evolução orgânica e representa um conceito bem desconhecido da natureza inanimada.

Segundo Blanchard, Southerland, Osborne, Sampson, Anneta e Granger (2012), os professores incluem o ensino por investigação em sala de aula com os seguintes objetivos para os estudantes: a) entender como a investigação científica procede e como isso forma o conhecimento produzido; b) torná-los capazes de executar com êxito uma aproximação procedimental de uma investigação científica; c) construir e compreender o conhecimento sobre ciência.

Assim, se os estudantes, ou mesmo um pesquisador, não conhecem como se produz um novo conhecimento a partir de uma metodologia consistente, se não têm habilidades de observação para obtenção de dados, se não reconhecem as evidências e não conseguem articular os conhecimentos, estabelecendo novas garantias ou usando garantias estabelecidas pela comunidade científica, pode-se considerar que haverá um obstáculo metodológico para a investigação em curso.

No caso da evolução biológica, consideramos que há um conjunto de obstáculos à aprendizagem que estão relacionadas à natureza da metodologia empregada. Esses obstáculos diversificam-se, conforme já abordamos, de acordo com o tipo de objeto de investigação (da biologia funcional ou da biologia evolutiva). Assim, um dos principais obstáculos que reconhecemos para que a investigação em biologia ocorra está na metodologia empregada na biologia evolutiva. Reconhecemos que os obstáculos são: a) em contraposição com as ciências físicas, na biologia a metodologia nem sempre é experimental, mas baseia-se na observação e comparação entre evidências variadas, obtidas, muitas vezes, indiretamente; b) na biologia, a parte prática de investigação para a obtenção de dados ocorre frequentemente em experimentos de longo prazo; c) ocorre com muita ênfase a necessidade de que o pesquisador faça abordagem em interações de vários níveis, ao contrário de outras áreas das ciências em que as interações em um só nível são frequentes e ocorrem em sistemas fechados; d) e que se considere a variabilidade como padrão de observação e não o enquadramento em tipos (tipologia) (SMITH; REISER, 2005; MAYR, 2005).

Conforme vimos na seção sobre o ensino por investigação, algumas características básicas devem ser realizadas pelos alunos durante as atividades, de forma a desenvolver as habilidades relacionadas à alfabetização científica. Para que os estudantes possam desenvolver as habilidades específicas da epistemologia das ciências biológicas, baseando-se nas características do ensino por investigação, consideramos que são obstáculos metodológicos: a) o hábito de se resolverem apenas exercícios e não questões-problema, utilizando-se resoluções automatizadas e repetitivas em contraposição à habilidade de identificação e mobilização de procedimentos para a resolução de questões-problema por meio resolução baseada na articulação de evidências e conceitos teóricos aceitos pela comunidade científica; b) a frequente construção de respostas com afirmações baseadas em conceitos memorizados, em contraposição à competência de identificar, reconhecer e utilizar dados obtidos em

procedimentos experimentais, como evidências numa argumentação científica; c) a rotina de apresentação de explicações para responder às perguntas diretivas em oposição à elaboração de explicações direcionadas às evidências que estão relacionadas à questão abordada; d) o uso de explicações de senso comum, sem consistência com os conhecimentos científicos já construídos, em situações de escolha de resposta ou de análise de determinada situação-problema. Para escolher uma resposta ou analisar uma determinada situação-problema, usar explicações de costume, sem consistência com os conhecimentos científicos correntes.

Do ponto de vista metodológico, podemos reconhecer alguns obstáculos característicos da natureza da ciência biológica que se contrapõem à construção do conhecimento biológico:

a) Método científico: Darwin era um naturalista que fazia uma série de observações e desenvolvia conjecturas (hipóteses ou suposições) a partir dessas evidências. Considerava essa abordagem um método indutivo (após considerar um número suficiente de casos particulares, conclui uma verdade geral) e registrou-se um seguidor de Bacon. Entretanto, alguns estudiosos consideram que ele é hipotético-dedutivo (com construções de hipóteses que devem ser submetidas a testes, em que a lógica e a experimentação geram o conhecimento). Como naturalista, usou diversos experimentos, e o que mais utilizou em sua obra foi o método comparativo.

b) Tempo (ciências físicas): na física, em geral, o método mais usado é a experimentação e o tempo é possível de ser medido. Na biologia evolutiva, as escalas de tempo são de milhões de anos e não se pode experimentar com acontecimentos biológicos do passado. Extinções estão inacessíveis para experimentação e requerem metodologias diferentes como as narrativas históricas. Nesse método, desenvolve-se um cenário imaginário do passado com base em suas consequências. Faz-se então todo tipo de previsões e se determina, por comparações de observações e lógica, se elas se mostram verdadeiras. Darwin empregou esse método nas reconstruções biogeográficas.

Um aspecto metodológico característico das ciências biológicas relaciona-se à observação, à comparação e à experimentação. A prática da observação para obtenção de dados cumpre função tão importante nas ciências físicas quanto nas biológicas. O

experimento é a metodologia mais frequentemente usada nas ciências físicas e na biologia funcional, ao passo que na biologia evolucionista o teste das narrativas históricas e a comparação de evidências variadas são os métodos mais importantes. É importante ressaltar que a comparação é uma metodologia muito mais importante e aplicada com frequência nas ciências biológicas – da anatomia comparada e fisiologia comparada à psicologia comparada – do que o método de narrativas históricas. Isso também é verdadeiro na biologia molecular (na genômica, em comparações entre sequencia de bases, por exemplo). Considerando-se essa característica típica das ciências biológicas, entendemos que a falta de prática em prática de observação e comparação será um obstáculo metodológico para a compreensão de aspectos da biologia evolutiva e deverá ser abordado na sequencia didática da pesquisa que desenvolvemos.

Dados^{T} e Evidências

Para nossa sequência didática para o ensino de biologia baseada em investigação, consideramos que a natureza da ciência deve estar presente por meio da investigação, da linguagem científica, da natureza característica do conhecimento biológico e pelo uso de *dados*^{T} e evidências, que consideramos muito relevantes como característica da argumentação e da composição do conhecimento biológico.

Essa linha emergente na pesquisa em ensino de ciências, com foco na capacidade argumentativa dos estudantes, aponta para a posição central da validação das afirmações a partir de evidências e explicações elaboradas pelos alunos na construção do argumento (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). A construção ou avaliação da afirmação estabelecida no argumento é uma prática epistêmica. A prática epistêmica é uma habilidade cognitiva da prática discursiva que está envolvida com a construção e a validação da afirmação estabelecida (SANDOVAL; MILLWOOD, 2005).

Segundo as autoras Bravo, Piug e Jimenez-Aleixandre (2009), no contexto da argumentação científica, os *dados*^{T} são de natureza empírica ou teórica e servem para dar sustentação a uma conclusão. Entretanto, não é apenas disponibilizando *dados*^{T} que os alunos conseguem chegar a uma conclusão. Eles devem saber como e quais tipos de *dados*^{T} podem dar sustentação a uma conclusão.

Os *dados*^{T} podem ser definidos do ponto de vista de sua natureza: uma observação, um fato, um resultado de experimento e a razão (justificativa) podem ser *dados*^{T} num argumento, e podem ser de natureza empírica ou teórica. Segundo Sandoval e Millwood (2005), os estudantes preferem utilizar *dados*^{T} empíricos aos teóricos para tentar convencer alguém sobre uma questão científica. Os *dados*^{T} podem se tornar uma evidência quando se analisa sua função: os *dados*^{T} num argumento podem servir para dar sustentação a uma afirmação como certa ou errada. Entretanto, para isso, a escolha dos *dados*^{T} se dá em função da justificativa ou teoria em que os *dados*^{T} se apoiam para dar evidência da validade da conclusão, dando um papel relevante na persuasão. Assim, por exemplo, os *dados*^{T} podem ser interpretados de distintas maneiras. Por exemplo, os fósseis são *dados*^{T} que podem ser vistos como evidências do fixismo ou do darwinismo, segundo a utilização da explicação do autor.

O uso de *dados*^{T} como evidências na argumentação apresenta sérias limitações, segundo Bravo, Piug e Jiménez-Aleixandre (2009), e precisa de novas ferramentas analíticas que possam abordar as distintas dimensões de seu uso na construção de argumentos.

As autoras Puig e Jiménez-Aleixandre (2009) afirmam que uma das três dimensões da competência da argumentação científica é o uso de evidências[16] na construção do conhecimento científico. Entretanto, no mesmo artigo, elas apresentam a dificuldade que os alunos de bacharelado têm em utilizar *dados*^{T} como evidências da evolução, que era o tema da pesquisa realizada pelas autoras. A competência em elaborar um enunciado ou afirmação confirmada e validada pelo uso de *dados*^{T} como evidências é o que se conhece como argumentação (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2009), ou seja, construir um enuciado depende do uso de *dados*^{T} como evidências.

Aprender a usar, decidir, ponderar e avaliar os *dados*^{T} existentes, a coordenar as evidências com teorias e/ou hipóteses é importante em todos os temas da ciência, tendo sido reconhecida pelo PISA[17] (OECD) como uma das três competências que formam a

---

[16] No espanhol, o original "provas" é mais adequado que evidências, já que seu significado remete a algo que não se pode mudar. Para a língua portuguesa, no entanto, optamos por traduzir provas por evidências, que tem o sentido oposto ao do espanhol nesse contexto da argumentação científica. Esse sentido leva em conta as discussões conduzidas principalmente na filosofia da ciência, que considera que a ciência não prova nada, que o conhecimento construído é baseado num contexto histórico, social e econômico e pode ser transitório.

[17] Programa Internacional de Avaliação de Alunos (em inglês: *Programme for International Student Assessment* - PISA) é uma rede mundial de avaliação de desempenho escolar, realizado pela primeira vez em 2000 e repetido a cada três anos. É coordenado pela Organização para a

competência científica (PUIG; JIMENEZ-ALEIXANDRE, 2009). Segundo as autoras, os alunos têm dificuldade em selecionar os *dados*^{T} que podem ser usados como evidências da evolução, uma vez que, para isso, é necessário que os alunos façam a coordenação entre *dados*^{T} e as justificativas, ou seja, o referencial teórico ou apoio, de forma que eles possam articular de forma coerente os *dados*^{T} com as explicações científicas.

As autoras Bravo, Puig e Jimenez-Aleixandre (2009) discutem a competência do uso de evidências na argumentação em duas dimensões: a) de metacognição, isto é, do conhecimento do uso de evidência incluindo a natureza da evidência, de seu papel e o critério para se avaliar seu uso no argumento e b) a prática do uso de evidências, incluindo nesse aspecto o uso de *dados*^{T} em diferentes contextos e as operações que envolvem esse aspecto.

Segundo Sampsom e Schleigh (2013), é importante que os estudantes compreendam que algumas formas de evidências e alguns tipos de justificativas são melhores que outras, quando estamos na ciência. Um importante componente da argumentação científica envolve a avaliação da aceitabilidade e da suficiência da evidência ou das justificativas para dar suporte à conclusão. Portanto, além dos componentes citados de evidência, justificativa e afirmação, há vários critérios empíricos e teóricos que os estudantes podem usar para avaliar a qualidade de um argumento em ciência.

Segundo Sampsom e Schleigh (2013), além dos componentes estruturais de um argumento, os estudantes podem usar diferentes critérios para avaliar a qualidade ou o mérito de um argumento científico. Em seu livro, os autores incluem três tipos de critérios: a) critérios empíricos b) critérios teóricos e c) critérios analíticos de avaliação do argumento. Os critérios empíricos avaliam como todas as evidências disponíveis se ajustam às afirmações, se as evidências são suficientes para sustentar a afirmação, a qualidade das evidências (isto é, se são válidas) e o poder preditivo da conclusão. Os critérios teóricos referem-se aos conceitos padrões da ciência e incluem a avaliação da suficiência da afirmação (isto é, se ela inclui tudo que precisa incluir), a utilidade da afirmação (isto é, se ela se relaciona com novas investigações ou com novas compreensões de fenômenos) e como é a consistência da afirmação e do raciocínio

---

Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), com vista a melhorar as políticas e resultados educacionais.

utilizados com as teorias, leis e conceitos da área da ciência relacionada. Para os critérios analíticos, levam-se em consideração os métodos que foram utilizados para a obtenção de dados e se a interpretação de dados foi coerente. Para eles, o que conta na análise do argumento é a natureza do componente científico utilizado (física, biologia, química); isto é, a área campo-dependente da ciência que está embasando o argumento conta na análise da qualidade do argumento.

Para Sampsom e Schleigh (2013), a justificativa de um argumento é a estrutura que dá suporte à afirmação. As evidências utilizadas na construção do argumento são as justificativas pelas quais os cientistas dão sustentação às suas afirmações especificamente quando usam os dados obtidos numa investigação. Deve-se ressaltar que os cientistas nem sempre usam dados de medidas ou observações para dar sustentação às suas afirmações. Segundo os mesmos autores, Charles Darwin providenciou diferentes justificativas para dar sustentação às conclusões para a "A origem das espécies". Usou justificativas "mais empíricas", como as observações durante a viagem à América Central e do Sul, e outras mais teóricas, como a ideia do ancestral comum, em que os descendentes possuem pequenas modificações e que o mecanismo primário para promover a evolução biológica é a seleção natural. O que faz de "A origem das espécies" um grande argumento (MAYR, 2005), tão convincente e persuasivo, foi a habilidade de Darwin de coordenar a teoria com as evidências, de forma a validar suas afirmações.

Segundo Sampsom e Schleigh (2013), o componente denominado "evidência" refere-se às medidas, observações ou até mesmo fatos e dados encontrados em outros documentos de outros estudos de pesquisadores; outros fizeram a coleta de dados, a análise e a interpretação deles. Os autores indicam que a justificativa relacionada ao componente "evidência" do argumento, baseando-se no modelo de Toulmin (2006), é uma afirmação que explica a importância e a relevância da evidência e que se relaciona a um conceito ou princípio específico do campo da ciência.

Segundo Ruiz-Primo, Li, Tsai e Schneider (2010), a evidência é obtida por meio de dados de investigações, e ela auxilia no suporte, na construção e na defesa de uma afirmação. Eles afirmam que Toulmin (2006) identificou *dados*^{T} como as declarações usadas como evidências para dar suporte a uma afirmação ou conclusão. Para os autores, a justificativa consiste em declarações que validam as afirmações, e ela mostra

por que os dados podem ser usados como uma evidência para dar suporte à afirmação, usando uma ligação conceitual ou teórica.

Depois da apresentação e das discussões sobre nossos referenciais teóricos, descreveremos nossa metodologia para a obtenção dos dados e discutiremos os dados obtidos.

Capítulo 2: Os dados e os resultados

No capítulo 2 discutiremos a composição dos nossos dados de pesquisa e parte dos resultados. Iniciamos com a retomada das questões-problema e dos objetivos desta pesquisa, de forma a justificar a escolha coerente da abordagem metodológica adotada para a obtenção dos dados. Depois da apresentação da metodologia e das técnicas de obtenção de dados, faremos a delimitação do caso de investigação. Para isso, faremos a caracterização da escola, da professora e dos alunos. Em seguida, apresentaremos os resultados e dados obtidos, os dados analisados e as discussões dos resultados e análises.

Problema de pesquisa

Nesta pesquisa, a investigação se coloca em dois grandes focos: de um lado, elegemos como uma questão-problema a articulação das intenções conceituais e metodológicas carcaterísticas da natureza das ciências biológicas com a abordagem dos principais obstáculos da construção histórica do conceito de seleção natural como mecanismo da

evolução biológica numa sequência didática baseada em investigação. De outro, nos propomos a investigar como é a utilização de *dados*^{T} como evidências da seleção natural na composição da estrutura argumentativa escrita de alunos de ensino médio durante a aplicação de uma Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação (SEEBI) para o ensino de evolução biológica (veja página 24).

O enfrentamento da primeira questão foi feito a partir de um aprofundamento teórico e da articulação dos vários enfoques e aspectos considerados relevantes.

O produto desse enfrentamento é apresentado como resultado desta pesquisa no item Características da Sequência Didática implementada: SEBBI (Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação (página 24).

Para responder à segunda questão de investigação, trabalhamos com situações de sala de aula em que se aplicavam atividades da sequência elaborada. Dessas situações, pretendemos analisar como é o uso de evidências e de conceitos da biologia evolutiva como apoio na construção argumentativa de alunos a partir do fornecimento de materiais de observação biológica, apostilas e apresentações em multimídia preparados, fornecidos e utilizados durante a aplicação de uma Sequência Didática de Biologia Baseada em Investigação orientada pelo professor para o ensino de Seleção Natural como mecanismo da Evolução das Espécies, que estamos denominando de SEBBI. Nesta pesquisa, esperamos compreender o desenvolvimento individual da argumentação escrita dos alunos quando aprendem a evolução biológica por investigação. Os aspectos que serão investigados são os tipos de garantias e apoios que os alunos utilizam no desenvolvimento dos argumentos escritos ao longo da aprendizagem por investigação, a possível relação entre os argumentos e a ação do professor, e entre os mesmos argumentos e os *dados*^{T} usados pelos alunos nas atividades práticas, além da utilização de evidências para argumentar sobre a evolução.

Este estudo utiliza um viés qualitativo para a análise da composição da argumentação escrita dos alunos da 3ª série do ensino médio ao longo as SEBBI, especialmente no uso que eles fazem das justificativas (garantias e apoios) baseadas em conceitos de biologia evolutiva como a seleção natural, e na utilização que fazem de *dados*^{T} como evidências da seleção natural. Além disso, usamos um viés quantitativo, para algumas análises, como a capacidade argumentativa desses alunos, a correlação entre o uso de *dados*^{T} e do apoio teórico estabelecido a partir do conhecimento biológico, a frequência de uso de

justificativas baseadas em conceitos de seleção natural e a correlação com o uso de evidências pelos alunos de uma das quatro classes de terceira série de ensino médio. Essas análises foram estabelecidas para se compreender a forma de estruturação dos argumentos escritos dos alunos e no percurso da SEBBI. Para obter os dados da pesquisa, utilizamos uma metodologia que será apresentada na próxima seção.

Metodologia para a obtenção dos dados

A partir da reflexão realizada por Greca (2002), optamos por fazer a escolha da metodologia a partir de uma abordagem integrada, da metodologia qualitativa e quantitativa. Assim, em função do referencial teórico desta pesquisa, escolhemos utilizar uma abordagem qualitativa para a obtenção e análise dos dados com um delineamento metodológico de integração de técnicas oriundas de ambas as metodologias. Com isso, esperamos obter tanto os dados que podem ser adquiridos com a abordagem quantitativa, quanto os dados que são oriundos tipicamente da metodologia qualitativa. Dessa maneira, espera-se uma superação das limitações de ambos, ao mesmo tempo que se obtêm informações mais amplas do fenômeno estudado.

A delimitação deste estudo envolveu vários aspectos: em primeiro lugar, tínhamos interesse em analisar uma situação de ensino-aprendizagem em aulas de biologia, em salas de aula, preferencialmente em escola pública, cujo professor de biologia aplicasse uma sequência didática baseada em aspectos estruturantes de investigação científica. Procurando entender as limitações e ampliações desse tipo de atividade, a implementação precisaria ser possível em sala de aula, permitindo, ao mesmo tempo, utilizar materiais de apoio de mídia com computador (com projetor do tipo "*datashow*", p.e.) e objetos de estudo de observação biológica como plantas. Em segundo lugar, precisávamos de atividades práticas e reflexivas, de atividades em grupo e individuais, que permitissem ao aluno experimentar a prática do discurso oral para a resolução da questão proposta, as atividades de observação biológica e de escrita em grupo e de apostilas individuais entregues pela professora, de forma que pudéssemos analisar a argumentação construída. Como se tratava de uma sequência didática com vários pontos conceituais utilizados como alicerces, decidimos realizar duas etapas, prévias à

obtenção de dados propriamente dita: a) Minicurso de formação de professores convidados para apresentação dos pontos metodológicos, conceituais e estruturais da sequência didática; b) Aplicação prévia da sequência numa escola, para validação da estrutura básica da sequência didática. Apresentaremos os principais aspectos dessas fases prévias à obtenção de dados de forma sintética, já que esse não é o foco da pesquisa.

a) Minicurso de formação de professores para a SEBBI

Assim que estabelecemos as bases desta pesquisa, elaboramos uma proposta de sequência didática que pudesse ser aplicada em aulas de ciências (com foco em biologia) ou em aulas de biologia do ensino médio. Entendemos que a fundamentação metodológica da sequência didática estava no ensino por investigação, e que os aspectos fundamentais dessa linha precisam ser compreendidos pelo professor antes que ela seja aplicada em sala de aula. Além disso, a sequência didática estava alicerçada na construção argumentativa de alunos e no uso de evidências da evolução biológica, elementos pouco presentes nos cursos de formação inicial dos professores de biologia/ciências. Como não acreditamos que uma sequência didática, por melhor que sejam os materiais apresentados, por si só, seja suficiente para que a aprendizagem em biologia e a alfabetização científica dos alunos aconteçam, pelo contrário, acreditamos que é fundamental a participação do professor na orientação e no estímulo para que os alunos possam aprender e desenvolver as competências relacionadas à alfabetização científica; por isso, idealizamos e organizamos esse minicurso, realizado em oito horas presenciais.

Portanto, a partir desse pressuposto, compartilhado por muitos pesquisadores do ensino de ciências, entendemos que, sem a formação do professor nessa área, não teríamos como fazer a nossa pesquisa, de implantar uma sequência didática em biologia sem que o professor que fosse utilizar compreendesse os motivos, a fundamentação e a arquitetura da SEBBI.

Além disso, precisávamos saber se um professor (em nosso caso, de escola pública estadual) se sentiria confortável, atraído e desafiado a tentar utilizar a proposta com seus alunos, numa situação real de ensino e aprendizagem.

Desse modo, o primeiro desafio foi conseguir professores dispostos a participar do minicurso para depois aplicar a SEBBI em suas classes, com o pressuposto de que haveria um pesquisador acompanhando todo o processo.

A partir da rede de e-mails de professores que participaram de cursos de formação como RedeFor (USP), de conhecidos na área de educação e de pesquisa, enviamos o convite para o minicurso que elaboramos.

Conseguimos a adesão de três professores, um homem e duas mulheres. Todos atuantes na rede pública, sendo dois em ensino fundamental II e uma no ensino médio. Como formação inicial, esses professores eram formados em ciências biológicas (uma na USP, um na Unesp e a outra numa faculdade particular do estado de São Paulo). Os três tinham mestrado, em diferentes áreas do ensino de ciências.

O minicurso foi estruturado para acontecer em duas tardes, nas dependências do Laboratório de Ensino de Biologia da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. Além dos encontros presenciais, tivemos troca de e-mails anteriores, com a apresentação da proposta, dos objetivos, dos conceitos envolvidos, dos materiais que seriam apresentados, enfim, antes das reuniões presenciais, várias informações foram apresentadas anteriormente à adesão dos professores ao minicurso. Os três professores participantes se mostraram inicialmente preocupados com a possibilidade de adequação ao nível de ensino e ao programa já estabelecido na escola. A partir da colocação das dificuldades, fizemos discussões e algumas adaptações na sequência, sem deixar de utilizar as bases estruturantes da SEBBI. Deixamos claro aos professores que a proposta de arquitetura da sequência de ensino de biologia contemplava a possibilidade de contextualizações, de diferentes usos de materiais e de tempo disponíveis, pois não pretende ser uma proposta fechada, ao contrário, almeja apresentar aos professores alguns alicerces que podem ser a base para outros materiais, outros temas da biologia.

O minicurso foi estabelecido em três módulos:

1º. O ensino por investigação, com ênfase em evidências para seleção natural e evolução.
2º. As bases da argumentação no ensino de ciências e sua importância;
3º. O conhecimento e a experimentação dos materiais didáticos (as apostilas e a proposta em si).

Como essa pesquisa não visa “testar” os materiais nem a sequência em si, mas sim analisar como é a interação dos alunos e professores numa “arquitetura” didática que favoreça a prática investigativa na aprendizagem, as solicitações de adaptações às necessidades de prazos e de espaços, bem como às características pessoais de cada um, foram atendidas prontamente pela pesquisadora.

Dos três professores, a professora que primeiro se dispôs a utilizar a SEBBI em suas aulas foi a que trabalhava numa escola estadual de ensino fundamental II, para alunos de sétimo ano (antiga sexta série). O principal motivo foi porque, na sua programação prévia (plano de ensino), estava previsto o ensino de evolução mais proximamente, no final do semestre. Nosso minicurso foi feito em maio e a aplicação seria, portanto, em junho do mesmo ano. Para a professora de ensino médio, a programação previa o ensino de evolução apenas na terceira série do ensino médio, no último bimestre, portanto, num prazo mais longo do que aquele que a professora do fundamental II estava disposta a aplicar. Para o professor, como ele estava em processo de mudança de escola, não sabia se poderia aplicar. Assim, dos três professores, fizemos a aplicação prévia da sequência com essa professora, de forma a validar a estrutura para a pesquisa propriamente dita.

Conforme já informamos, esses encontros de formação foram gravados, mas não foram utilizados como dados desta investigação, já que não fazem parte de nossa questão de pesquisa.

b) Aplicação prévia da sequência numa escola para validação da sequência didática

Preparamos a sequência didática para a aplicação numa escola estadual. Para conseguirmos aplicar a sequência, a professora responsável por duas turmas de sétimo ano (sexta-série) que fez o minicurso no mês de maio, discutiu o prazo de aplicação, as estratégias e algumas adaptações que julgou necessárias.

Em síntese, a professora solicitou que uma das atividades práticas, que teria imagens e sons de grilos (para a discussão de biodiversidade intraespecífica) fosse retirada. O motivo era o tempo disponível para o ensino do tema evolução biológica. Além dessa primeira alteração, outra solicitação foi com relação à parte teórica que seria discutida com os alunos. Foram reduzidas algumas discussões sobre a evolução biológica

conceitual, deixando apenas alguns pontos centrais. Por exemplo, Lamarck não seria abordado.

Fizemos as gravações em áudio e vídeo, mas, como isso não seria nosso objeto de estudo para essa investigação, mas apenas uma prévia, não fizemos uma análise completa desses dados. Utilizamos, para nossa consideração e análise, as percepções sobre as discussões com a professora, a participação da pesquisadora durante a sequência didática em todas as aulas, o fornecimento e utilização dos materiais pelos alunos e professora, a audição atenta da gravação e das respostas dos alunos para que fizéssemos uma reflexão sobre a viabilidade de aplicação e utilização da sequência para nossa pesquisa.

A aplicação da sequência para essa escola revelou pontos positivos e serviu para sanar alguns problemas para a nossa pesquisa posterior, seja nos materiais, nas abordagens, nos tempos ou na parte experimental.

Os alunos apresentaram surpreendente motivação ao receber os vasos com flores da aula de biodiversidade: queriam cuidar das plantas, ficar com elas, levar para casa, não deixá-las durante o horário do recreio. Outro ponto forte, conforme prevíamos, foi o envolvimento com a atividade, de grande interesse na formulação das hipóteses pelos grupos de alunos e da curiosidade para saber a conclusão da questão apresentada.

Entretanto, observamos que o tempo que a professora dedicou à sequência foi insuficiente, pois ela não tinha conseguido finalizar as discussões. Além disso, a aplicação nos últimos dias de aula do semestre causou problemas na continuidade das discussões. Depois da aplicação da SEBBI, conversamos e discutimos sobre a necessidade de mudanças na forma de disposição das flores nos vasos, no número de questões, na apresentação de algumas atividades. Pelo que soubemos, a professora continuou a aplicação no segundo semestre e, segundo seu relato, os alunos conseguiram construir as respostas argumentativas que a professora buscava. Entretanto, como essa aplicação não faz parte de nossa pesquisa como objeto de estudo, não faremos a apresentação desses dados.

O outro professor de fundamental II mudou-se e não tivemos mais contato.

Consideramos então que podíamos prosseguir no melhoramento do processo na construção da SEBBI e buscamos os entendimentos com a professora de ensino médio,

que também havia feito o minicurso, para prosseguirmos com o planejamento da sequência didática em suas classes no final do ano de 2011, o que realmente ocorreu a partir de setembro desse mesmo ano. Os detalhamentos desse processo e das estruturas serão descritas a seguir.

c) Obtenção dos dados

Para estudarmos o processo de construção de argumentos dos alunos durante a aplicação da SEBBI, utilizamos uma abordagem qualitativa para a obtenção dos dados, de forma a entender o aluno em seu espaço e dentro de sua individualidade e de sua interação com os materiais apresentados, com seus colegas, com seu professor e com sua própria escrita (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Além disso, procuramos integrar uma abordagem quantitativa, procurando obter dados para uma análise matemática e estatística para a produção argumentativa dos alunos, em termos de número de componentes presentes, de tipos de componentes utilizados, procurando estabelecer uma matriz de correlação entre os elementos que foram utilizados durante a aplicação da sequência didática e sua frequência na produção dos argumentos finais, analisando a variação no uso de justificativas e evidências. Para isso, foram utilizadas técnicas específicas para ambas as abordagens e serão apresentadas a seguir.

Técnicas utilizadas para a obtenção dos dados

Para a abordagem qualitativa, utilizamos metodologias que privilegiassem a compreensão dos alunos em seu espaço, sua individualidade e sua interação com os materiais, com seus colegas e sua professora. Empregamos o denominado *design*[18] experimental nesta pesquisa, com o objetivo de destacar as relações entre os diferentes aspectos do processo e considerando o papel da hipótese formulada pelo pesquisador, evitando-se o viés positivista, pois não há grupo controle, controle de variáveis ou grandes amostras para os dados (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Decidimos utilizar o *design* experimental para esta pesquisa uma vez que, segundo McNeill (2011), esse tipo de

[18] Design: termo em inglês para desenho ou delineamento.

metodologia é importante para entender como e por que algumas práticas educacionais funcionam no contexto da aula. Nesse tipo de metodologia, que não utiliza grupo controle, utilizam-se múltiplos tipos de dados e um planejamento flexível. Pretende-se, com esse tipo de abordagem metodológica, desenvolver uma rica caracterização tanto do desenvolvimento do ensino quanto da aprendizagem dos estudantes. Nem todas as variáveis são conhecidas nessa visão e considera-se a complexa relação entre elas, o que requer procedimentos flexíveis e que envolvam todo o estudo (McNEILL, 2011). Assim, nessa metodologia de caráter qualitativo, mantivemos o ambiente natural do aluno, o seu próprio professor, com dados predominantemente descritivos, e tivemos o foco no processo. Em nosso caso, a questão está proposta na cena investigada, participando dela.

Ainda inseridos na visão qualitativa, de forma a compreender como os estudantes modificaram o uso de elementos de argumentação durante toda a sequência didática, utilizamos a) gravação em áudio das aulas, b) anotações e registros feitos pela pesquisadora sobre as características das participações dos alunos e professor durante toda a sequência e c) elaboração e aplicação de apostilas utilizadas pelos alunos em sala de aula durante a aplicação da sequência pela professora.

Para a visão quantitativa, utilizamos ferramentas i) de softwares como Excel e ii) análise estatística dos resultados pelo programa *Statistica* (StatSoft, 2013). Foram feitas análises de variância (para testar se existia variação significativa entre blocos de dados). Para decidir sobre o algoritmo empregado para a análise de variância (*i.e.*, paramétrica ou não), foi feito um teste de normalidade, pelo algoritmo de Kolmogorov-Smirnov. Como nenhuma das amostras analisadas apresentou distribuição normal, todas as análises de variância foram feitas com o algoritmo de Pearson, não-paramétrico. Para testar o nível de correlação entre duas variáveis, foi usado o algoritmo de Wilcoxon para amostras pareadas, também não-paramétrico. Para essas análises fizemos uma matriz de correlação: as questões que respondemos foram sobre a correlação entre as mudanças da capacidade argumentativa do aluno ao longo da sequência, sobre a correlação entre o uso de $dados^T$ e o estabelecimento das evidências da seleção natural, sobre o volume argumentativo dos alunos, além de análise sobre o uso de justificativas do conhecimento biológico na construção do argumento para uma das classes de 3ª série do ensino médio. Analisamos também o obstáculo conceitual na elaboração do argumento dos alunos.

Qual o obstáculo que vai interferir na validade do argumento? Quais os elementos que foram importantes no argumento final?

Todos os dados foram obtidos pela pesquisadora entre os meses de setembro a novembro de 2011. A própria pesquisadora gravou todas as aulas da aplicação da sequência e fez um caderno de registro após as aulas. As apostilas que desenvolvemos para os alunos foram levadas para a sala de aula e entregues para os alunos, com a ajuda da pesquisadora. Durante os trabalhos em grupo dos alunos, a própria pesquisadora, com o auxílio da professora, distribuiu alguns gravadores nos grupos na tentativa de registrar as interações orais dos alunos durante as discussões para a elaboração das respostas. Um gravador sempre ficou com a professora, como forma de captar suas intervenções e interlocução com os alunos durante as aulas.

A produção das apostilas, dos materiais de observação biológica (levamos vasos de flores para as aulas de biodiversidade), as apresentações feitas em software PowerPoint foram desenvolvidas por nós, para a composição da pesquisa. Para a construção da SEBBI, elementos específicos do ensino e aprendizagem por investigação foram utilizados, bem como se utilizaram materiais para a observação biológica, dados fornecidos em meio multimídia característicos da área da biologia evolutiva.

Antes de iniciarmos a pesquisa na escola e com a professora, fizemos a solicitação de permissão de pesquisa junto à diretoria da escola. Além disso, os alunos também receberam orientações, por escrito, sobre o que seria feito na sala. Para todos os 125 alunos, recolhemos as autorizações por escrito. Os maiores de idade assinaram e os menores levaram aos seus responsáveis. As autorizações estão todas com a pesquisadora e os modelos estão no anexo 12.

A seguir, dentro da abordagem qualitativa de nossa pesquisa, faremos a delimitação do caso.

a) A escola

A escola em que foi aplicada a sequência didática é uma escola estadual em que funciona apenas o ensino médio. Localizada no bairro do Morumbi, é considerada modelo pelos professores e diretores com quem conversamos.

Atende a jovens da periferia que muitas vezes vêm de outros bairros para poder estudar no local.

A pesquisa foi realizada com alunos da 3ª série do ensino médio, no período noturno. Segundo a professora, a vice-diretora do local e os próprios alunos, a quase totalidade dos alunos que estuda nessa escola à noite trabalha durante o dia. Um levantamento prévio das profissões desses alunos mostrou que vários trabalham no setor de serviços (secretárias, ajudantes de vendas em floriculturas, lojas de roupas, confeitaria, etc). Dois deles estavam sendo contratados como jogadores de futebol. Poucos trabalhavam em indústria e poucos estavam sem trabalhar. As aulas no período noturno inciam-se às 19h10 e terminam às 22h30. Entretanto, como na semana em que iniciamos a pesquisa começaram a servir "jantar" antes das aulas, a entrada foi atrasada em 15 minutos, de forma que os alunos pudessem se alimentar antes das aulas.

A escola, no período noturno, estava limpa e organizada. Os professores, reunidos na sala dos professores, recebem um lanche da cantina da escola. Daqueles com quem conversei, do período noturno, todos eram concursados e efetivos naquela escola. Vários trabalhavam na escola havia muito tempo.

As aulas foram ministradas pela professora, numa sala denominada "multimídia", apresentada abaixo, na figura 2. Notam-se ali um espaço amplo, televisão de tela plana à disposição dos professores e uma grande tela para projeção de imagens. Essa sala fica ao lado do pátio da escola, podendo ser utilizada por diferentes componentes curriculares durante o ano letivo, desde que se faça a reserva previamente, o que aconteceu no caso de nossa pesquisa. A própria professora reservou depois da pesquisa ser autorizada pela diretoria-geral pedagógica da escola.

Figura 2: Fotografia da sala multimídia onde as aulas da SEBBI foram dadas.

Nessa sala, com várias carteiras do tipo "universitária", de um braço só, há uma estrutura para receber vários tipos de atividades previamente agendadas pelos professores. Na sala há um palco, televisão de 42 polegadas LCD, tela para projeção de imagem de data-show, um data-show e computador do tipo laptop. A disposição das carteiras com relação à dos equipamentos está apresentada na figura 3.

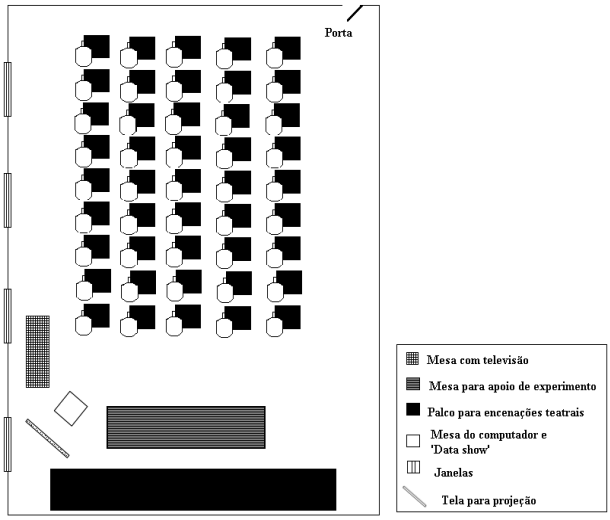


Figura 3: Desenho esquemático da sala multimídia onde foram dadas as aulas da SEBBI

Os alunos trabalharam em grupos para elaborar as hipóteses, para analisar os dados, para discutir as questões, como mostra a Figura 4, abaixo:

Figura 4: aula na escola estadual, durante a aplicação da SEBBI para formulação das hipóteses dos grupos. Ao fundo, a projeção da questão-problema.

b) A professora

A professora é concursada no estado e já tem tempo de serviço suficiente para aposentadoria. É formada em ciências biológicas em uma faculdade particular de São Paulo e tem mestrado em ensino de ciências pela Unesp. Trabalha no período noturno nessa mesma escola há mais de quinze anos como professora de biologia e também leciona biologia, no período da manhã, em outro colégio, da rede particular de ensino. Para aplicar a sequência didática proposta nessa pesquisa, participou do minicurso de formação no mês de junho de 2011.

Conforme descrito anteriormente, fizemos a divulgação do minicurso para muitos professores e por meio de outros professores conhecidos. Essa professora, conhecida da pesquisadora por causa de outros trabalhos realizados em escola, soube da pesquisa, da proposta do minicurso e se interessou.

Assim, a professora selecionada para esta pesquisa conheceu a proposta da sequência didática e, por seu interesse e após o minicurso de treinamento dos pressupostos básicos, resolveu utilizar a sequência para o ensino de evolução biológica, que fazia parte de sua proposta curricular para o segundo semestre de 2011. Conforme descrevemos, o minicurso durou oito horas presenciais e foi elaborado por nós, baseando-se nos eixos da sequência didática por investigação, com os pressupostos conceituais e metodológicos discutidos e orientados para os professores. Para as discussões à distância, utilizamos ferramentas baseadas em web-mail e "skype", software gratuito para comunicação oral.

c) Os alunos

Os alunos são da 3ª série do ensino médio. Foram quatro classes. Cada classe é bem numerosa (57, 47, 50 e 48 alunos). Entretanto, os alunos faltam bastante e o número total de alunos que participaram de todas as aulas da sequência foi de 152. A quase totalidade trabalha no período diurno e vem para a escola direto, depois do serviço. A grande maioria tem mais de 18 anos, mas a idade média não passa dos 20.

Antes do início da pesquisa, a professora conversou com a turma sobre a pesquisa e informou qual conteúdo seria tratado. Vários alunos conheciam a Universidade de São Paulo e demonstraram entusiamo desde o início da pesquisa, segundo relatou a professora. Conforme apresentado anteriormente, antes de iniciarmos, enviamos um documento com a breve descrição das atividades e a solicitação de autorização aos alunos (ou aos responsáveis, caso fossem menores de idade) para a participação nesta pesquisa, bem como do uso de imagem.

Dados e resultados

A elaboração da SEBBI é um dos nossos resultados. Apresentaremos, a seguir, como fizemos a articulação dos referenciais teóricos e dos elementos estruturantes para a

obtenção de nossos dados. O outro tipo de dado importante que será analisado é a produção escrita dos alunos durante toda a SEBBI: essas produções escritas nas apostilas entregues foram coletadas, digitalizadas e também serão analisadas. Iniciamos com a descrição para a obtenção da SEBBI.

Critérios para a construção: características da sequência didática implementada: SEBBI (Sequência de Ensino de Biologia Baseada em Investigação)

Para começarmos a estruturar a nossa sequência, utilizamos uma revisão sobre as sequências didáticas avaliadas nas bases de dados denominados "ERIC" e "Scielo", apresentada por Nascimento, Guimarães e El-Hani (2009). Os resultados dessa revisão revelaram que a maioria das pesquisas com sequências didáticas não apresentou os resultados obtidos e não aborda uma descrição detalhada da metodologia usada tanto na construção quanto na avaliação de sua aplicação. Os resultados apresentam apenas as vantagens e raramente os problemas encontrados em sua aplicação. Além disso, poucas pesquisas com sequência didática fizeram a "triangulação" de resultados, indo além da avaliação do pesquisador, da própria professora e dos alunos. Em nosso caso, como não estamos fazendo uma pesquisa para avaliar a aplicação de uma sequência didática, mas sim para obtê-la, como um resultado, a partir de uma questão-problema – que a alicerça na matriz investigativa de Darwin de forma articulada com os obstáculos conceituais e metodológicos –, consideramos que seria importante apresentar nossas ferramentas para a construção da SEBBI, como a forma que utilizamos para a obtenção de um de nossos resultados.

Para a construção da arquitetura da SEBBI, fizemos uma extensa pesquisa bibliográfica para a sustentação teórica que justificasse tanto a construção de seus alicerces como as escolhas metodológicas que fizemos. Consideramos que os aspectos estruturantes da SEBBI, isto é, a arquitetura da sequência, que é alicerçada em pressupostos específicos, torna-se um dos dados de análise. Ou seja, a proposta de sequência didática de ensino de biologia baseada em investigação é um dos dados obtidos que serão analisados como resultado nas seções subsequentes.

Nossa proposta foi construir uma arquitetura básica, para o ensino de qualquer conteúdo ou conceito biológico, que denominamos SEBBI. Para essa pesquisa, o conceito teórico biológico de foco de investigação é o mecanismo da seleção natural na evolução

biológica. Por isso, não consideramos a SEBBI propriamente uma “sequência” apenas, mas a estrutura básica para o ensino de conceitos biológicos diversos. Ela baseia-se em dois eixos estruturantes: a) o ensino por investigação (cujos pressupostos teóricos foram discutidos no capítulo 1 e b) a utilização de etapas específicas do percurso básico de construção histórica do conceito, como o uso da questão central do problema e na abordagem das evidências apresentadas pelo pesquisador de origem (em nosso caso, Darwin);

Assim, a construção de nossa sequência didática integra dois eixos centrais: o primeiro eixo é a educação científica baseada em investigação alinhavada no segundo eixo, que contempla algumas etapas específicas da construção de Darwin para a construção do conceito de seleção natural, obtidos na narrativa histórica da “Origem das Espécies”.

As características da construção histórica da Teoria da Evolução Biológica foram incorporadas às bases do ensino e aprendizagem por investigação, para que a sequência pudesse ser montada. Para apresentarmos esses dois pontos integrados, dividimos nossa apresentação sobre esses eixos em duas partes, a seguir: caracterização do ensino baseado em investigação; e fundamentação da sequência na construção do conhecimento biológico.

a) o ensino e aprendizagem por investigação:

Conforme apresentamos no capítulo 1 a respeito do ensino e aprendizagem por investigação, uma maneira importante para se incentivar o desenvolvimento do raciocínio científico pelos estudantes é possibilitar que eles estejam envolvidos em atividades de investigação, como de condução de experimentos (CHINN; MALHORTRA, 2002). Nossa premissa era então criar uma atividade de investigação com experimentação em evolução biológica, especificamente a seleção natural. Para isso, nossas pesquisas basearam-se em buscar, dentro da biologia, experimentações que pudessem ser reproduzidas no contexto da biologia escolar, mantendo aspectos específicos e similares aos da biologia evolutiva. Assim como Chinn e Malhorta (2002), acreditamos que, apesar de as questões utilizadas na educação científica envolverem processos qualitativamente diferentes daqueles usados na investigação científica real, aproximações nesse sentido podem permitir a apropriação de práticas epistêmicas características.

Para isso, buscamos as atividades práticas que pudessem ser utilizadas como forma de investigação biológica baseada em observação, comparação e experimentação, dando a fundamentação para a formação conceitual e procedimental na área de aprendizagem de evolução biológica.

Os autores Chin e Malhorta (op. cit.) discutem o fato de que muitas das questões de investigação colocadas nas escolas não refletem os atributos centrais do raciocínio científico. Assim, como forma de aumentar as chances de inspirar nos jovens alunos o raciocínio científico, a questão central desenvolvida na sequência didática proposta procurou ser inspirada nas próprias questões de Darwin, pelo resgate histórico, adaptando-se as questões complementares ao contexto atual.

A estrutura investigativa da sequência didática conta com algumas questões centrais de investigação, que os alunos devem realizar. Como dissemos acima, nossas questões de investigação tiveram inspiração inicial na história da construção do conceito biológico correspondente, isto é, no mecanismo da evolução das espécies. Nesse sentido, nossa investigação pode ser considerada mais "guiada", uma vez que já possui uma resposta (Apedoe, 2007). Esse tipo de questão foi inserida de forma a motivar nos alunos a elaboração de hipóteses explicativas. A partir de uma hipótese explicativa, o professor pode conhecer as explicações que os alunos utilizam para dar sustentação às observações do mundo natural. Além disso, a apresentação de questões desse tipo permite aos estudantes uma comparação entre possíveis explicações para os mesmos dados. Espera-se que utilizem as explicações científicas como suporte das evidências, uma vez que são mais consistentes do que as explicações anteriores, que não conseguem justificar plenamente os dados obtidos. Um conflito entre as possíveis explicações é desejável, e a escolha não deve ser pelo discurso de autoridade da ciência, mas pela satisfação que uma explicação bem estruturada pode trazer como garantia de um argumento.

Para as questões específicas, presentes ao longo da sequência, elaboramos questões mais abertas, uma vez que as respostas possíveis podem ser obtidas pelos alunos por diferentes observações ou linhas de raciocínio lógico.

Uma opção nossa na criação da sequência didática foi a de incorporar a prática argumentativa como um objetivo a ser alcançado pelos alunos, mas sem o ensino formal da estrutura argumentativa. A melhor opção, diante das características e possibilidades

de que professores da rede de ensino pudessem utilizá-la, ainda que não soubessem formalmente como era uma estrutura argumentativa, foi a de desenhar uma estrutura na qual a competência argumentativa estivesse na base da cultura da aula e das atividades propostas Em nosso caso, a arquitetura privilegiava a obtenção de *dados*^{T} pelos alunos, a tentativa de explicação na construção de hipóteses, a apresentação às teorias e conceitos da ciência e, por último, a construção de argumentos para responder às questões de investigação propostas pelo professor.

Para isso, as questões desenvolvidas na sequência e apresentadas aos estudantes são alicerçadas na apresentação de *dados*^{T} fornecidos pelo professor e obtidos pelos alunos por meio de observação e comparação. Essa é uma maneira de motivar os estudantes a avaliar as possibilidades de interpretações dos *dados*^{T} a partir das teorias apresentadas pelos professores. Isso permite uma aproximação com características específicas de autêntico raciocínio científico (APEDOE, 2007; BLANCHARD; SOUTHERLAND; OSBORNE; SAMPSON; ANNETA; GRANGER, 2012). Uma forma de desenvolver a sequência é fazer várias questões híbridas, que forneçam questões cujos *dados*^{T} sejam provenientes de experimentos, base de *dados*^{T}, *dados*^{T} de internet, observados em espaços controlados ou fornecidos pelos professores.

A nossa estratégia para a elaboração da proposta de ensino e aprendizagem é ancorada numa sequência baseada em “desenvolvimento de pesquisa guiada ou orientada”.

O foco nesses pontos ajuda a envolver os estudantes na construção do conhecimento trazendo atividades próximas ao que pode ser considerado como um tratamento científico dos problemas (APEDOE, 2007). Esse processo deve ter um balanço entre a liberdade dos estudantes de construir suas próprias ideias e o guia necessário para que eles façam progressos no processo de construção ou acomodem seu conhecimento nos patamares que eles própios possam compreender. A nossa proposta de orientação da SEBBI prevê a atuação do professor providenciando aos alunos: a) a informação aos estudantes, em qualquer ponto do processo de ensino-aprendizagem, dos objetivos do que eles estão fazendo, de forma que as atividades tenham sentido para eles; b) o direcionamento dos estudantes no uso de procedimentos, ajudando-os a tornarem-se familiares com a argumentação científica (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, RODRIGUES e DUSCHL, 2000). O professor deve ser o responsável na apresentação do problema e não apenas na “transmissão” do conhecimento.

O “guia de desenvolvimento de pesquisa” é uma forma de orientar os trabalhos dos estudantes nas atividades. Durante as aulas, o professor tem diferentes papéis: na supervisão dos grupos, deixando que eles discutam e clareiem, por eles próprios, suas idieias; na iniciativa de discussão e reformulação de informações relevantes das atividades e experimentos; na motivação dos alunos, etc. Nesse processo, os estudantes precisam propor hipóteses bem fundamentadas e justificar a abordagem que os levam em direção a uma teoria explicativa específica.

Uma das formas de se conduzir uma aprendizagem por investigação na área das ciências biológicas, que depende de observação de desenvolvimento biológico e processos muito longos, é produzir sequências didáticas em que os estudantes se envolvam com técnicas de investigação baseadas em observação e comparação (SMITH; REISER, 2005). Essa abordagem foi utilizada na construção da SEBBI, uma vez que nossa proposta é de trazer elementos de investigação característicos da biologia.

A SEBBI construída incorpora importantes aspectos do ensino por investigação, e considera que a aprendizagem por descoberta envolve o suporte do professor (WILSON; TAYLOR; KOWALSKY; CARLSON, 2010), no nível 2, conforme tabela apresentada no capítulo 1. Segundo Wilson, Taylor, Kowalsky e Carlson (2010), o modelo do ensino por investigação é baseado na teoria construtivista de aprendizagem, que providencia suporte para o ensino de maneira que se promova uma investigação para que se provoque aprendizagem.

Cada um dos cinco eixos do ensino por investigação considerados pelo NRC (2000) está presente na SEBBI, uma vez que em nossa proposta: a) os alunos devem se envolver em questões orientadas cientificamente; para isso, trouxemos questões tanto de Darwin sobre a “origem das espécies” quanto de experimentos atuais no tema; b) os estudantes devem dar prioridade às evidências que possam levá-los a desenvolver e avaliar explicações para as questões científicas; isso é feito por meio de estímulos para a elaboração de previsões e hipóteses, registro de observações e comparações com as explicações, para o que construímos questões que incentivam o uso de evidências para articulação com explicações validadas pela comunidade científica; c) os estudantes devem formular explicações a partir das evidências que se referem às questões orientadas cientificamente, o que pode ser feito pelos alunos quando usam os seus registros de observações e quando desenvolvem as explicações baseados em dados; para

isso, elaboramos propostas de questões que incentivem o uso de explicações para as evidências, especialmente aquelas relacionadas com o conhecimento científico; d) os alunos devem avaliar suas explicações à luz de explicações alternativas, particularmente àquelas que refletem o entendimento científico; isso ocorre quando os alunos fazem novas previsões e hipóteses, tentam novas explicações alternativas e comparam suas próprias explicações com explicações científicas; e e) os estudantes deverm dar ênfase à comunicação de suas conclusões para as questões propostas com o uso de justificativas, dados e afirmações, articuladas num argumento; deve-se assim promover a comunicação dos alunos sobre suas respostas, justificando suas propostas explicativas, o que ocorre quando eles expõem suas soluções dos problemas aos outros, ouvem as explicações de outros de forma crítica, questionam outras explicações, checam o entendimento através de seus pares e constroem argumentação científica.

Foram esses pontos que fundamentaram a estrutura investigativa da SEBBI. A seguir, apresentaremos o eixo de composição a partir de etapas específicas do percurso básico de construção histórica do conceito, como o uso da questão central do problema e a abordagem das evidências apresentadas pelo pesquisador de origem (em nosso caso, Darwin).

b) A fundamentação da sequência na narrativa histórica: o percurso de construção do conhecimento biológico

Entendemos que a educação científica com foco na alfabetização científica deve ser uma mistura de aprendizagem de conteúdos de ciências, aprendizagem sobre a ciência e de fazer ciência (HODSON, 1993). Na visão de muitos professores de biologia, a atividade prática de biologia – isto é, a parte experimental biológica ou, como os americanos a denominam, "doing biology", algo como "fazer biologia" – é fundamental porque isso pode ampliar a compreensão dos conhecimentos conceituais e procedimentais da biologia. Segundo Hodson (1993), a investigação nas aulas de ciências deve ressaltar o raciocínio, que deve existir ao lado da obtenção de dados, do fazer experimentos, enfatizando assim a importância do conhecimento procedimental e conceitual da ciência básica, bem como a relevância do fazer ao lado do raciocínio, com referência à importância da parte procedimental da investigação, destacando, ainda, como o conhecimento científico é formado.

Na SEBBI, a parte de procedimentos propostos da investigação com ênfase na evolução biológica prevê o uso de evidências de forma a dar sustentação e validade às conclusões da questão-problema proposta (GOTT *et al*, 2003), tornando as afirmações construídas mais confiáveis pelos estudantes. Assim, o uso de evidências pode ser utilizado como ferramenta para melhorar a qualidade das investigações realizadas, e é nisso que a SEBBI se baseou: no uso de evidências da seleção natural para a composição da conclusão dos alunos sobre a origem da biodiversidade.

Entretanto, pode-se perguntar como conseguir evidências da seleção natural e apresentá-las nas aulas de biologia como dados de observação e comparação. Para isso, buscamos os elementos apresentados pelo pesquisador da evolução biológica, o próprio Darwin.

Entre os professores de ciências é comum que se admita a importância da história da ciência no ensino-aprendizagem das ciências da natureza (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FERNANDEZ PEREZ, 1987). Apesar disso, geralmente a história das ciências está ausente dos programas. Existem diversas formas de se conectar a história da ciência e o ensino de ciências. Uma delas é ordenar as partes de uma sequência didática segundo o desenvolvimento histórico dos acontecimentos, buscando os elementos centrais de construção da própria narrativa do pesquisador. Essa é a abordagem utilizada na SEBBI.

Nossa escolha metodológica baseou-se numa forma específica de utilização da história da ciência: a partir da análise de como ocorreu a mudança conceitual de alguns conhecimentos da área das ciências naturais, nesse caso, da história da biologia evolutiva. Com o reconhecimento de como os conceitos biológicos foram sendo construídos pelos cientistas, com ênfase na identificação das questões norteadoras dos trabalhos dos cientistas para as grandes questões biológicas, a educação científica pôde utilizar essas informações não apenas como textos para discussões, mas como vivências para os alunos também poderem construir seus conceitos a partir de evidências reais da investigação em questão. Para essa investigação, foi importante analisar e reconhecer as grandes questões de Darwin, de forma a incluir alguns episódios metodológicos de investigação como um dos eixos estruturantes. Esse tipo de abordagem permite que os alunos se aproximem da natureza da ciência pela vivência de suas questões de investigação, pelo reconhecimento da validade de hipóteses, pela prática de testes empíricos e pela construção de argumentação consistente.

Essa visão é coerente com a aproximação que fizemos de uma das abordagens possíveis da história da ciência no ensino, apresentadas por Prestes e Caldeira (2009). Elas apontam, a partir dos artigos de Duschl e Mathews, que há duas propostas recentes de inclusão da história da ciência na educação científica. A proposta mais utilizada atualmente pelos educadores é denominada “abordagem inclusiva” e consiste em introduzir episódios específicos da história da ciência em um currículo de ciências padrão. Esta parece ter maior espaço do que a “abordagem integrada”, em que o currículo de ciências seria todo composto pela perspectiva histórica, como um eixo estruturante. Nesse caso, segundo Mattheus (1994, p. 70) apud Prestes (2009), cada conceito das ciências seria trabalhado segundo suas origens e transformações. A abordagem inclusiva permite ao professor compor seu planejamento de forma mais autônoma, sem obrigar-lhe a utilizar para todos os conceitos científicos a abordagem histórica. O fato de grande parte dos textos primários não ter sido ainda analisada pelos historiadores da ciência, impede que o professor possa utilizar a história da ciência com autonomia em todos os conceitos científicos de seu curso, e esse tipo de abordagem, a inclusiva, permite que os professores possam utilizar determinados conceitos apenas com maior liberdade. Caso a abordagem integrada fosse uma “obrigação”, acreditamos que seria ampliada a possibilidade de fazer uso de “pseudo-história” (ALLCHIN, 2004). Segundo esse autor, um educador pode estar fazendo “pseudo-história” quando usa fatos

históricos de forma selecionada, com simplificações errôneas do contexto histórico e social, utilizando imagens que distorcem a natureza da ciência. Portanto, essa é uma das razões pelas quais não consideramos a abordagem integrada para a SEBBI, mas uma proposta mais integradora.

De qualquer forma, a inclusão da história da ciência na educação científica pode promover nos alunos a compreensão de certos aspectos da natureza da ciência (ALLCHIN, 2010). Ao apresentar a prática científica, Allchin (op. cit.) relaciona algumas características dessa atividade como: tentativas de responder a questões de investigação, a presença de criatividade na atividade dos cientistas, a prática social de construção do conhecimento, entre outros aspectos. Allchin (2010) discute a importância da história da ciência no ensino como forma de alfabetização científica, de maneira que os estudantes possam se aproximar da prática da ciência a partir da realização das atividades que os cientistas realizam, utilizando o raciocínio para relacionar evidências e analisar gráficos obtidos a partir de *dados*^{T}, interpretando erros estatísticos, publicando em jornais suas conclusões e apresentando-as ao público escolar e da comunidade.

Nossa proposta da SEBBI baseia-se na possibilidade de que os estudantes vivenciem alguns casos históricos da ciência, como a construção da teoria da seleção natural, de forma a permitir que os jovens experimentem as mudanças conceituais, os problemas de interpretação de *dados*^{T} e evidências e a construção de argumentos ao adotarem a posição de um determinado cientista dentro de seu contexto histórico, tentando assim resolver um problema similar que gerou a mudança conceitual de sua época.

Foi nossa intenção considerar, na SEBBI, a utilização de uma abordagem mais inclusiva da história da ciência no ensino, de maneira a promover a alfabetização científica dos alunos por meio de vivência na resolução de problemas (questões) que Darwin explorou, fazendo-os experimentar alguns aspectos fundamentais do reconhecimento de evidências a partir da obtenção e análise de *dados*^{T}, para motivar e promover a construção do conhecimento e, eventualmente, uma mudança conceitual com relação aos mecanismos da evolução biológica. Claro que esse momento de vivência pelo aluno guardaria as devidas adaptações de contexto histórico e social, além de transposição didática para os materiais e linguagem atuais.

Assim, nossa sequência didática foi ordenada segundo a narrativa do livro de Darwin (2010) “A origem das Espécies”. Não tivemos a pretensão de utilizar todas as partes ou sequer todos os episódios, mas aqueles que entendemos como significativos do ponto de vista do argumento a que Darwin se refere: as evidências que ele encontrou para construir seu grande argumento: a seleção natural como mecanismo de evolução.

Para dar sustentação à sequência, utilizaremos a mesma observação feita por Darwin sobre os animais domésticos. Consta na introdução:

> *“É, pois, da mais alta relevância, esclarecer quais são os meios de modificação e de coadaptação. De início pareceu-me provável que o exame atento de animais domésticos e das plantas cultivadas ofereceria o campo mais propício a estudos que elucidassem tão obscuro problema... Reconheci... que nossos conhecimentos sobre as variações no estado doméstico fornecem sempre a explicação mais simples e menos passível de erro. Esses estudos fizeram-me dedicar o primeiro capítulo desta obra ao estudo das variações no estado doméstico;”*
>
> (DARWIN, 2010 [1859], p. 20)

Portanto, a estrutura da sequência foi feita de forma a incorporar os *dados*^{T} e evidências relevantes que Darwin descreveu para a construção de seu grande argumento. Além disso, incluímos a apresentação da questão-problema norteadora de Darwin.

A sequência didática SEBBI: dados obtidos, análise e resultado.

Nesta seção trataremos dos nossos primeiros tipos de dados, que surgiram a partir da aplicação dos conceitos já apresentados sobre o ensino por investigação e da aproximação da estrutura com alguns eixos da narrativa histórica descrita no livro de Darwin “A origem das espécies”. A seguir,

As intenções da SEBBI – Estrutura de construção da SEBBI

Como elementos estruturantes da SEBBI (figura 5), estão as intenções conceituais, metodológicas e da natureza do conhecimento biológico, que são alicerces da sequência

didática:

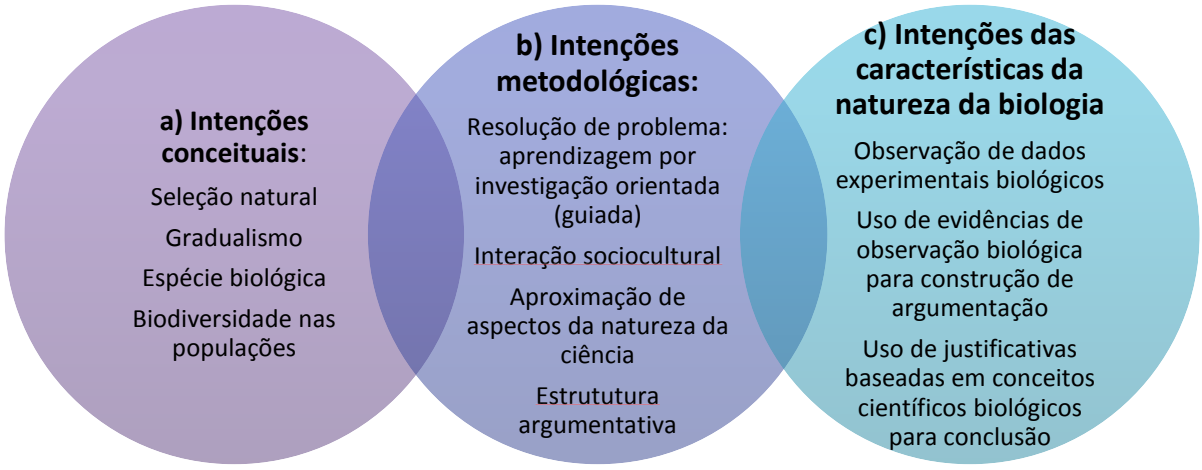


Figura 5: Intenções da SEBBI construída

a) **Intenções conceituais**: A SEBBI construída para esta pesquisa possui algumas intenções conceituais importantes para a compreensão do mecanismo de evolução biológica. Conforme apresentamos no capítulo 1, consideramos que há conceitos centrais que estruturam a teoria darwinista, e a incompreensão de um desses conceitos prejudica o entendimento da teoria biológica da evolução (FERRARI; CHI apud SEPÚLVEDA; EL-HANI; REIS, 2009; MAYR, 2005; DAWKINS, 2009). Das cinco teorias e conceitos que compõem a Teoria da Evolução Biológica (Mayr, 2005), o nosso foco foi a seleção natural como mecanismo da evolução biológica. Entretanto, consideramos que conceito de biopopulação ou pensamento populacional é o "disparador" da compreensão do mecanismo de seleção natural e adaptação. Sem esse conceito, dificilmente é possível compreender o mecanismo de seleção natural. Assim, a construção da SEBBI ressaltou esses três componentes conceituais, sem deixar de abordar os outros dois temas conceituais, o ancestral comum e descendência e o gradualismo, que foram tratados ao longo do processo. Para as intenções conceituais, consideramos alguns obstáculos que atuam dificultando a construção dos conceitos. O obstáculo conceitual que deve ser superado para a formação do conceito de biopopulação é o essencialismo (tipologia). Como já abordamos anteriormente, a variação dentro da população é a regra e não a ideia

de “um perfeito e seus desvios”, isto é, considera-se, na tipologia, que os membros de cada classe são idênticos, constantes e claramente separados dos participantes de qualquer outra essência. Portanto, nesse conceito, a variação é inessencial e acidental. O pensamento tipológico é incapaz de acomodar a variação. A Teoria da Evolução de Darwin rejeitou o pensamento tipológico e construiu o conceito do pensamento populacional. Consideramos que, para se entender o conceito de biopopulação, deve-se compreender o conceito de espécie e as discussões que há em torno desse termo. Além da tipologia, outro obstáculo para a compreensão da evolução biológica propriamente dita e da seleção natural é o conceito de teleologia cósmica como uma causa finalista de origem sobrenatural ou determinismo no mundo orgânico. Esse obstáculo foi abordado nas intenções conceituais. Compreender o conceito de gradualismo como forma de aquisição de mudanças evolutivas lentas é importante para a visão da formação da biodiversidade na história da Terra, sendo que o obstáculo, nesse caso, é a questão do tempo geológico, que é um conceito tão distante para o tempo de vida das pessoas que se torna um fator de dificuldade para a construção da ideia da evolução biológica lenta. Assim, dentro das intenções conceituais da SEBBI, trabalhamos com o foco na superação de obstáculos conceituais específicos citados anteriormente.

b) **As intenções metodológicas**: consideramos que a SEBBI elaborada tem algumas intenções metodológicas claras, focadas em alguns procedimentos específicos da natureza da ciência e ligados ao ensino por investigação, que tratamos em nossos referenciais teóricos. Segundo Kuhn (2005), o ensino por investigação aproxima-se da natureza da ciência, e os alunos que conseguirem resolver as questões de investigação poderão então se apropriar de habilidades específicas para contribuir com sua alfabetização científica. Consideramos que os alunos devem se apropriar de algumas práticas específicas da ciência, como a resolução de um problema, chegando a uma conclusão a partir de uma metodologia científica. Outra prática metodológica importante da investigação científica é a colaboração entre os pares para a construção das conclusões do problema. A utilização de uma estrutura argumentativa para a resolução dos problemas é outra competência específica desejável numa investigação, além da utilização de elementos específicos da natureza das ciências como a linguagem e

as regras de práticas de investigação. Foi intenção metodológica providenciar aos alunos a vivência da reconstrução de algumas etapas da narrativa histórica da teoria da evolução biológica, disponibilizando questões, abordagens e materiais equivalentes ao contexto escolar.

Assim, como intenção metodológica, pretendeu-se que, ao participarem da SEBBI, os estudantes entendessem as bases de produção de uma investigação de natureza científica, tornando-se capazes de executar uma aproximação procedimental de investigação científica, ampliando o conhecimento sobre ciência (BLANCHARD; SOUTHERLAND; OSBORNE; SAMPSON; ANNETA; GRANGER, 2012). Consideramos obstáculos para as intenções metodológicas: o hábito dos estudantes de resolver apenas exercícios e não questões-problema, utilizando-se resoluções automatizadas e repetitivas em contraposição à necessidade de resolução baseada em articulação entre evidências obtidas com a atividade de investigação e os conceitos teóricos aceitos pela comunidade científica e apresentados e discutidos pelo professor; a frequência de utilização pelos estudantes de construção de respostas com afirmações baseadas em conceitos memorizados em contraposição à competência de identificar, reconhecer e utilizar dados obtidos em procedimentos experimentais como evidências numa argumentação científica; a rotina de apresentação de explicações para responder às perguntas diretivas em oposição à elaboração de explicações direcionadas às evidências que estão direcionadas à questão abordada; para escolher uma resposta ou analisar uma determinada situação-problema, usar explicações de costume, sem consistência com os conhecimentos científicos correntes. Esses obstáculos, que foram apresentados e discutidos anteriormente, refletem uma prática de muitos anos, e a intenção de se desenvolver uma metodologia de investigação permite aos alunos uma nova forma de se abordar um conhecimento científico, superando esses obstáculos.

c) **As intenções para a compreensão de aspectos característicos da natureza da biologia**: para construímos a SEBBI foram consideradas intenções características da natureza da biologia, abordando algumas das especificidades da área. Entendemos que algumas abordagens deveriam trazer à tona alguns conhecimentos e procedimentos específicos das ciências biológicas, como a

observação, a comparação e a busca por padrões para a obtenção de dados. A observação atenta para as semelhanças e diferenças entre os seres vivos ofereceu importantes informações para Darwin. Esse é um dos aspectos explorados na organização da sequência didática, pois consideramos fundamental que os estudantes desenvolvam essa habilidade de encontrar padrões na diversidade por meio de observações e comparações, superando o obstáculo metodológico da falta de experiência prática para encontrar tanto a regularidade quanto as diferenças, aspectos específicos da prática biológica. Outra intenção ligada à natureza da biologia foi o foco no reconhecimento de evidências da seleção natural como mecanismo da evolução, fornecendo materiais e estruturas para que os alunos se apoiassem nos dados para poder elaborar suas conclusões, evitando-se assim o uso de opiniões ou concepções prévias para embasar suas afirmações. É uma intenção da SEBBI que os alunos utilizem as teorias aceitas pela comunidade científica para justificar suas conclusões, articulando com as evidências apresentadas uma conclusão com mais força, isto é, compondo um argumento científico. No caso da metodologia empregada na investigação sobre a evolução biológica, consideramos que os obstáculos metodológicos e conceituais que se apresentam e que devem ser superados relacionam-se com a natureza da metodologia empregada nas ciências biológicas pelos naturalistas e biólogos e diversificam-se de acordo com o tipo de objeto de investigação, nesse caso, de biologia evolutiva. Reconhecemos que os obstáculos são: a) a falta de habilidade na prática de observação direcionada e comparativa entre evidências variadas, para obtenção de dados, visto que a natureza da metodologia em biologia nem sempre é experimental; b) o tempo de investigação para obtenção de dados, que, em biologia, muitas vezes acontece em longo prazo; c) reconhecimento de variabilidade como padrão de observação e não o enquadramento em tipos (tipologia), que é mais frequente na prática de laboratório (SMITH; REISER, 2005; MAYR, 2005).

Assim, a partir dessas intenções e com o foco nos eixos apresentados, elaboramos os materiais e a sequência didática (SEBBI), que serão apresentados como nossos resultados de pesquisa na próxima seção.

Utilizando como base os alicerces da SEBBI, elaboramos uma estrutura para implantação na escola, que apresentamos abaixo, numa síntese (tabela 1) que será explicada na seção a seguir. A SEBBI foi adaptada em sete aulas, inserida no planejamento curricular da 3ª série do ensino médio regular de uma escola pública do estado de São Paulo. Cada aula durou cinquenta minutos, tendo sido utilizada uma aula a mais do que o previsto pela professora. Iniciamos em 26 de setembro de 2011 e finalizamos em 7 de novembro de 2011. As terceiras séries do ensino médio da escola têm duas aulas semanais de biologia. Por duas semanas eles não tiveram aulas: isso porque numa semana era o conselho de classe da escola e, na outra, a festa do Halloween. Abaixo, a tabela 3, com as aulas dadas:

Tabela 3: Tabela ilustrativa da síntese da implantação da SEBBI na escola estadual

Aulas	Intenções Conceituais	Intenções Metodológicas	Intenções ligadas à natureza da biologia	Estratégia Pedagógica	Materiais que os alunos receberam
Antes de 26/09				A professora da classe faz a motivação e prepara a turma para a pesquisa e a sequência. Passa o questionário (pré-teste) para todos os alunos, e passa a autorização.	Questionário Pré-teste
Aula um (26/09 – 3ª I, K e L 27/09 – 3ª J)	Biodiversidade intraespecífica e interespecífica; Espécie;	- Dados (acesso e análise dos vasos com flores e fotos de caramujos). -Elaboração de hipótese para a questão-problema; -Atividade em colaboração; -Motivação para a prática investigativa a partir de uso de diferentes dados (fotografias e biológicos).	-Uso de dados biológicos para observação, comparação e identificação de padrões e diferenças; Abordagem argumentativa na estrutura das questões.	Aula prática: vasos com flores (margaridas, crisântemos e gérberas) como *dados*[T]; trabalho em grupo; professora passa pelos grupos, direcionando e orientando a prática e as atividades escritas dos alunos.	Apostila um: alunos fazem até a parte prática, isto é, da obtenção de dados e registro (metade da apostila, antes da parte teórica). Entregam à professora, que utilizará como avaliação ao final;

Aula dois: (28/09 – 3ª KLJI)	Biodiversidade (nível de populações). Conceito de espécie	Acesso dos alunos às discussões sobre as explicações científicas.	Utilização de conceitos e apoios da comunidade científica sobre espécie biológica, biopopulação, fornecendo o apoio para a construção de argumentação; relação com as evidências obtidas na aula anterior.	PowerPoint (anexo três) com apresentação de mais *dados*^{T} de diversidade intraespecífica; aula teórica dialogada.	Finalização da apostila um pelos alunos. Ao final, mais uma questão-problema (atividade escrita três) sobre a origem da biodiversidade, com elaboração de hipótese em grupo.
Aula três: (10/10 – 3ª I, K, L 11/10 – 3ª J)	Gradualismo; evolução biológica (mudanças de populações ao longo do tempo a partir de isolamento geográfico); Descendência a partir de ancestral comum;	Atividades de investigação com registro de dados fornecidos, discussões em grupo para construção de hipótese; Acesso às atividades da natureza da ciência com a discussão sobre dados fornecidos;	Observação e comparação de dados de experimentação em evolução biológica, como evidências de transformação em "pouco tempo"; análise de dados fornecidos; Hipóteses construídas a partir de dados;	Aula Teórica (dialógica) com apresentação de *dados*^{T} no PowerPoint (anexo cinco). Ao final da aula, elaboração da hipótese (atividade em grupos pequenos);	Questionário três: uma questão-problema sobre a transformação rápida da espécie de lagarto (sobre o mecanismo pelo qual isso ocorre).
Aula quatro: (17/10: 3ª I, K e L e 18/10: 3ª J)	Seleção artificial; transmissão de características selecionadas às gerações posteriores; Gradualismo;	Investigação para resolução de problemas, com obtenção de dados sobre a seleção artificial;	Utilização de evidências sobre a formação das raças como motivador de reflexão sobre o mecanismo de formação de novas espécies: comparação de observações de natureza biológica, explicações disponíveis e estrutura argumentativa para a elaboração da conclusão sobre a questão-problema.	PowerPoint com apresentação de atividade (anexo sete). Aula com atividades práticas e apostila (anexo oito): os alunos se reúnem em grupos e a partir do desafio de um pedido de cientistas para formar novas raças de cachorros.	Apostila dois (atividade escrita cinco): com procedimentos e questões. Será usada como avaliação pela professora.
Aula cinco: (19/10:	Seleção artificial e a relação com a seleção natural; Gradualismo; Ancestral comum	Investigação sobre o conceito que pode ser usado para explicar os dados obtidos; Atividade em grupo (colaborativa);	Resolução da questão-problema pelo uso do conceito de seleção artificial; Composição de estrutura argumentativa na conclusão,	Aula Teórica (dialogada) com uso de PowerPoint.	Não há.

		uso de evidências obtidas pelos alunos a partir de modelos.	articulando os dados com a justificativa;		
Aula seis: (24/10: 3ª I, K e L. e 24/10: 3ª J)	Seleção natural; Evolução biológica; Gradualismo; Biopopulação; Espécie; Ancestral comum.	Investigação a partir de dados de nova atividade experimental: mudanças nas características de Lebistes (Endler e Reznik); Atividade em grupos, aproximação da natureza da ciência (atividade das ciências biológicas atual)	Identificação e análise de *dados*[T] (por observação e comparação) obtidos por pesquisadores em experimentação para testes de seleção natural em lebistes; atividades de análise de dados[T] como evidências da seleção natural para elaboração de argumentação a partir de utilização de explicação com base em teoria de evolução biológica;	Aula teórica (dialogada) para discussões e fechamento com uso de PowerPoint, com uso de imagens e exemplos.	Questionário quatro: escrita da conclusão da questão-problema em grupo (mecanismo de surgimento de variedades de espécies na Terra);.
Aula sete: (07/11: 3ª I, K e L. 08/11: 3ª J)	Seleção natural; Evolução biológica; Gradualismo; Biopopulação; Espécie; Ancestral comum.	Fechamento da Investigação sobre a origem das espécies, com a discussão sobre evidências e explicações conceituais e construção das conclusões em grupo.	Elaboração da conclusão sobre a evolução biológica, a partir de evidências do mecanismo de seleção natural; Utilização de estrutura argumentativa para elaborar a conclusão e disponibilização de outros tipos de atividades.	Retomada das respostas escritas pelos alunos, em grupos. Fechamento e discussões	

A sequência didática SEBBI e os alicerces da arquitetura de construção: os materiais produzidos e a relação com as intenções conceituais, metodológicas e do conhecimento característico da natureza da biologia e os obstáculos correspondentes

A seguir, apresentaremos as análises realizadas a partir dos alicerces da SEBBI e da articulação com as intenções e obstáculos conceituais, metodológicos e da natureza do conhecimento biológico. Para isso apresentaremos, aula a aula, os aspectos tratados com maior detalhamento.

Antes do Início da Sequência, (antes de 26/09),

Materiais: questionários "pré-teste" (anexo 1) e autorizações para realização da pesquisa. (anexo 11)

Atividades para alunos e professora: A professora da classe faz a motivação e prepara a turma para a sequência. Passa o questionário pré-teste para todos os alunos, para autorização e levantamento de concepções prévias. Os alunos respondem os questionários e os entregam para a professora na próxima aula. As autorizações para participação da pesquisa foram passadas antes do pré-teste e foram recolhidas pela professora (modelo da autorização está no anexo 11). Todas as autorizações estão com a pesquisadora.

As questões do questionário buscaram as concepções dos alunos sobre os conceitos que seriam tratados na sequência. Abaixo, o conteúdo desse pré-teste:

1. Você acredita que aparecem novas espécies nos dias atuais, em nosso planeta? SIM NÃO
2. Você já viu (ou ouviu falar) do surgimento de novas espécies em nosso planeta? SIM NÃO
3. Se você respondeu "**sim**" na questão 2, explique **como você** acha que isso ocorre. (qual é o "mecanismo" que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais). Se você não tiver nenhuma idéia de como isso ocorre, deixe em branco.

   _____

   _____

4. Se você respondeu "não" na questão 1, você acredita que (assinale apenas uma alternativa):

a.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo, no passado e não se modificaram mais.
b.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo no passado, mas podem ter se modificado nos tempos atuais com o surgimento de novas espécies.
c.	Nenhuma das anteriores. Eu não acredito que aparecem novas espécies hoje porque_____ _____

5. Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta? Explique suas ideias!

   _____

   _____

Figura 6: Pré-teste que os alunos responderam antes do início da sequência. As questões tratam das intenções conceituais da SEBBI

A questão 1 do pré-teste busca mobilizar o conhecimento dos estudantes sobre a origem da biodiversidade, sendo similar à questão central da Teoria da Evolução de Charles Darwin sobre a origem das espécies. Elaboramos a segunda questão

para tentar analisar se o estudante, mesmo sem “acreditar” no surgimento de novas espécies, teria ouvido alguma discussão a respeito do tema.

Todos os alunos presentes responderam ao pré-teste. Os resultados serão apresentados na seção sobre os dados das análises das apostilas.

Aula Um: (26/09 e 27/09)

Materiais produzidos e utilizados:

- Apresentação em PowerPoint da questão problema de investigação projetada para a classe.
- Apostila 1 (ver apostila completa no anexo 2 - Apostila sobre Biodiversidade);

I – Questão problema:

“Sabe-se que no Brasil, na década de 80, foi introduzido um tipo de caramujo africano para substituir o escargot (caramujo europeu) usado em culinária. Acontece que o caramujo europeu é mais caro que o africano e essa seria uma alternativa econômica para os criadores e restaurantes usarem na culinária. Acontece que essa introdução nos ecossistemas brasileiros trouxe muitos problemas, pois traz muitos prejuízos à agricultura brasileira. Imagine que vocês tenham que decidir **se os seguintes caramujos (escargots) são ou não da mesma espécie** (para então tomar os cuidados necessários em relação a um determinado ecossistema brasileiro).

Figura 1: Créditos para Biosphoto/Hubert

Que tipos de informações vocês usariam para descobrir se esses caramujos são ou não da mesma espécie? Justifique sua reposta.

II – Hipótese do Grupo

Figura 7: Questão-problema da investigação sobre biodiversidade e conceito de espécie. Essa questão faz parte da apostila um e foi projetada na sala no início das atividades da SEBB

- Vasos de flores (margaridas, gérberas e crisântemos), preparados previamente pela pesquisadora. Foram usados como dados para a atividade prática de investigação (foi fornecido um por grupo, portanto foram oito vasos utilizados para cada classe):

Figura 8: Um dos vasos com flores utilizados na atividade prática pelos grupos de alunos para a investigação da aula sobre biodiversidade (aula 1);

Atividades para Alunos:

Para o início da sequência didática, a professora fez o contexto da pesquisa, apresentou a pesquisadora, que estava dentro da sala e acompanhou as atividades ajudando no preparo e entrega dos materiais. A professora iniciou com a projeção, em PowerPoint, da questão-problema da investigação. Explicou que eles iriam fazer atividades ao longo de duas aulas para poder resolver a questão. Depois de apresentar a questão sobre os caramujos (se são da mesma espécie), a professora pediu que eles se dividissem em grupos (até oito grupos na sala). Os alunos construíram, na apostila um que lhes foi entregue (figuras 7), a hipótese do grupo. Apesar de a hipótese ser o resultado do consenso do grupo, foi solicitado que todos a escrevessem em suas próprias apostilas, de forma a incentivar a participação e o envolvimento de todos os alunos. Em seguida, a professora (com a ajuda da pesquisadora) entregou um vaso para cada grupo, com as flores plantadas em montagem (figura 8). Foi solicitado então aos grupos

que seguissem as orientações da atividade prática da apostila, como apresentado a seguir:

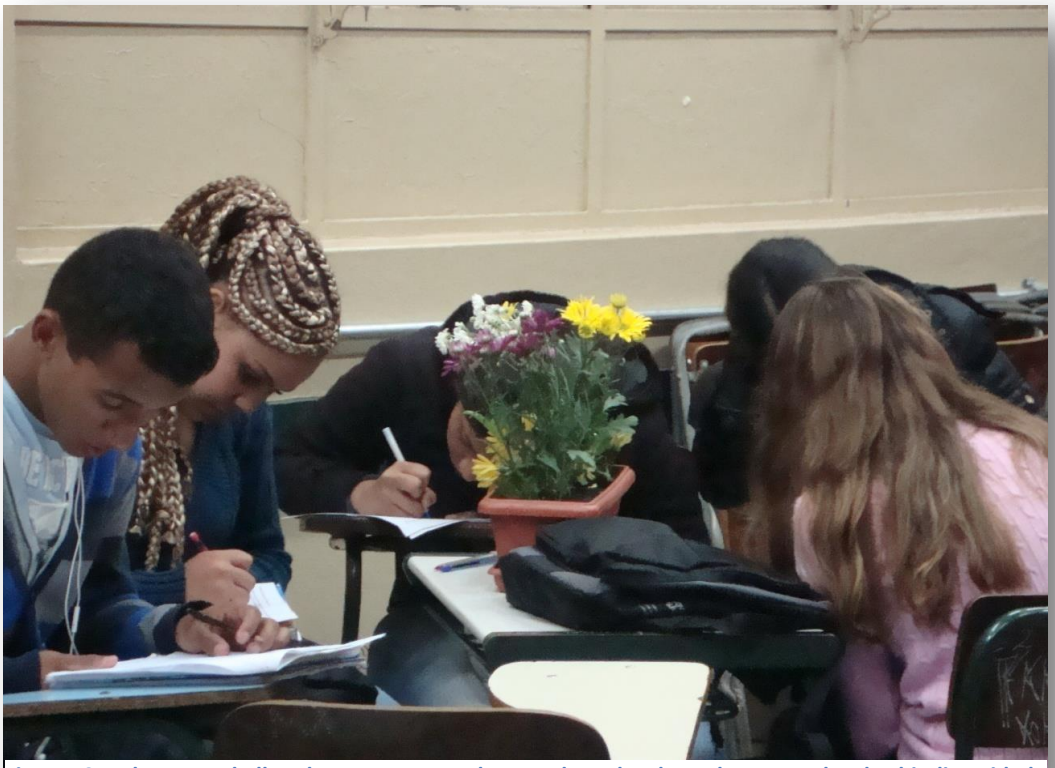


Figura 9: Alunos trabalhando em grupo, dentro da sala de aula, na aula de biodiversidade intraespecífica, com a análise do vaso de flores. Cada grupo recebeu um vaso de flores, conforme apresentado. Os alunos analisavam os materiais biológicos e respondiam suas apostilas, com as propostas de discussão. As flores podiam ser observadas e manipuladas nos grupos.

Abaixo, um trecho da apostila (figura 10) com a apresentação das questões para alunos.

Quantos indivíduos existem no vaso? _____

IV - Discussão dos resultados

4) De acordo com as observações que você fez até agora, quantas espécies diferentes de **plantas** o seu grupo **acha** que estão presentes na sua mesa? Vocês **acham** que todos os alunos de sua classe vão chegar à mesma conclusão? Justifique.

_____

_____

_____

5) Além dos dados morfológicos (da forma) das plantas, que outros tipos de dados você acha que os biólogos poderiam usar para decidir se duas plantas são ou não da mesma espécie? Explique.

_____

_____

_____

Figura 10: Continuação das atividades práticas de observação dos vasos de plantas da apostila um. As questões 4 e 5 trabalham com as concepções dos grupos sobre o conceito de espécie

Os alunos ficaram reunidos até o final da aula e devolveram a apostila para a professora, tendo feito até a questão 5 (figura 10). Os vasos foram retirados e utilizados para as outras turmas de alunos da professora.

III– Procedimentos, obtenção de dados e resultados

Biodiversidade nas plantas.

Observe atentamente os diferentes exemplares de plantas disponíveis na sua mesa.

1) Desenhe-os no espaço a seguir (inclua o número de indivíduos, a forma como as pétalas estão distribuídas, tamanhos relativos, dentre outras observações). Não se esqueça de colocar legendas no seu desenho.

Compare as diferentes flores presentes no vaso.

2) Quais características você consegue perceber que são **semelhantes** entre elas (tente encontrar um padrão)? Quais características são diferentes? Explique.

Semelhanças entre as flores: _____

_____

Diferenças entre as flores: _____

_____

Figura 11: Orientações da apostila um para alunos, sobre a atividade experimental de biologia - observação, comparação de padrões de flores de diversos tipos em vasos.

Intenções conceituais e obstáculos conceituais:

O início da sequência (SEBBI) pretendeu abordar dois temas que consideramos pré-requisitos para compreender a seleção natural: o conceito de biopopulação e o conceito de espécie biológica. Segundo as discussões que já apresentamos, um dos conceitos mais importantes da biologia é o padrão de diversidade dentro de uma mesma população, portanto, dentro de uma mesma espécie. Esse padrão foi apresentado logo no início do livro de Darwin, “A origem das espécies”. Para as atividades que ele próprio fazia com a seleção artificial, por exemplo, as

diferenças individuais dentro de uma mesma população eram exploradas para suas práticas com os seres vivos. Por isso, a "**atividade um"** trata de discutir com os alunos esse tema, de forma que eles possam utilizar esses conceitos, como alicerces, mais adiante, quando precisarão entender as adaptações que podem acontecer em indivíduos com diferentes características. Para a discussão sobre biopopulação, é importante que os alunos reflitam também sobre o conceito de espécie. Assim, trouxemos essa temática, com o propósito de superar o obstáculo do essencialismo, apresentando a eles evidências de que as populações têm como base a diversidade. Para isso, as flores e caracóis apresentados, tão diferentes na forma, são, na verdade, da mesma espécie. Essa evidência, que depende da observação, comparação e articulação com o conceito de espécie, pode trazer aos alunos uma superação da concepção de que a biodiversidade consiste apenas nos tipos de espécies que existem, mas também, que a biodiversidade é intraespecífica, isto é, também ocorre em nível de população. As diferenças individuais tão marcantes das flores, que são propositalmente apresentadas para explorar as concepções dos estudantes sobre o número de espécies, o conceito de espécie e do pensamento populacional, foram potencializadores das discussões e reflexões sobre esses conceitos, abordando diretamente o pensamento tipológico ou essencialista dos alunos.

Intenções metodológicas e obstáculos metodológicos:

De maneira a aproximar os alunos da natureza da ciência, iniciamos a sequência com a proposta de uma investigação de natureza científica. Assim, ao invés da professora simplesmente "transmitir" os conceitos de biopopulação e de espécie aos alunos, a proposta iniciou-se com uma situação problema atual, que relaciona questões econômicas e ambientais, conforme consta das características de uma investigação. A questão-problema e a elaboração da hipótese por grupos de alunos, em lugar de uma atividade individual, pretende aproximá-los da prática científica de colaboração para a obtenção e discussão de dados. A investigação dessa atividade, em que a questão-problema e o procedimento foram indicados pelo professor e os resultados e a discussão dos resultados eram desconhecidos dos alunos, promove o envolvimento deles pelo desafio colocado. Os obstáculos metodológicos que foram enfrentados nessa atividade são a falta de prática na proposição de hipóteses, na observação orientada para identificação

do padrão entre os indivíduos, no registro de esquemas e na escrita de dados e identificação das evidências para a organização da conclusão em forma de argumentação.

Intenções relacionadas à natureza da biologia e obstáculos sobre a natureza da biologia

A primeira aula procurou abordar algumas questões específicas das ciências biológicas, como a observação, comparação e identificação de padrões, que são práticas epistêmicas da biologia. O acesso aos dados de experimentação na biologia pressupõe a observação atenta como em outras áreas da ciência, mas a comparação individual e a obtenção de padrões são algo relevante. De forma intencional, a atividade procurou apresentar os caramujos muito diferentes na aparência, bem como as flores com diferentes tamanhos, cores e formas. A partir desses materiais, os alunos precisaram observar e encontrar o padrão e as diferenças relevantes no padrão. A forma de registro, com esquemas e desenhos, contribui para esse reconhecimento e é uma prática epistêmica da biologia. Os obstáculos abordados foram a falta de prática com essa metodologia e o fato de a professora ter precisado atuar nos grupos chamando a atenção deles para as observações que precisariam ser feitas e registradas, com ênfase nos padrões de semelhança e diferenças individuais, bem como atuar na orientação para a forma de registro.

A ênfase nos dados apresentados tem como intenção epistemológica a construção argumentativa, pois se pretendeu que os alunos usassem essas evidências para responder à questão-problema e chegar à conclusão.

Aula Dois: (29/09)

Materiais produzidos e utilizados:

- **Utilização da apostila um** (ver anexo 2 para a apostila completa).
- **PowerPoint sobre biodiversidade intra e interespecífica:** utilização da imagem presente na apostila e dos *slides* apresentados abaixo.

Figura 12: Material apresentado pela professora para discutir com os alunos a parte teórica sobre biodiversidade e conceito de espécie.

Atividades para Alunos:

Na aula dois a professora apresentou e discutiu a parte teórica, isto é, os conceitos relacionados à biodiversidade intraespecífica e sobre o

conceito de espécie. O texto escrito sobre esses temas estava disponibilizado na apostila (apostila completa, com os textos, no anexo 2), então os alunos foram convidados a participar ativamente da aula, sem precisar realizar anotações de texto. A explicação da professora teve apoio por meio de projeção do PowerPoint (figura 8) apresentando as imagens de algumas populações com a biodiversidade intraespecífica. Os alunos participaram com algumas perguntas. Depois de cerca de vinte minutos de explicações teóricas, que incluíram uma parte sobre os vários conceitos de espécie que convivem na ciência, a professora solicitou aos alunos que voltassem a se reunir nos mesmos grupos formados na "aula um" e lhes entregou a mesma apostila que haviam começado a preencher, chamando cada aluno pelo nome. A professora solicitou que eles discutissem em grupo e respondessem às questões da apostila que restavam, utilizando os conhecimentos sobre o conceito de espécie biológica, que seria adotado para resolver as questões. Ao final da apostila os grupos deveriam resolver o desafio da investigação. As questões que deveriam responder estão expostas abaixo:

8) O padrão que observamos entre indivíduos de mesma espécie, é a **variabilidade ou a igualdade** entre os seres pertencentes à mesma população? Quais dados você observou que o fez verificar esse padrão? Você pode utilizar os dados da aula (vasos de plantas) e os exemplos do texto.

_____

_____

9) Para finalizar, volte à hipótese que você escreveu para a questão-problema da aula. Ela foi aceita, rejeitada ou parcialmente aceita? Complete a frase abaixo para escrever a **conclusão** de seu grupo sobre a questão dos caramujos. Para isso, você pode apresentar os dados que você viu nessa aula, as discussões sobre o conceito de espécie e sua conclusão..

Já que observamos que

_____

_____como

entendemos que o conceito de espécie é

_____

_____

_____, **então**

nossa hipótese foi _____, pois

_____

_____

Figura 13: Questões da apostila "um", com a finalização da investigação sobre espécie e população. Nota-se a estrutura argumentativa na conclusão.

Intenções conceituais e obstáculos conceituais:

Como continuação da aula 1, a professora retoma a questão-problema e pergunta à classe se eles haviam chegado a uma conclusão. Nesse contexto, a professora aborda os conceitos de biodiversidade e espécie, trazendo novos elementos, novas evidências (com imagens e citações de outras espécies destacando a variação na população). Trata dos vários conceitos de espécie ao longo da história e na atualidade, combinando com os alunos que, apesar de haver vários conceitos na comunidade científica, utilizariam o conceito biológico de espécie para o curso.

Intenções metodológicas e obstáculos metodológicos:

De maneira a aproximar os alunos da natureza da ciência, são apresentadas as teorias e conceitos da ciência de modo que os alunos possam utilizar esse conhecimento como apoio teórico para a resolução da investigação, nesse caso, a questão sobre os caramujos. O objetivo é dar os fundamentos da ciência para a construção do conhecimento e da argumentação baseada em justificativas consideradas válidas pela cultura escolar e científica. Para isso, a resolução do problema proposto estimula uma articulação entre evidências obtidas e conceitos teóricos, evitando-se o uso de resolução de exercícios baseados em memorização simplesmente. Essa intenção metodológica está contida na estrutura das questões propostas aos alunos em sua apostila, e no formato da aula dois, quando a professora programa primeiro a obtenção de dados pelos alunos para, só depois, fornecer a explicação conceitual, incentivando, ao longo da aula, a relação entre evidências e justificativas (apoio) para a resolução do problema proposto. Os obstáculos da falta de hábito com esse tipo de abordagem foram abordados pela ação da professora, que, durante a resolução das questões da apostila, passou em todos os grupos ajudando-os a relacionar esses componentes, auxiliando-os e motivando-os na escrita da argumentação e na resolução da questão-problema.

Intenções relacionadas à natureza da biologia e obstáculos relacionados ao conhecimento sobre a natureza da biologia

A discussão sobre os dados obtidos pela observação de seres vivos de diferentes tipos, seja das plantas, seja dos animais (pelas imagens disponibilizadas ou pela própria memória do que eles conhecem) pelos diferentes grupos promoveu a reflexão e identificação de padrões e de variabilidade dentro das populações. A professora orientou esse tipo de discussão de forma que os alunos pudessem superar a dificuldade na identificação de variabilidade como o padrão e na prática de observação com comparação entre indivíduos e populações. O acesso aos dados de experimentação na biologia pressupõe a observação atenta como em outras áreas da ciência, mas a comparação individual e a obtenção de padrões são algo também relevante. De forma intencional, a atividade procurou apresentar os caramujos muito diferentes na aparência, bem como as flores com diferentes tamanhos, cores e formas. A partir desses materiais, os alunos precisaram observar e encontrar o padrão e as diferenças relevantes no padrão. A forma de registro, com esquemas e desenhos, contribui para esse reconhecimento e é uma prática epistêmica da biologia. O obstáculo abordado foi a falta de prática com esse procedimento. Para a superação desse obstáculo, a professora precisou atuar nos grupos chamando a atenção deles para orientação de observações que precisariam ser feitas e registradas, com ênfase nos padrões de semelhança e diferenças individuais, bem como atuar na orientação para a forma de registro.

A ênfase nos dados apresentados tem como intenção epistemológica a construção argumentativa, pois se pretendeu que os alunos usassem essas evidências para responder à questão-problema e chegar à conclusão.

Aula Três: (10/10 e 11/10)

Materiais produzidos e utilizados:

- Utilização de projeção de imagem, com PowerPoint, de uma questão problema sobre a vantagem da variabilidade intraespecífica (ver anexo 4). Foi entregue também em papel para o preenchimento dos alunos, em grupo.

Data: _____/_____/_____

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

ASSUNTO: DIFERENTES NÍVEIS DE DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS

Questão- Problema

*Vimos que o **padrão** que existe nas populações (entre os indivíduos) é a **variedade e não a igualdade entre os seres.** Que tipo de vantagens (ou desvantagens) você acha que essa variedade intraespecífica poderia trazer para a vida no nosso Planeta?*

Hipótese

Figura 14: apostila com questão sobre a variedade intraespecífica, entregue aos alunos no início da aula 3

- PowerPoint com evidências da evolução: "a evolução bem diante de nossos olhos!" –figura 14' (ver apresentação completa no anexo 5). Abaixo, alguns dos *slides:*

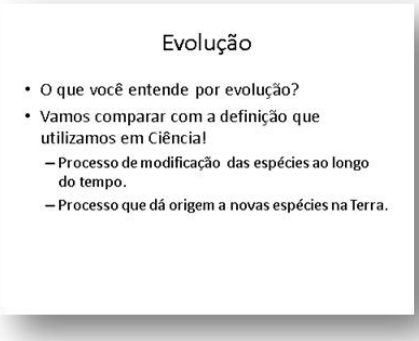
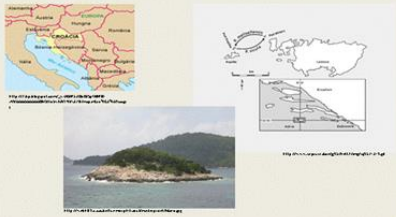


Figura 14': Apresentação em PowerPoint com *dados*[T] sobre o estudo dos lagartos

É possível observar a evolução acontecendo?

Os lagartos de Pod Mrcaru



Dados

✓Em 1971 existia, em Pod Kopiste (uma ilha), uma espécie de lagarto chamado *Podarcis sicula*, que se alimenta de **insetos**.

✓Essa espécie de lagarto não existia em Pod Mrcaru (outra ilha).

✓Em 1971, pesquisadores levaram cinco pares desses lagartos para Pod Mrcaru.

Pod Kopiste

Pod Mrcaru

✓Em Pod Kopiste os lagartos se alimentavam de insetos, mas em Pod Mrcaru não existiam muitos insetos

Pod Kopiste

Pod Mrcaru

Em 2008, depois de 37 anos, o que teria acontecido com esses animais?

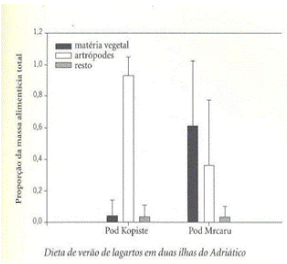
✓Em 2008, em Pod Mrcaru: encontraram muitos lagartos da espécie *Podarcis sicula* (descendentes dos cinco casais levados em 1971).

Reflita sobre as populações de lagartos de Pod Kopiste e Pod Mrcaru: haveria diferenças importantes entre os lagartos após os 37 anos (de 1971 a 2008)?

Sim e as diferenças encontradas foram marcantes!

- Diferenças anatômicas significativas (cabeça e intestino);
- Diferenças ecológicas (alimentação e território);

1) As dietas dos lagartos nas duas ilhas eram bastante diferentes.



Extraído de: *O maior espetáculo da Terra*. Richard Dawkins. 2009. Cia das Letras.

2) Lagartos de Pod Mrcaru tinham a cabeça **maior** que a da população original.

Cabeças maiores estão relacionadas a mordidas mais fortes e dietas vegetarianas...

3) A densidade populacional aumentou, e os lagartos deixaram de defender território, como faziam em Pod Kopiste!

- Questão-problema para o tem “evolução das espécies” (uma por grupo):

Nome _____ nº _____ ano _____

ASSUNTO: Questão-Problema para Evolução das Espécies

Você acabou de participar de uma discussão sobre a evolução dos seres vivos. Viu como exemplo, as modificações sofridas pelos lagartos da Ilha Pod Mrcaru. A partir de agora, vocês vão investigar como isso ocorre! Para isso, vocês vão começar construindo uma hipótese (em grupo) para a seguinte questão-problema:

Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese.

Hipótese do grupo:

_____

_____

_____

_____

Figura 15: Imagem da apostila que foi entregue aos alunos para formulação da hipótese do grupo sobre o mecanismo de modificações da população de lagartos

Atividades para Alunos: na terceira aula, a proposta da SEBBI foi baseada na apresentação da professora de uma atividade de formulação de hipótese sobre a importância da biodiversidade intraespecífica, retomando o conceito visto nas duas aulas anteriores e provocando uma reflexão em grupo sobre esse conceito para a biologia. Depois disso, a professora projetou um PowerPoint com o tema “Evolução bem diante de nossos olhos” (anexo 5). A proposta foi apresentar os *dados*[T] sobre a modificação de uma população de lagartos ao longo do tempo. Apresentamos os dados publicados por Herrel et al.,(2008), com a intenção de apresentar aos alunos uma pesquisa atual, com dados sobre mudanças evolutivas relativamente rápidas numa população (em 36 anos). Os dados baseiam-se em mudanças na morfologia da cabeça e do trato digestivo após a introdução experimental dos lagartos em um ambiente novo. Além disso, apresentamos as modificações do nicho ecológico, concomitantes às mudanças na densidade populacional. Ao final da apresentação, os alunos receberam a questão-problema sobre o mecanismo de modificação das espécies. Eles responderam após a discussão em grupo (o mesmo que eles fizeram nas aulas 1 e 2). A professora

recolheu as respostas e pediu que eles aguardassem a continuidade da investigação para que pudessem conhecer as respostas.

Intenções conceituais e obstáculos conceituais: na continuidade da SEBBI, agora que os alunos fizeram a primeira investigação para resolver a questão da biodiversidade intraespecífica, chega o momento de abordar o conceito central da evolução biológica, que é a seleção natural. Além desse aspecto, serão abordados o gradualismo, o ancestral comum e descendência e a própria evolução biológica. Como obstáculos para as intenções conceituais, consideramos a teleologia, o tempo geológico (muito longo para a compreensão dos jovens) e a tipologia, já abordada nas aulas anteriores. Para superação desses obstáculos, a montagem da SEBBI trouxe um estudo científico relativamente recente, que pode promover um envolvimento mais efetivo dos alunos. Assim, mostrando a intencionalidade humana, experimental, na inserção dos lagartos na ilha (e o isolamento geográfico), procuramos ressaltar que não havia um fim definido ou uma meta sobrenatural, provocando assim um confronto com a possível explicação teleológica predominante que os estudantes usam para explicar a evolução (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007; MAYR, 2005). Além disso, nossa intenção foi abordar e provocar a superação de outro obstáculo para a compreensão da evolução e do mecanismo de seleção natural, que é a noção de tempo geológico necessário para a evolução. Por isso, foi nossa intenção trazer as modificações observadas na população dos lagartos que ocorreram de forma significativa num tempo relativamente curto (cerca de 30 anos), o que é possível de se imaginar mesmo para os jovens. Além disso, foi nossa intenção trazer a evolução para os tempos atuais e não algo que aconteceu “apenas” no passado, há milhões de anos. Entendemos que iniciar os estudos de seleção natural e evolução pelos fósseis poderia contribuir, de certa forma, para apresentar a evolução como algo que ocorre apenas no passado e, além disso, sempre aos saltos, deixando os mitos dos “elos perdidos”, nunca encontrados por que não existem, como “furos” na evolução. A ideia de descendência com as características a partir de ancestral comum também é abordada com a apresentação dos cinco casais de lagartos que são levados para a ilha, e esse conceito é tratado no momento em que se discutem as gerações seguintes ao longo do tempo.

Intenções metodológicas e obstáculos metodológicos:

O acesso aos *dados*^{T} de uma experiência na área de biologia evolutiva é uma forma de promover a aproximação dos alunos para uma das atividades de investigação atual. Os alunos são envolvidos numa situação-problema real e precisarão construir, a partir de *dados*^{T} fornecidos, uma hipótese para a questão-problema. A discussão em grupo favorece o surgimento das concepções prévias dos estudantes, e o consenso desses alunos aparece nos registros das discussões. A natureza da ciência é abordada não apenas pelo relato da professora, mas pela investigação que passarão a fazer dos mecanismos envolvidos para a modificação da população dos lagartos. O principal obstáculo, relacionado à falta de hábito em elaborar hipóteses em grupo, com discussões produtivas, foi abordado pela professora, que passou nos grupos motivando-os e ajudando-os na construção da escrita, provocando novas reflexões.

Intenções relacionadas à natureza do conhecimento da biologia e obstáculos relacionados à natureza da biologia:

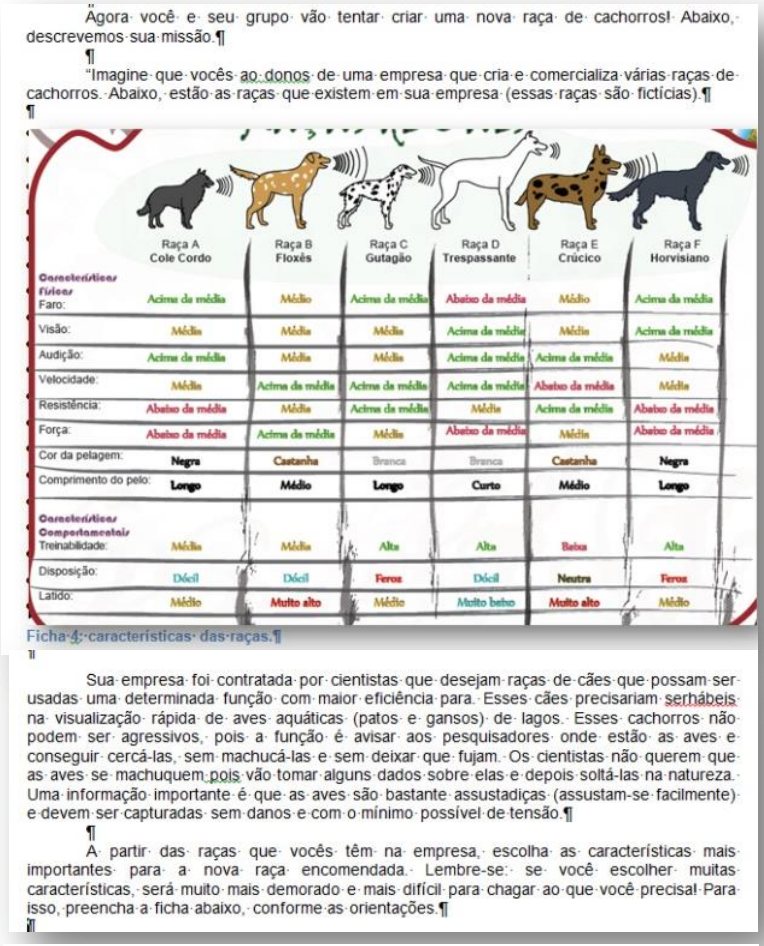
A atividade experimental na biologia evolutiva que apresenta os *dados*^{T} sobre as modificações nos lagartos ao longo de algumas gerações, promove a observação e comparação com a população que ficou na primeira ilha em diferentes níveis: no ecológico, quando trata da alimentação e da territorialidade, e no nível anatômico, quando trata do tamanho da cabeça e do ceco intestinal, relacionando-os à fisiologia do intestino dos lagartos. Essa aproximação com a natureza da pesquisa na área biológica incentiva nos alunos a obtenção de evidências de uma natureza diferente da que é obtida nas outras áreas do conhecimento. Além disso, ainda que a proposta tenha sido inserir um tempo mais próximo da vivência dos alunos, cerca de trinta anos, a experiência em biologia apresenta-se longa em comparação com as outras áreas do conhecimento da ciência. Isso é tratado com a narrativa histórica, que é uma abordagem metodológica bastante frequente na biologia evolutiva, também presente na SEBBI. Para os alunos, a falta de hábito nesse tipo de abordagem é um obstáculo que precisa ser superado pela prática, isto é, com uma estrutura apropriada que incentive e apoie o uso desse tipo de evidência e desse tipo de metodologia experimental, específica da biologia. A professora, além de

providenciar a estrutura física e de materiais, faz grupos de alunos e, ao passar de grupo em grupo, provoca a identificação dos *dados*^{T} apresentados sobre os lagartos nas duas ilhas e promove a relação com a evolução biológica possível de ser observada pelos alunos. A ênfase nos dados apresentados tem como intenção epistemológica a construção argumentativa, pois se pretendeu que os alunos usassem essas evidências para responder à questão-problema e chegar à conclusão.

Aula Quatro: (10/10 e 11/10)

Materiais produzidos e utilizados:

- Projeção da imagem da apostila sobre seleção artificial pelo PowerPoint (anexo 7);
- Apostila (anexo 7) de atividade prática e moeda de alunos. A proposta completa, com a inclusão da parte teórica, está no anexo 7. Abaixo, parte da proposta da apostila que foi apresentada aos alunos na aula:



Agora você e seu grupo vão tentar criar uma nova raça de cachorros! Abaixo, descrevemos sua missão.

"Imagine que vocês ao donos de uma empresa que cria e comercializa várias raças de cachorros. Abaixo, estão as raças que existem em sua empresa (essas raças são fictícias).

	Raça A Cole Cordo	Raça B Floxés	Raça C Gutagão	Raça D Trespassante	Raça E Crúcico	Raça F Horvisiano
Características Físicas						
Faro:	Acima da média	Médio	Acima da média	Abaixo da média	Médio	Acima da média
Visão:	Média	Média	Média	Acima da média	Média	Acima da média
Audição:	Acima da média	Média	Média	Acima da média	Acima da média	Média
Velocidade:	Média	Acima da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	Média
Resistência:	Abaixo da média	Média	Acima da média	Média	Acima da média	Abaixo da média
Força:	Abaixo da média	Acima da média	Média	Abaixo da média	Média	Abaixo da média
Cor da pelagem:	Negra	Castanha	Branca	Branca	Castanha	Negra
Comprimento do pelo:	Longo	Médio	Longo	Curto	Médio	Longo
Características Comportamentais						
Treinabilidade:	Média	Média	Alta	Alta	Baixa	Alta
Disposição:	Dócil	Dócil	Feroz	Dócil	Neutra	Feroz
Latido:	Médio	Muito alto	Médio	Muito baixo	Muito alto	Médio

Ficha 4: características das raças.

Sua empresa foi contratada por cientistas que desejam raças de cães que possam ser usadas uma determinada função com maior eficiência para. Esses cães precisariam serhábeis na visualização rápida de aves aquáticas (patos e gansos) de lagos. Esses cachorros não podem ser agressivos, pois a função é avisar aos pesquisadores onde estão as aves e conseguir cercá-las, sem machucá-las e sem deixar que fujam. Os cientistas não querem que as aves se machuquem pois vão tomar alguns dados sobre elas e depois soltá-las na natureza. Uma informação importante é que as aves são bastante assustadiças (assustam-se facilmente) e devem ser capturadas sem danos e com o mínimo possível de tensão.

A partir das raças que vocês têm na empresa, escolha as características mais importantes para a nova raça encomendada. Lembre-se: se você escolher muitas características, será muito mais demorado e mais difícil para chagar ao que você precisa! Para isso, preencha a ficha abaixo, conforme as orientações.

Figura 16: Proposta da aula quatro para a criação de novas raças de cachorros. A intenção conceitual é a construção do conceito de seleção artificial

Parte I: *Características desejadas da nova raça*

Para cada característica abaixo, circule a forma que você idealmente deseja que seus cães possuam para atender o pedido. Para características que você imagina que não afetarão a habilidade de sua raça de desempenhar a tarefa designada, circule "qualquer".

Características Físicas

Faro:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Visão:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Audição:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Velocidade:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Resistência:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Força:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Cor da pelagem:	muito escura	média	muito clara	qualquer
Comprimento da pelagem:	comprida	média	curta	qualquer

Características Comportamentais

Treinabilidade:	alta	média	baixa	qualquer
Disposição:	feroz	neutra	dócil	qualquer
Latido:	muito alto	médio	muito baixo	qualquer

→ A partir das escolhas acima, veja quais raças você deverá cruzar (os primeiros casais) para selecionar as características que você precisa. Escreva abaixo:

Macho da raça:_____

Fêmea da raça:

Figura 17: Imagem da apostila sobre seleção artificial, com parte da proposta para os alunos selecionarem as características da nova raça.

Atividades para Alunos:

Na aula quatro a professora fez uma breve retomada, verbal, da questão-problema que eles haviam respondido, sobre o mecanismo de modificação que aconteceu nos lagartos, ou seja, dos mecanismos evolutivos. Em seguida, apresentou a proposta da atividade sobre seleção artificial. Ela fez uma conexão teórica aos alunos, dizendo que a próxima atividade ajudaria a resolver o enigma do mecanismo que estaria por trás das modificações que aconteceram com os lagartos.

Para isso, projetou as imagens da apostila (anexo 7), com a síntese sobre esse novo conceito. Os alunos participaram com perguntas. Depois dessa apresentação, a professora entregou a apostila com as orientações da atividade, que era a criação de uma nova raça de cachorros, a partir de algumas condições colocadas por uma empresa (figura 16). Para isso, os alunos reuniram-se em grupos (os mesmos desde o início da sequência). Foi necessário que um dos alunos fornecesse uma moeda para a atividade (depois ele a pegou de volta). A professora passou nos grupos para explicar o que deveria ser feito, pois, apesar das instruções escritas estarem disponíveis na apostila, eles tinham dúvidas. Os alunos ficaram até o final da aula para tentar finalizar essa apostila. A professora

pediu que os alunos terminassem em casa até a próxima aula. Vários deles pediram para permanecer na sala, pois não tinham terminado, queiram terminar juntos e na própria escola.

Intenções conceituais e obstáculos conceituais: a intenção conceitual específica da atividade é a compreensão do processo de seleção artificial. Esse conceito, que vem de um processo bastante antigo e conhecido há muito tempo por criadores e cultivadores de vegetais, foi bastante explorado e conhecido por Darwin. No primeiro capítulo de "A origem das espécies" (1859) e em dois capítulos de outra obra "Variation of animals and plantas under domestication" (1868), Darwin discute a origem dos pombos domésticos. Especialmente na segunda obra, ele utiliza seus dados sobre a seleção artificial das variedades do pombo doméstico como estratégia argumentativa em favor da descrição da ação da seleção natural. A base da ideia da seleção artificial é uma intenção humana de selecionar algumas características de interesse e reforçar o aparecimento dessas características nas gerações sequentes pela escolha de cruzamentos a partir dessa seleção prévia. Do mesmo modo como descrito na narrativa de Darwin, pretendemos utilizar a construção desse conceito como disparador da compreensão do conceito de seleção natural. Assim, consideramos que essa aula é a base de evidência "lógica", isto é, por comparação e inferência (pelo processo de derivação lógica de premissa conhecida e considerada verdadeira, que foi a seleção artificial) do conceito teórico básico da seleção natural que será apresentado na SEBBI. Pretendemos, assim, que o aluno chegue a fazer uma nova proposição, a partir de uma operação intelectual pela qual ele passa de uma premissa, isto é, a seleção artificial, para outra, isto é, a seleção natural, por lógica ou dedução, em razão da conexão e da relação com a primeira observação do processo. Essa transferência de conceituação foi usada como base do grande argumento de Darwin em seu livro "A origem das Espécies" (1859), sendo esse o primeiro capítulo. Consideramos como obstáculo conceitual para a compreensão desse conceito, a seleção artificial, a tipologia (essencialismo) e a falta do entendimento da ideia de biopopulação e biodiversidade intraespecífica.

É intenção conceitual também contribuir com a construção do conceito de gradualismo e da descendência a partir de um antecedente comum. O propósito aqui é que essa atividade ressalte a ideia de que a seleção ocorre a partir de características já existentes nos indivíduos, destacando a transmissão de caracteres às gerações posteriores e, portanto, contribuindo com a construção do conceito de que a seleção acontece a partir de características já presentes na população. Com essa atividade, tentamos romper um dos principais obstáculos para a compreensão da seleção natural: a de que os organismos desenvolvem características a partir da necessidade, relacionada aos obstáculos conceituais da teleologia e do finalismo. Ao utilizarmos as características já presentes nos cachorros e que não aparecem por necessidade, fato que é da experiência prévia dos próprios alunos, buscamos reforçar essa condição mesmo com a intencionalidade da seleção artificial e buscaremos ressaltar essa situação na discussão sobre a seleção natural.

Intenções metodológicas e obstáculos metodológicos:

A intenção metodológica dessa aula continua sendo o desenvolvimento das habilidades específicas de resolução de problemas investigativos, com uso de dados fornecidos e de dados obtidos por uso de modelos. Nesse caso, os dados fornecidos partiram de uma situação hipotética, de empresa de criação de cachorros, tendo sido proposto um desafio dentro de uma situação imaginária. A partir de uma situação proposta num mundo atual, que envolveu uma questão econômica, os alunos foram envolvidos no desafio e utilizaram o conceito de seleção artificial como base conceitual para chegar à finalização da proposta.

Os alunos tiveram que escolher e selecionar, em grupo, até que chegassem ao consenso, quais eram as características melhores para os objetivos do contrato. Isso provocou um impasse, intencional, de que quanto mais características fossem selecionadas ao mesmo tempo, mais tempo (mais gerações) a empresa demoraria para entregar a nova raça de cachorros. A intenção, nesse caso, relacionou-se à necessidade de discussão de conceitos entre os alunos para se chegar ao melhor procedimento, o que os aproxima da natureza da ciência. O trabalho em equipe, para a seleção de características da raça do cachorro, é

importante intenção metodológica do trabalho investigativo e aproxima os estudantes da natureza da ciência. Sem a discussão em grupo e o trabalho colaborativo, eles teriam muito mais dificuldades para chegar aos resultados da investigação.

Foi uma intenção metodológica que a obtenção de dados promovesse o registro adequado das características dos cachorros, isto é, dos dados da atividade proposta pelo grupo, pois a falta dessa habilidade dificultaria a obtenção dos resultados finais dos alunos. O obstáculo metodológico relaciona-se à falta de prática e de habilidade em discussão em grupo para chegar a consenso, à falta de práticas de registro de dados, com divisão de tarefas no grupo para que o tempo fosse suficiente para a finalização da atividade, e própria linguagem científica (a interpretação de algumas palavras relacionadas com as aves e cachorros). Acreditamos que a superação desse tipo de obstáculo é a própria atividade, ou seja, a realização do procedimento pelos alunos com o suporte, orientação e estímulo da professora, reforçando então o papel do professor nessa atividade de ensino por investigação estruturada e guiada pelo professor.

Intenções relacionadas à natureza do conhecimento da biologia e obstáculos relacionados à natureza da biologia:

Para a atividade prática de obtenção de *dados*^{T} de seleção artificial e a própria construção conceitual desse tópico, nossa intenção epistemológica foi trazer uma situação atual e contextualizada aos alunos, com o caso da nova raça de cachorros adaptada a uma necessidade de um grupo de cientistas. Porém, como em várias atividades experimentais em biologia, utilizamos evidências construídas a partir de observações direcionadas para a natureza biológica dos dados, ou seja, comportamento e anatomia dos animais, e direcionadas para a realização de comparações, dentro da própria situação apresentada e com outras observações do mesmo tipo, que fossem do conhecimento dos alunos. Assim, quando os alunos observam as imagens de cachorros em sua apostila (figura 4) e nas imagens projetadas pelo professor, analisam os diferentes tamanhos, os diferentes tipos de pelagens, formato de orelhas e leem e ouvem de seus colegas e professo, sobre as características comportamentais diferentes (como

agressividade, docilidade, entre outras). A partir dessas observações direcionadas, comparam os dados fornecidos com seu conhecimento vivenciado sobre essas características nos cachorros que poderiam ter visto previamente e formam a evidência sobre os padrões de variabilidade que podem ser importantes em diferentes situações, utilizando-se desse padrão num cenário para análise num sistema aberto, que é também característica epistemológica da atividade experimental da biologia. O obstáculo da natureza do conhecimento biológico que precisa ser superado nesse caso é a visão habitual de que as atividades experimentais das ciências estão sempre relacionadas com experiências que envolvam a visualização direta de fenômenos. Nesse caso, a atividade proposta traz dados para uma experimentação "mental". Considera-se que todo experimento é, em princípio, mental, já que o cientista, antes de executar o procedimento metodológico, primeiro precisa planejar sua atividade, o que exige uma elaboração mental de natureza antecipatória. Entretanto, essa atividade quatro teve a intenção epistemológica de ir além, não apenas de trazer essa natureza antecipatória, mas de trazer aos alunos a aproximação com uma prática epistêmica da experimentação de algumas áreas da ciência, presentes em alguns campos específicos da física e da biologia evolutiva, que utilizam frequentemente as narrativas históricas como metodologia de atividade experimental. Para essas metodologias, parte da atividade experimental é realizada de forma apenas intelectual, devido à impossibilidade de realização dos procedimentos reais por causa dos tipos de dados e sua relação com a questão do tempo e do espaço. A experimentação mental foi base de uma atividade prática rotineira dos filósofos clássicos em que os experimentos físicos davam lugar àqueles praticados apenas no intelecto. Tais experimentos foram os alicerces filosóficos até a chegada do método experimental de Galileo (KIOURANIS; SOUZA; FILHO, 2010).

Assim, para essa atividade das raças de cachorros, foi uma intenção epistemológica que os alunos fizessem uma experimentação mental, tanto para uma antecipação de resultados a partir de seu planejamento (de como ficariam os descendentes dos cachorros a partir de seleção de algumas características importantes para o que foi solicitado), quanto para fazer com que eles fizessem uma parte da experiência conduzida apenas em sua mente, já que, pelo tempo, a

possibilidade de que fizéssemos cruzamentos com cachorros seria impossível. Esse tipo de experimentação mental oferece a possibilidade de discussão de ideias e permite que, mesmo com a impossibilidade de que um experimento seja executado num laboratório, seja possível trazer algumas situações com a consideração de diferentes variáveis que interferem nos resultados e colocar os conceitos prévios para a elaboração da conclusão para os possíveis resultados obtidos. Na física, alguns autores utilizam esse tipo de experimento pela impossibilidade de se fazer a experimentação com determinadas variáveis no universo, como Einstein fez. Na biologia, podemos dizer que as narrativas evolutivas também precisam de experimentos mentais para a construção das conclusões. Segundo Kiouranis, Souza e Filho (2010), essas experimentações são importantes para que se coloque em prova o arcabouço teórico a partir de experimentações que consideram dados reais, mas que são testados apenas intelectualmente. Em nosso caso, as experimentações mentais consideram o arcabouço teórico da seleção artificial e da seleção natural. Consideramos que a modalidade do raciocínio tem um papel fundamental nos processos de transformação do pensamento científico e não são poucos os pesquisadores que destacam sua importância como ferramenta didática válida nos processos de ensino e aprendizagem. O obstáculo da natureza da biologia para isso é que o uso de experimentos mentais na educação tem sido pouco enfatizado como modalidade de ensino (KIOURANIS; SOUZA; FILHO, 2010) e, assim, seu desenvolvimento na área de investigação mental e na antecipação de resultados é pouco exercido.

Também foi uma intenção epistemológica a busca de elementos para compor a estrutura argumentativa de resolução da questão problema da SEBBI. No caso da aula quatro, buscamos apresentar o componente da evidência do mecanismo de seleção natural, sendo que o obstáculo da natureza da biologia neste caso, é a falta de conhecimento prático de identificação, construção e utilização de evidências para estruturar a argumentação. A ênfase da sequência, nessa aula, também foi ressaltar os dados apresentados para nossa intenção epistemológica da construção argumentativa, pois se pretendeu que os alunos usassem essas evidências para responder à questão-problema e chegar à conclusão.

Aula Cinco: (19/10)

Materiais produzidos e utilizados:

- Projeção da imagem da apostila sobre a seleção artificial (raças de cães, anexo 7) com a retomada sobre a formação das raças pelos diferentes grupos.
- Projeção de PowerPoint com o tema sobre seleção artificial e seleção natural (anexo 8)

Atividades para Alunos:

Para essa aula, a professora utilizou a discussão da atividade das raças de cães para iniciar a aula teórica com os alunos. Em primeiro lugar a professora apresentou o PowerPoint com as imagens da apostila do anexo 7. Em seguida, para fazer a discussão de fechamento e síntese sobre a seleção artificial e fazer a conexão com a seleção natural, apresentou o PowerPoint do anexo 8. Abaixo, algumas imagens:

Figura 18: Slides 3 e 4 do PPT de apresentação para a discussão sobre a seleção artificial, em que a professora discute outros exemplos de seleção artificial.

Figura 19: Slides 7 e 8 do PPT sobre seleção artificial e seleção natural.

Durante a aula, a professora discute vários aspectos sobre a seleção artificial, com vários exemplos de plantas cultivadas, animais, e conta a história da domesticação de raposas (ver anexo 8). Em seguida, com os *slides* sobre a polinização, começa a fazer uma comparação com o que acontece na natureza, em que os selecionadores não são humanos, mas os elementos bióticos ou abióticos. Então, constrói o conceito de seleção natural, pedindo aos alunos que escrevam em seus cadernos o conceito de seleção natural. Depois disso, formaliza a teoria de Darwin da evolução biológica, ressaltando a autoria e os princípios da teoria completa.

Intenções Conceituais e Obstáculos Conceituais: são intenções conceituais dessa atividade a construção dos conceitos de seleção artificial e a relação com a seleção natural, foco da sequência didática. Para isso, consideramos como obstáculo conceitual a tipologia (essencialismo), a teleologia e o finalismo. São intenções a continuidade de construção dos conceitos de gradualismo, de ancestral comum e descendência, além da evolução biológica em si. Consideramos como obstáculos conceituais a questão do tempo geológico para a compreensão da formação da biodiversidade, que exige um entendimento de tempo muito maior do que a vivência humana e que pode trazer dificuldades para a compreensão da história evolutiva.

Intenções Metodológicas e Obstáculos Metodológicos:

A intenção metodológica dessa unidade foi fornecer aos alunos a oportunidade para construção conceitual que pode ser utilizada como apoio teórico e garantia dos dados obtidos em sua investigação sobre a origem da biodiversidade na Terra. Essa construção conceitual é fundamental para possibilitar a articulação entre os dados apresentados e a formação de evidências, ação que foi incentivada, orientada e estimulada pela professora ao longo de sua apresentação e discussão. Dessa forma, a intenção metodológica dessa aula é promover a relação entre os dados com os conceitos aceitos pela comunidade científica, nesse caso, a seleção natural, formando assim as evidências da evolução biológica e a resolução da questão de investigação.

O maior obstáculo metodológico é a pouca prática dos alunos em fazer esse tipo de investigação, com a coesão entre os dados e os conceitos científicos,

produzindo a construção de evidências para a conclusão sobre a origem da biodiversidade.

Intenções relacionadas à natureza da biologia e Obstáculos relacionados à natureza da biologia:

A intenção da atividade é que os alunos se aproximem da prática da experimentação mental de construção teórica a partir de observação direcionada, comparação e construção de um conceito. Quando propusemos que a professora utilizasse o conceito de seleção artificial para fomentar o raciocínio dos alunos a fim de que comparassem e fizessem inferências com processos similares da natureza, fizemos uso de uma prática epistêmica da experimentação em biologia evolutiva, e isso foi uma intenção epistemológica da SEBBI. A transferência lógica proposta é a base do argumento de Darwin para a seleção natural e nós propomos uma ação similar nesta pesquisa. Também foi intenção epistemológica ressaltar as evidências que Darwin utilizou para compor sua teoria, justificando os conceitos que compõem a teoria da evolução biológica.

Aula Seis: (24/10 e 25/10)

Materiais produzidos e utilizados:

- Projeção de PowerPoint com a retomada das questões sobre a origem das espécies e novas situações experimentais de biologia evolutiva (ver abaixo os *slides* com as propostas, figura 20 a 23).

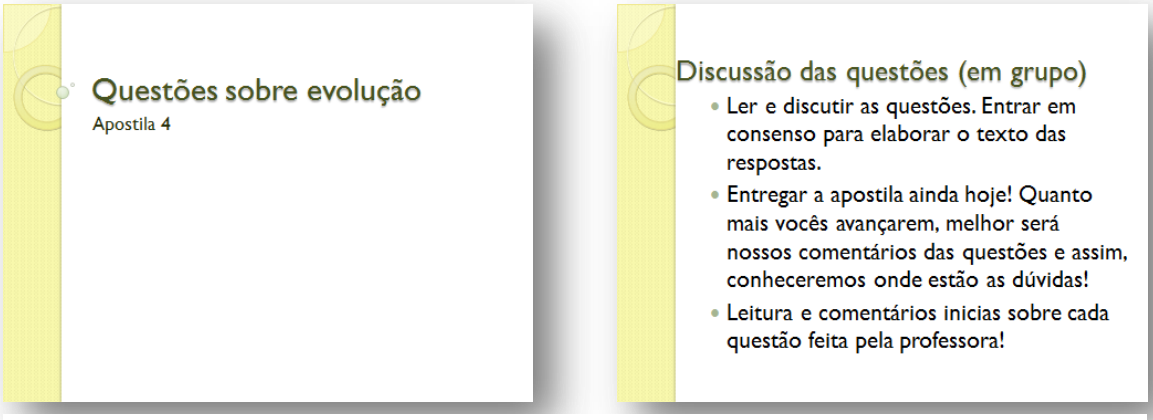


Figura 20: Slides 1 e 2 do PowerPoint apresentado pela professora no final da sequência, para a discussão das questões sobre evolução. O segundo slide contém as orientações sobre as atividades que os alunos deverão realizar.

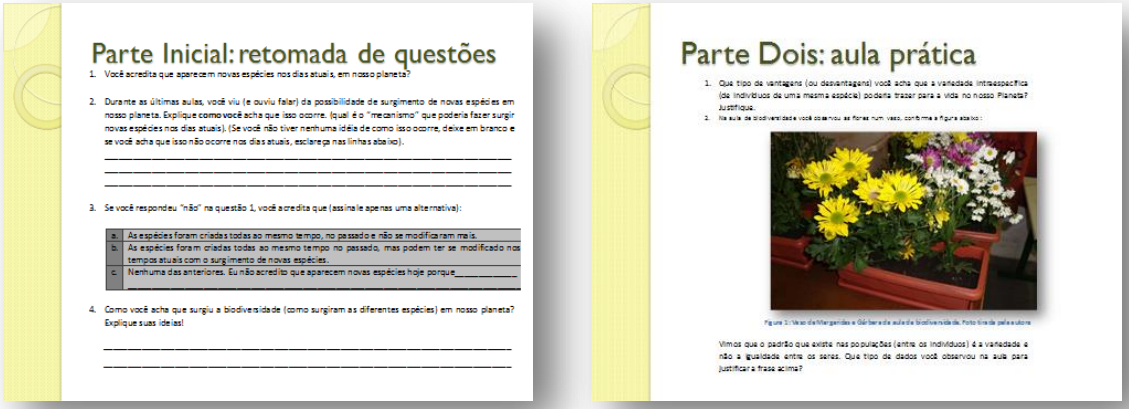


Figura 21: Slides 3 e 4 compostos com base nas questões da apostila 4, entregue aos alunos.

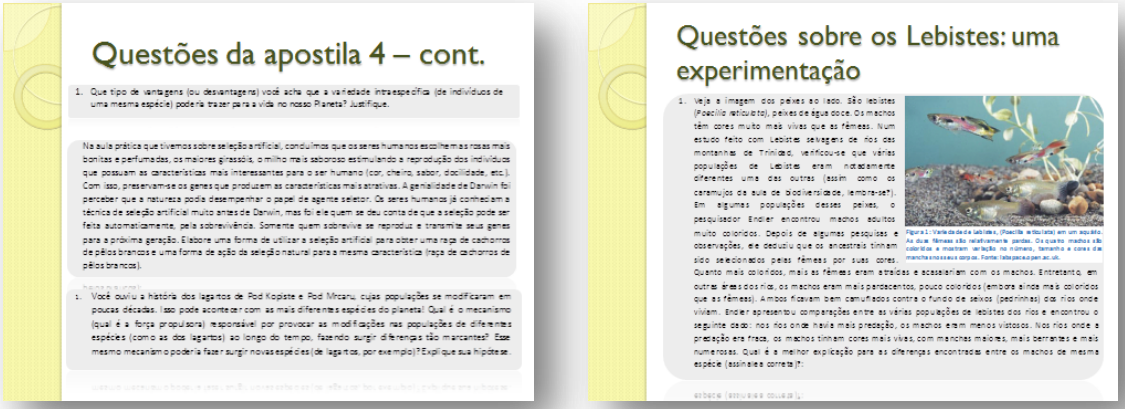


Figura 22: Slides 5 composto de maneira a reapresentar aos alunos as questões de investigação sobre a biodiversidade. Slide 6 apresenta uma nova situação problema, de uma experimentação com realizada com lebistes.

Apostila quatro, entregue aos alunos (anexo 9), com a retomada das questões do início da SEBBI e com novas situações problema.

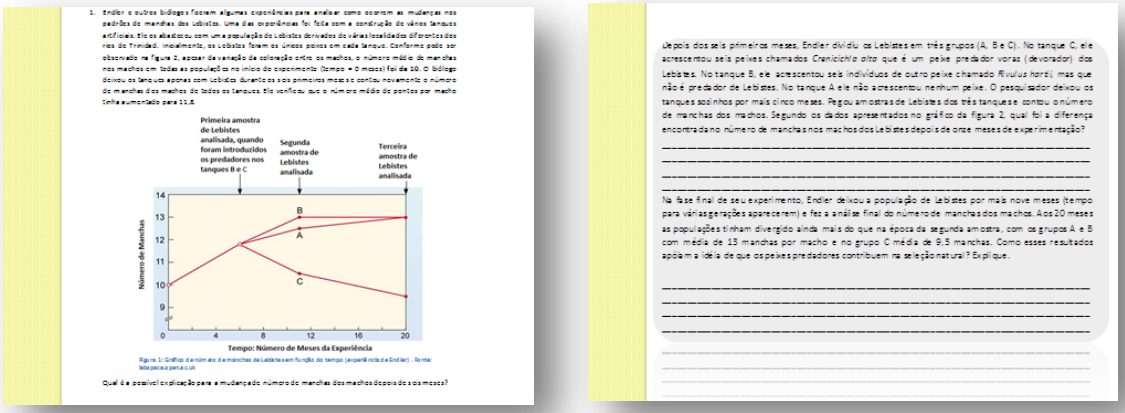


Figura 23: Slides 8 e 9: apresentam as questões que estão na apostila quatro e que deverão ser respondidas pelos alunos, em grupo. A professora explica o gráfico e ressalta que são os dados da experiência.

Atividades para Alunos: A professora apresentou em PowerPoint (figuras 16 a 19) as questões de discussão para fechamento da sequência. Para isso, apresentou várias imagens e novos exemplos. a fim de discutir, sobre cada questão, o que haviam entendido durante as aulas. A professora explicou a proposta da atividade, que deveria ser feita pelos mesmos grupos que começaram desde a aula de biodiversidade. Entregou as apostilas aos grupos de alunos e avisou que seriam recolhidas ao final da aula para correção e análise e que eles teriam uma devolutiva na semana seguinte.

Intenções Conceituais e Obstáculos Conceituais: são intenções conceituais dessa aula a discussão sobre a construção final dos conceitos que compõem a teoria de evolução biológica de Darwin, especialmente o conceito de seleção natural, de biopopulação, o gradualismo, o ancestral comum e a descendência e o conceito de espécie. Os obstáculos conceituais que se pretende enfrentar são o essencialismo (tipologia), o fixismo, o finalismo e a teleologia cósmica. Assim, a sequência providenciou uma apresentação aos alunos com as questões de surgimento da biodiversidade, e a professora discutiu com eles a conclusão sobre esse tema, retomando os dados e as conclusões sobre as aulas iniciais. Além desse foco, a SEBBI propôs a discussão de novas questões-problema de forma a impulsionar, a partir de novos dados experimentais, o uso do conceito de seleção natural como explicação para a mudança nas espécies (como no caso dos lebistes, figuras 18 e 19 e anexo 9). Para isso, depois da retomada da questão inicial da sequência, sobre a origem das espécies (figura 17 e anexo 9), os alunos foram apresentados ao caso da experiência com lebistes, por meio da apresentação. A professora fez a narrativa sobre a experiência realizada, ressaltou os dados obtidos com a apresentação dos gráficos e, depois disso, sem dar as respostas (a conclusão), pediu que os alunos se reunissem em grupos (os mesmos do início da sequência) e solicitou que escrevessem, por escrito, depois de discussão entre os componentes dos grupos, as respostas para as questões propostas (ver anexo 9 para apostila completa). Abaixo, as questões que deveriam ser respondidas:

1. Você acredita que aparecem novas espécies nos dias atuais, em nosso planeta? SIM NÃO

2. Durante as últimas aulas, você viu e ouviu falar da possibilidade de surgimento de novas espécies em nosso planeta. Explique **como você** acha que isso ocorre, ou seja, qual é o "mecanismo" que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais. (Se você não tiver nenhuma idéia de como isso ocorre, deixe em branco **e se** você acha que isso não ocorre nos dias atuais, esclareça nas linhas abaixo).

_____
_____
_____

3. Se você respondeu "não" na questão 1, você acredita que (assinale apenas uma alternativa):

a.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo, no passado e não se modificaram mais.
b.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo no passado, mas podem ter se modificado nos tempos atuais com o surgimento de novas espécies.
c.	Nenhuma das anteriores. Eu não acredito que aparecem novas espécies hoje porque_____ _____

4. Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta? Explique suas ideias!

_____
_____

Figura 24: Imagem da apostila quatro, entregue aos alunos. As quatro primeiras questões são iguais àquelas que foram feitas no pré-teste

Na primeira parte da apostila (questões de 1 a 4, figura 24), os alunos deveriam responder às mesmas questões que foram feitas logo no início da sequência. As questões deveriam ser discutidas em grupo e depois respondidas nas apostilas.

Na segunda parte da apostila, foram retomadas as temáticas das aulas sobre biodiversidade intraespecífica, seleção artificial e evidências da evolução. Essas questões não são iguais àquelas feitas nas apostilas sobre o mesmo tema. Seguem algumas dessas questões:

5. Na aula de biodiversidade você observou as flores num vaso, conforme a figura abaixo:

Figura 1: Vaso de Margaridas e Gérbera da aula de biodiversidade. Foto tirada pela autora

Vimos que o padrão que existe nas populações (entre os indivíduos) é a variedade e não a igualdade entre os seres. Que tipo de dados você observou na aula para justificar a frase acima?

6. Que tipo de vantagens (ou desvantagens) você acha que a variedade intraespecífica (de indivíduos de uma mesma espécie) poderia trazer para a biodiversidade no nosso Planeta? Justifique.

_____
_____
_____
_____

7. Na aula prática que tivemos sobre seleção artificial, concluímos que os seres humanos escolhem as rosas mais bonitas e perfumadas, os maiores girassóis, o milho mais saboroso estimulando a reprodução dos indivíduos que possuam as características mais interessantes para o ser humano (cor, cheiro, sabor, docilidade, etc.). Com isso, preservam-se os genes que produzem as características mais atrativas. A genialidade de Darwin foi perceber que a natureza podia desempenhar o papel de agente seletor. Os seres humanos já conheciam a técnica de seleção artificial muito antes de Darwin, mas foi ele quem se deu conta de que a seleção pode ser feita automaticamente, pela sobrevivência. Somente quem sobrevive se reproduz e transmite seus genes para a próxima geração. Elabore uma forma de utilizar a seleção artificial para obter uma raça de cachorros de pêlos brancos e uma situação em que, por ação da seleção natural, os cachorros tivessem a mesma característica selecionada (pêlos brancos).

_____
_____
_____
_____

8. Você ouviu a história dos lagartos de Pod Kopiste e Pod Mrcaru, cujas populações se modificaram em poucas décadas. Isso pode acontecer com as mais diferentes espécies do planeta! Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese.

_____
_____

Figura 25: Imagem das questões da apostila quatro, de retomada das aulas de biodiversidade (questão 6), da seleção artificial (questão 7) e seleção natural (questão 8)

Intenções conceituais

Foram intenções dessa aula que os alunos (re)construíssem, portanto, os conceitos de seleção natural, evolução biológica, gradualismo, biopopulação, espécie e ancestral comum. Os obstáculos conceituais estão sendo tratados indiretamente, pois, ao retornar com a questão sobre a biodiversidade, consideramos a superação dos conceitos de essencialismo; ao tratar da seleção artificial, abordamos a questão do tempo de modificações, do finalismo, da teleologia; ao abordarmos as evidências da evolução, enfrentamos o obstáculo do fixismo.

Em seguida, com a intenção conceitual de abordar novas situações para verificação do uso adequado do conceito de seleção natural como mecanismos de modificação das espécies numa nova situação experimental com Lebistes, incluímos as questões de 9 a 16 (figura 26, questões de 9 a 16).

9. Veja a imagem dos peixes ao lado. São lebistes (*Poecilia reticulata),* peixes de água doce. Os machos têm cores muito mais vivas que as fêmeas. Num estudo feito com Lebistes selvagens de rios das montanhas de Trinidad, verificou-se que várias populações de Lebistes eram notadamente diferentes uma das outras (assim como os caramujos da aula de biodiversidade, lembra-se?). Em algumas populações desses peixes, o pesquisador Endler encontrou machos adultos muito coloridos. Depois de algumas pesquisas e observações, ele deduziu que os ancestrais tinham sido selecionados pelas fêmeas por suas cores. Quanto mais coloridos, mais as fêmeas eram atraídas e acasalariam com os machos. Entretanto, em outras áreas dos rios, os machos eram mais pardacentos, pouco coloridos (embora ainda mais coloridos que as fêmeas). Ambos ficavam bem camuflados contra o fundo de seixos (pedrinhas) dos rios onde viviam. Endler apresentou comparações entre as várias populações de lebistes dos rios e encontrou o seguinte dado: nos rios onde havia mais predação, os machos eram menos vistosos. Nos rios onde a predação era fraca, os machos tinham cores mais vivas, com manchas maiores, mais berrantes e mais numerosas. Assinale entre a alternativa "a" e a alternativa "b", qual é a melhor explicação para as diferenças encontradas entre os machos de mesma espécie:

Figura 2: Variedade de Lebistes, (Poecilia reticulata) em um aquário. As duas fêmeas são relativamente pardas. Os quatro machos são coloridos e mostram variação no número, tamanho e cores das manchas nos seus corpos. Fonte: labspace.open.ac.uk.

   a. Os machos foram se adaptando, conforme a necessidade, para não serem vistos pelos predadores e foram ficando menos coloridos. Como eles foram se reproduzindo, passaram essa característica para os filhotes.
   b. Os casais de lebistes têm filhotes com pequenas diferenças nas cores, tendo filhotes muito coloridos ou um pouco menos coloridos. Os machos menos coloridos sobrevivem mais do que os de cores muito chamativas, pois são menos predados pelos grandes peixes da região. Então os sobreviventes vão se reproduzindo. A predação acaba selecionando naturalmente os lebistes menos coloridos nessas áreas.

10. No caso dos lebistes, as populações com pequenas diferenças entre os machos poderia dar origem a duas novas espécies (uma com machos pardacentos e outra com machos muito coloridos)? Como isso poderia ocorrer? Crie uma história para isso!

    _____
    _____
    _____
    _____

11. Endler e outros biólogos fizeram algumas experiências para analisar como ocorrem as mudanças nos padrões de manchas dos Lebistes. Uma das experiências foi feita com a construção de vários tanques artificiais. Ele os abasteceu com uma população de Lebistes derivados de várias localidades diferentes dos rios de Trinidad. Inicialmente, os Lebistes foram os únicos peixes em cada tanque. Conforme pode ser observado na figura 3, apesar da variação da coloração entre os machos, o número médio de manchas nos machos em todas as populações no início do experimento (tempo = 0 meses) **foi de 10**. O biólogo deixou os tanques apenas com Lebistes durante os seis primeiros meses e contou novamente o número de manchas dos machos de todos os tanques. Ele verificou que o número médio de pontos por macho tinha aumentado para 11,8.

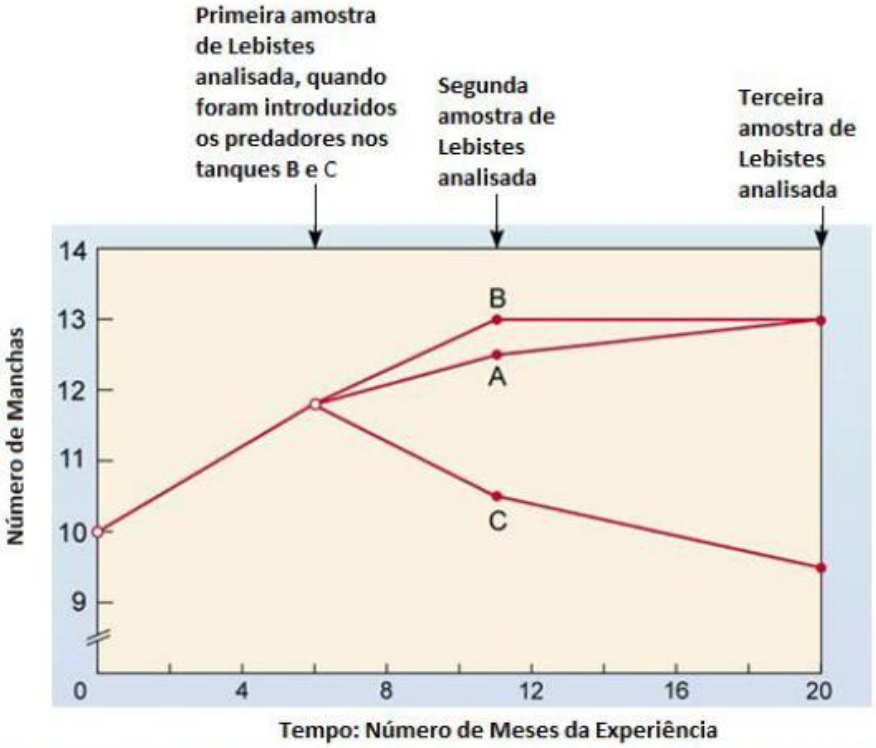


Figura 3: Gráfico de número de manchas de Lebistes em função do tempo (experiência de Endler) . Fonte: labspace.open.ac.uk

Qual é a possível explicação para a mudança de número de manchas dos machos depois de **seis meses**? Explique sua resposta.

_____

_____

_____

12. Depois dos seis primeiros meses, Endler dividiu os Lebistes em três grupos (A, B e C). No tanque C, ele acrescentou seis peixes chamados *Crenicichla alta* que é um peixe predador voraz (devorador) dos Lebistes. No tanque B, ele acrescentou seis indivíduos de outro peixe chamado *Rivulus hartii*, mas que não é predador de Lebistes. No tanque A ele não acrescentou nenhum peixe. O pesquisador deixou os tanques sozinhos por mais cinco meses. Pegou amostras de Lebistes dos três tanques e contou o número de manchas dos machos. Segundo os dados apresentados no gráfico da figura 2, qual foi a diferença encontrada no número de manchas nos machos dos Lebistes depois de onze meses de experimentação? Explique por quê.

_____

_____

_____

_____

13. Na fase final de seu experimento, Endler deixou a população de Lebistes por mais nove meses (tempo para várias gerações aparecerem) e fez a análise final do número de manchas dos machos. Aos 20 meses as populações tinham divergido ainda mais do que na época da segunda amostra, com os grupos A e B com média de 13 manchas por macho e no grupo C média de 9,5 manchas. Como esses resultados apóiam a ideia de que os peixes predadores contribuem na seleção natural? Explique.

_____

_____

14. Se você tivesse que participar de um debate sobre a evolução das espécies em nosso planeta e tivesse que explicar como surgiram todas as espécies existentes, que tipo de afirmação você acha que seria mais apropriada para explicar a origem das espécies (assinale a alternativa correta):

    a. As espécies de plantas, micróbios e animais surgiram todos ao mesmo tempo, há milhares e milhares de anos e continuam iguais até hoje.
    b. Uma espécie mais simples vai se modificando e se tornando mais complexa, desenvolvendo o órgão que mais precisa, se adaptando ao ambiente. Assim, quanto mais se usa uma estrutura, mais ela se desenvolve e essa modificação vai sendo passada às gerações futuras.
    c. Os indivíduos mais aptos (mais adaptados), que possuem variações importantes para a sobrevivência numa determinada população, sobrevivem mais e assim conseguem se reproduzir, deixando descendentes. Isso pode provocar mudanças nas gerações seguintes, pois os filhos herdam essas variações (características) dos pais e passam às gerações seguintes, caso a característica continue sendo importante para a sobrevivência no local.

15. Para finalizar a discussão sobre a Teoria da Evolução, você precisará apresentar em seu debate algumas evidências da seleção natural como mecanismo que gera a evolução biológica, de forma a convencer seu público de que essa teoria científica tem validade. **Quais dados e evidências você escolheria para convencer alguém da Seleção Natural** como mecanismo da Evolução Biológica? (você pode assinalar mais que uma alternativa, se for o caso):

    a. Os fósseis que são encontrados estão depositados nas camadas geológicas numa ordem coerente com a evolução. Por exemplo, os fósseis de mamíferos estão depositados depois de uma determinada época e não antes dela, sem exceções.
    b. A resistência aos inseticidas é um fenômeno mundial e as estimativas atuais indicam que mais de 500 espécies de artrópodes desenvolveram resistência a um ou mais pesticidas (substâncias químicas que são usadas na agricultura para matar animais considerados pragas agrícolas). A utilização de inseticidas químicos selecionou insetos cada vez mais resistentes em poucas décadas. A aplicação repetida do mesmo inseticida por alguns anos numa determinada plantação, favoreceu a sobrevivência de variantes genéticas específicas nas populações, levando à sobrevivência dos indivíduos resistentes ao inseticida. A freqüência do gene para resistência aumenta na população e pode se espalhar para outras através do fluxo gênico da reprodução sexuada, criando populações de insetos resistentes ao inseticida.
    c. A experiência com os lebistes, feita por Endler: os dados mostram as modificações nos padrões das manchas em função da presença de predadores ao longo do tempo. Isso pode ser uma evidência da seleção natural, mecanismo da evolução biológica.
    d. O aumento da altura média da população humana, nos últimos anos, é uma evidência da evolução.
    e. As bactérias causadoras de doenças em seres humanos, têm se tornado cada vez mais resistentes aos antibióticos usados para combatê-las. Os antibióticos utilizados matam a maioria das bactérias, mas não todas, pois algumas podem ser naturalmente resistentes aos antibióticos. Essas que sobrevivem se reproduzem e passam essa característica de resistência às próximas gerações de bactérias.

16. Imagine que uma pessoa tenha visto a experiência com os lebistes (descrita na questão 9) e que tenha concluído que *"os peixes se acostumaram com o ambiente e que desenvolveram maior número de manchas porque usaram muito essa característica para atrair as fêmeas (lei do uso) e que diminuíram o número de manchas porque deixaram de usar (lei do desuso)."* Que evidências você usaria para convencê-la de que o que ocorreu foi a seleção natural e não a lei do "uso e desuso"? Justifique sua resposta.

    _____

    _____

    _____

Figura 26: Questões de 9 a 16 da apostila quatro, apresentando novas situações experimentais para os alunos discutirem e resolverem.

Intenções metodológicas e obstáculos metodológicos: foi intenção metodológica que os alunos conseguissem resolver a questão-problema inicial, sobre a origem das espécies, mobilizando todo o conhecimento construído durante a sequência didática. Para isso, a SEBBI proporcionou dois tipos de abordagem: da discussão dos dados e evidências fornecidos previamente (da biodiversidade intraespecífica, da modificação morfológica dos lagartos como evidência da evolução, da seleção artificial), promovendo a articulação com o apoio teórico da seleção natural para formar o argumento final da origem das espécies, apresentando novas situações experimentais, com novos dados e evidências (o caso dos Lebistes), e estimulando as discussões e conclusões dos alunos para esse novo problema, de forma a provocar a construção de argumentação e verificar se o uso de garantia e apoio teórico seria coerente com os conceitos aceitos pela comunidade científica, como a seleção natural, o gradualismo, a biopopulação e o ancestral comum. O trabalho em grupo dessa atividade é uma intenção metodológica de forma a promover o debate e construção de ideias por consenso, melhorando as hipóteses iniciais com as discussões e a aproximação com a natureza da ciência a partir de atividades que apresentem situações reais atuais de investigação em biologia. São obstáculos metodológicos para essa atividade a falta de oportunidades prévias para o trabalho com evidências e a metodologia de resolução de problemas, além da falta de prática de contato prévio com evidências de experiências e a falta de conhecimento sobre a escrita argumentativa na ciência.

Intenções Características da Natureza da Biologia e Obstáculos relacionados à natureza da biologia: como intenção relacionada à natureza da biologia dessa aula, ao apresentarmos novos *dados*^{T} de experimentação em biologia evolutiva, procuramos promover a identificação, pelos alunos, dos dados que evidenciam a modificação ao longo do tempo, isto é, o processo de evolução biológica. Além disso, os *dados*^{T} fornecidos são baseados em observação e comparação, prática epistêmica comum na biologia evolutiva. O tipo de evidência e a narrativa histórica, que envolve gerações em determinada quantidade de tempo, são intenções ligadas à natureza da biologia para a apresentação da nova investigação aos alunos. Outra intenção é que os alunos conseguissem construir argumentação utilizando como garantia o conceito de seleção natural para a conclusão sobre os mecanismos de modificação biológica ao longo do tempo e sobre a origem das espécies. É um obstáculo da natureza da biologia o uso de

teleologia cósmica e o finalismo como garantia na construção de argumentação para a conclusão sobre os mecanismos nos processos de evolução biológica. Além disso, o tempo necessário para a experimentação e a impossibilidade de que os alunos pudessem fazer as atividades práticas no laboratório com os seres vivos também foram obstáculos para a construção do conhecimento biológico. Para superar esses obstáculos a atividade propõe, na medida do possível, a apresentação e discussões sobre atividades experimentais reais em biologia com o tempo relativamente pequeno frente à grande quantidade de tempo necessário para a evolução biológica e origem das espécies. Além disso, apresentam imagens e animais de fácil conhecimento dos alunos, como os lebistes, evitando-se animais desconhecidos dos alunos. Dessa forma, pretendemos que se aproximassem não apenas da linguagem científica biológica na área da biologia evolutiva, como apresentassem os procedimentos metodológicos utilizados para a experimentação nessa área, enfrentando outro obstáculo que é a frequente consideração de que a Teoria da Evolução é apenas uma teoria, como se teoria fosse sinônimo de hipótese sem comprovação por evidências e metodologias científicas. Assim, com a apresentação e discussão de mais questões de investigação e experimentação, a SEBBI pretende aproximá-los das questões relacionadas à natureza do conhecimento da biologia e das atividades experimentais da biologia evolutiva, atualizadas, de forma a motivar a reflexão e envolvimento com a ciência biológica moderna.

Aula Sete: 07/11

Materiais produzidos e utilizados:

- Projeção da imagem da apostila quatro (anexo 9).
- Entrega das apostilas “quatro” (anexo 9), individuais, para todos os alunos responderem como avaliação final.

Atividades para Alunos:

A professora fez uma análise prévia das apostilas entregues na aula seis, e que foram escritas pelos representantes dos grupos. Assim, ao chegar à aula, fez uma breve apresentação aos alunos sobre as principais dificuldades dos grupos nas respostas das apostilas, apontando alguns pontos que precisariam ser melhorados. Depois desses minutos iniciais de síntese e fechamento, a professora entregou aos alunos, dessa vez individualmente, a mesma apostila, solicitando que respondessem as questões propostas até a página16. Ela informou aos alunos que essa apostila seria corrigida como uma avaliação de conhecimento. Os alunos responderam as questões e devolveram à professora.

As intenções conceituais, metodológicas e das características da natureza da biologia são as mesmas da aula seis, uma vez que o material é o mesmo e a única mudança é que os alunos responderam individualmente às questões, de forma a verificar a participação de todos nessa construção.

A seguir, apresentaremos nossos resultados sobre a sequência didática e a relação dos obstáculos e intenções conceituais, metodológicas da biologia.

Análise dos resultados: SEBBI

SEBBI			Aulas						
			1	2	3	4	5	6	7
Conceituais	Intenções	Ancestral comum							
		Seleção Natural							
		Seleção Artificial							
		Gradualismo							
		Evolução Biológica							
		Biodiversidade intra-específica e inter específica (biopopulação)							
		Espécie Biológica							
	Obstáculos	Fixismo							
		Teleologia e finalismo							
		Tipolologia ou essencialismo							
Metodológicos	Intenções	Elaboração de Argumentação para a conclusão da investigação							
		Aproximação de aspectos da natureza da ciência (elaboração de hipóteses, previsão, obstenção de dados, registro de dados, linguagem científica)							
		Interação social, colaboração e cooperação							
		Resolução de problemas (aprendizagem por investigação orientada)							
	Obstáculos	Hábito de responder questões de forma indivudual, sem colaboração e coorpeação para discussão e articulação de ideias.							
		Frequência de utilização pelos estudantes de construção de respostas com afirmações baseadas em conceitos memorizados em contraposição à competência de identificar utilizar dados obtidos em procedimentos experimentais como evidências numa argumentação científica.							
		Hábito dos alunos de resolver apenas exercícicios repetitivos e baseados em memorização, de falta de prática na proposição de hipóteses, na obtenção de dados, no registro e obtenção de dados.							
Natureza do Conhecimento Biológico	Intenções	Aproximar-se de metodologia baseada em narrativa evolutiva, experimentação mental, observação, comparação e construção de modelos para experimentação em biologia							
		Uso de justificativas (garantia e apoio) a partir de conceitos científicos aceitos pela comunidade científica para a construção argumentativa							
		Uso de evidências de observação biológica a partir de padrões de diversidade para construção de argumentação							
		Obtenção de dados experimentais da biologia evolutiva (observação e comparação)							
	Obstáculos	Reconhecimento de variabilidade como padrão de observação e não o enquadramento em tipos (tipologia), que é mais frequente na prática de laboratório							
		Tempo de investigação para obtenção de dados, que, em biologia, muitas vezes acontece em longo prazo							
		A falta de habilidade na prática de observação direcionada e comparativa entre evidências variadas, para obtenção de dados, dado que a natureza da metodologia em biologia nem sempre é experimental;							

Tabela 4: SEBBI e as intenções conceituais, metodológicas e natureza do conhecimento biológico e os obstáculos correspondentes que foram intencionalmente abordados.

A tabela 4 apresenta as intenções da sequência. Nota-se que algumas aulas não contemplam alguns obstáculos. Cada item será discutido em resultados e relacionado à construção de argumentação dos alunos durante a sequência.

Na próxima seção apresentamos o desenvolvimento da construção dos alunos na argumentação.

A construção dos argumentos escritos pelos alunos ao longo da SEBBI

Nesta seção apresentaremos a análise da construção de argumentos pelos alunos ao longo da sequência. Os códigos para a análise foram desenvolvidos a partir do referencial teórico apresentado no capítulo 1, considerando vários aspectos da argumentação de forma a evidenciar as modificações que ocorreram com relação aos dados, afirmações, justificativas e conceituaçõs.

Os primeiros dados utilizados para análise foram as questões presentes no que chamamos de pré-teste (anexo 1).

O pré-teste foi fundamental para entender como os alunos compreendiam algumas questões relacionadas à evolução biológica, especialmente ao conceito da selação natural como mecanismo central da modificação e origem da biodiviersidade. Além disso, procuramos entender como os alunos estruturavam suas respostas, isto é, se eles utilizavam uma estrutura argumentativa na sua escrita antes da realização de nossa pesquisa. Ao longo da SEBBI os alunos participaram de sete aulas, contemplando várias atividades do ensino por investigação e produziram materiais escritos nas apostilas entregues pela professora e produzidos pela nossa pesquisa. As apostilas respondidas pelos alunos, ora individualmente, ora em grupo, foram objeto de nossa análise, inclusive no final da sequência.

Coletamos os dados de todos os alunos, uma vez que pretendíamos analisar a totalidade das produções escritas, com o foco na argumentação e na questão conceitual. Entretanto, por causa da quantidade de dados e do tamanho da análise, fizemos um recorte utilizando um número significativo, porém parcial, da totalidade das respostas escritas pelos estudantes.

Todos os alunos presentes receberam materiais didáticos desenvolvidos pela pesquisadora. Como já discutimos, os materiais foram previamente discutidos com a professora da classe, que solicitou algumas adaptações para o contexto de sua escola e o perfil de seus alunos, considerando algumas caracteístivas específicas. Por exemplo, na aula de biodiversidade, foram retirados os *dados*[T] sobre os grilos, isto é, a comparação entre a morfologia e os sons que possuíam como forma de abordar a biodiversidade intraespecífica. Essa atividade estava presente na proposta inicial, mas foi retirada por causa do tempo disponível e das condições estruturais da escola. Além disso, na parte conceitual e teórica sobre Darwin, a professora pediu que algumas adaptações fossem feitas em relação a Lamarck, incluindo esse estudo, por causa da preocupação do vestibular. Ela solicitou que fosse incluído um comparativo entre os dois.

Conforme já apresentamos anteriormente, os alunos participaram de sete aulas da sequência, iniciando-se em 26 de setembro e finalizando em 7 de novembro de 2011.

Para a análise da argumentação escrita, nossa investigação baseou-se nos materiais escritos entregues pelos alunos. Para isso, nossa investigação usou seis documentos, que foram recolhidos e digitalizados. São eles:

- Pré-teste (anexo 1);
- Apostila sobre biodiversidade intraespecífica e conceito de espécie (anexo 2);
- Questão-problema: diferentes níveis de biodiversidade dos seres vívios (anexo 3);
- Questão-problema: Evolução das espécies (anexo 6);
- Apostila para atividade prática sobre seleção artificial – Como produzir as novas raças de cachorros? (anexo 7);
- Apostila com questões finais sobre evolução. Retomada da questão-problema inicial e aplicação em outras situações. (anexo 9):

Todos os materiais foram entregues depois de orientações da professora e possuíam instruções e conceitos disponibilizados aos alunos sobre os temas em questão. Eles não utilizaram livros ou outros materais didáticos a não ser os fornecidos pela pesquisadora.

No pré-teste fizemos dois tipos de análise: uma sobre a estrutura do argumento (se estava presente), em que buscou também saber as ideias prévias dos alunos sobre o mecanismo da evolução, e outra sobre a presença dos componentes da argumentação.

Para entender a construção argumentativa dos alunos, buscamos as seguintes unidades de análise na escruta argumentativa (figura 27):

Figura 27: Unidades de análise das atividades escritas dos alunos

Para a análise dos argumentos, utilizaremos como base alguns dos critérios apresentados por (SAMPSON & CLARCK, 2008) para o exame da qualidade de argumentação científica:

1. A natureza e a qualidade do conhecimento da afirmação (declaração): por meio de métodos analíticos, analisamos os tipos de afirmações feitas pelos estudantes e a habilidade que usam para coordenar afirmações com evidências disponíveis.

2. A justificativa da afirmação: como (e se) a afirmação está justificada, analisando se os estudantes providenciaram evidências empíricas para a justificativa e se cada tipo de evidência tem uma garantia para o argumento.

3. A articulação entre a afirmação feita e as evidências disponíveis: avaliação das garantias e da articulação destas com os *dados*[T] (e não em opiniões ou crenças pessoais em detrimento dos *dados*[T] disponibilizados).

4. O uso de referências teóricas articuladas para coordenar afirmações e evidências: análise do modo como os estudantes justificam e avaliam as formas pelas quais as evidências são garantidas e interpretadas.

A partir desses critérios, construímos nossa análise, conforme descrito no capítulo 1. A seguir, os dados obtidos sobre a argumentação dos alunos.

a) Análise dos dados do pré-teste

Para o início da análise, o pré-teste (anexo 1) foi entregue aos alunos antes do início da sequência didática, em 10 de outubro de 2011. O objetivo principal desse questionário foi entender os principais conceitos sobre evolução que os alunos da 3ª série do ensino médio possuíam sobre o tema. Por estarem no final do ensino médio, no penúltimo mês de aula, vários conceitos já tinham sido tratados pelos professores. A mesma professora da classe já havia sido a professora de biologia no 2º ano do ensino médio. Esses alunos já haviam estudado, durante a escolarização, genética, ecologia, classificação biológica e fisiologia animal, além de citologia e histologia. Em princípio fizemos a análise dos dados de uma das classes. Escolhemos a classe mais numerosa, a 3ª série K, para nossa análise. Fizemos um estudo das principais categorias de resposta. As respostas dos alunos foram analisadas e colocadas no anexo 10. A classe possui 57 alunos inscritos, mas muitos faltam e outros não frequentam as aulas (desistentes). Assim, para fim de análise, consideraremos o seguinte critério:

1. Utilização das respostas apenas daqueles alunos que estiveram presentes em todas as aulas da sequência, de forma a acompanhar o desenvolvimento de sua argumentação.

2. Consideração apenas daqueles que entregaram todas as apostilas previstas durante a SEBBI.

A partir desses dados, fizemos algumas tabelas e alguns gráficos, que trouxeram as seguintes informações:

Para a questão 1, sobre a crença no aparecimento de novas espécies, 94% dos alunos responderam que sim (gráfico 1). Essa porcentagem é considerada alta para a resposta.

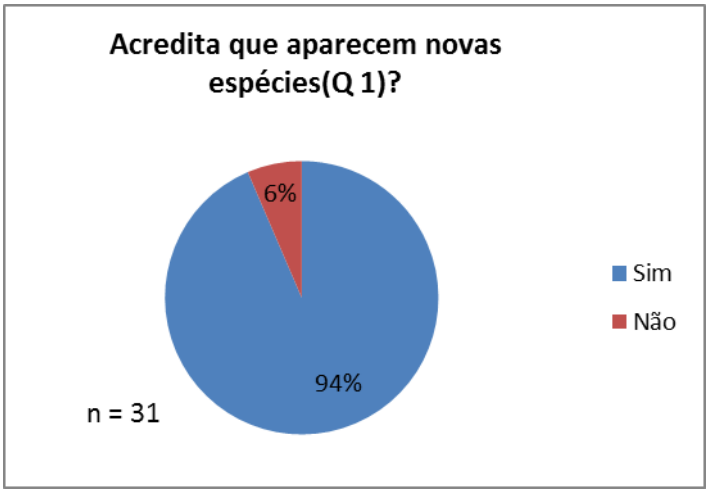


Gráfico 1: Respostas dos alunos do 3º K para a questão 1 do pré-teste

Elaboramos uma segunda questão (Q2) para tentar entender se eles tinham "ouvido falar" sobre o tema (gráfico 2), e o número, apesar de alto, foi menor (77%). Queríamos tentar coletar informações sobre a possibilidade de eles terem ouvido falar nesse tema, o que é diferente de acreditar, no presente, que isso ocorre.

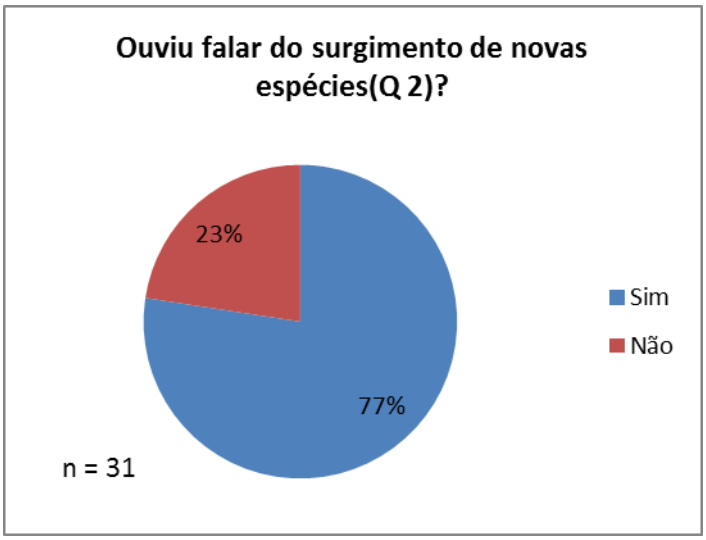


Gráfico 2: Respostas dos alunos do 3º K para a pergunta 2

A seguir, outra análise do pré-teste, que tenta coletar informações sobre qual é o mecanismo de surgimento de uma nova espécie. Esta questão é especialmente importante, pois tem como objetivo coletar informações sobre as concepções dos alunos sobre o uso do "apoio" seleção natural previamente à SEBBI. Assim, no gráfico 3, abaixo, já há uma análise dos tipos de respostas dos alunos para a questão três, que é: *"Se você respondeu "sim" na questão 2, explique como você acha que isso ocorre (Qual é o "mecanismo" que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais). Se você não tiver nenhuma ideia de como isso ocorre, deixe em branco".*

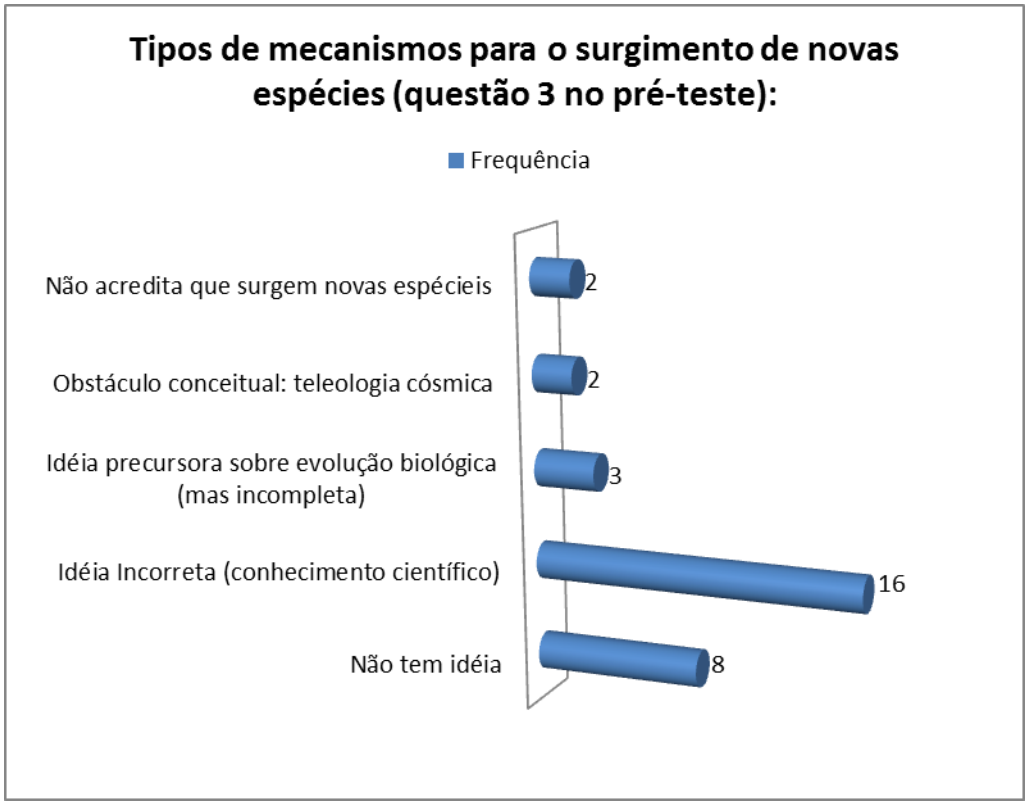


Gráfico 3: Respostas dos alunos do 3º K, no pré-teste sobre a questão 3 (como ocorre o surgimento de novas espécies?

Quando classificamos as respostas (ver anexo 10 para análise completa), a categoria "não tem ideias" englobou as respostas deixadas em branco ou com a inscrição, feita pelo aluno, de que ele "não tem ideia". Para considerarmos "ideia incorreta", colocamos respostas do tipo: "pelo estudo e pesquisa dos cientistas", "pela ação de cientistas nos laboratórios", "pela reprodução rara entre espécies" e "por extraterrestres", que são respostas que não estão em concordância com as teorias e conceitos aceitos pela ciência. Já nesse primeiro teste apareceram alguns obstáculos para a aprendizagem de seleção natural, visto que algumas respostas continham explicitamente, uma ideia precursora

ligada ao obstáculo do determinismo ou finalismo, como “por necessidade da época”, indicando um finalismo. Consideramos que na categoria “ideia precursora ou inicial correta”, por exemplo, apesar de não conter a ideia de seleção natural propriamente dita, começava a apresentar essa concepção. Por exemplo: “por mutação e variação da espécie” e “pela reprodução entre seres com variabilidade genética”; essas são ideias que indicam uma apropriação de conceitos como biopopulação (variação da espécie, p.e.).

Para a questão três, elaboramos também outra análise, mais detalhada, sobre as concepções dos estudantes sobre o componente explicativo do surgimento de novas espécies (gráfico 4). Nossa intenção foi analisar as concepções dos estudantes em relação ao mecanismo de evolução biológica, para explicar a origem das espécies.

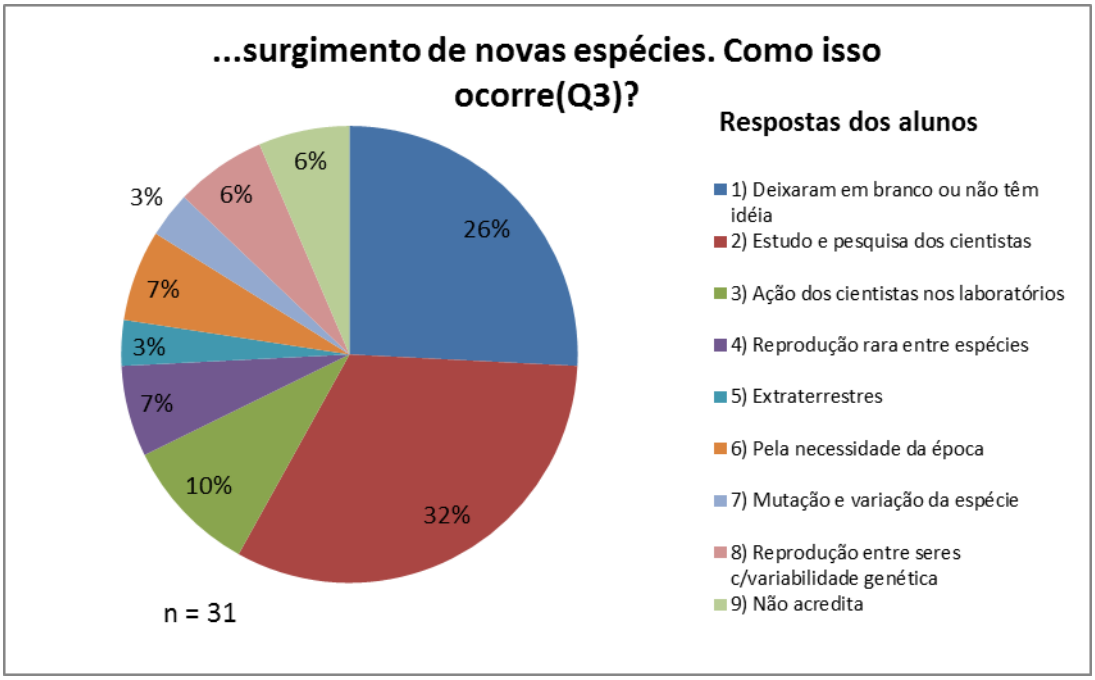


Gráfico 4: Análise das categorias de explicação do surgimento de novas espécies (pré-teste) 3º K

Verifica-se, pela análise detalhada, que a maior parte dos estudantes entende que as novas espécies surgem pela ação dos cientistas. Há duas concepções: a de que os cientistas criam as espécies (provavelmente eles queiram dizer com técnicas de biotecnologia) e a de que os cientistas “descobrem” novas espécies, pelos estudos que fazem. De qualquer maneira, somando-se essas concepções consideradas equivocadas

pelo conhecimento científico atual àquelas outras concepções dos alunos que não sabem como surgem novas espécies, teremos mais de 90% dos alunos escrevendo um apoio para a origem das espécies que não é seleção natural como mecanismo principal.

Em seguida, fizemos a análise da estrutura da resposta da questão três (anexo 1) sobre "como é o mecanismo que poderia fazer surgir novas espécies", de forma a verificar se as construções dos alunos tinham uma estrutura argumentativa, com dados, afirmativas e garantia. Essa análise é importante para nos dar informações iniciais da construção argumentativa dos alunos, de forma que ao longo da sequência essa construção argumentativa individual pode ser mapeada e analisada. Categorizamos as respostas escritas em três tipos: um argumento completo, composto de dado, garantia explícita e conclusão; um argumento incompleto, com dado e conclusão, mas a garantia está implícita; um argumento que possui uma garantia coerente com o apoio teórico da ciência. O gráfico 5 apresenta os resultados dessa análise. Consideramos que o argumento está em "branco" para as respostas dos alunos que só escreveram um dos componentes (não argumentaram) ou que deixaram a questão sem resposta.

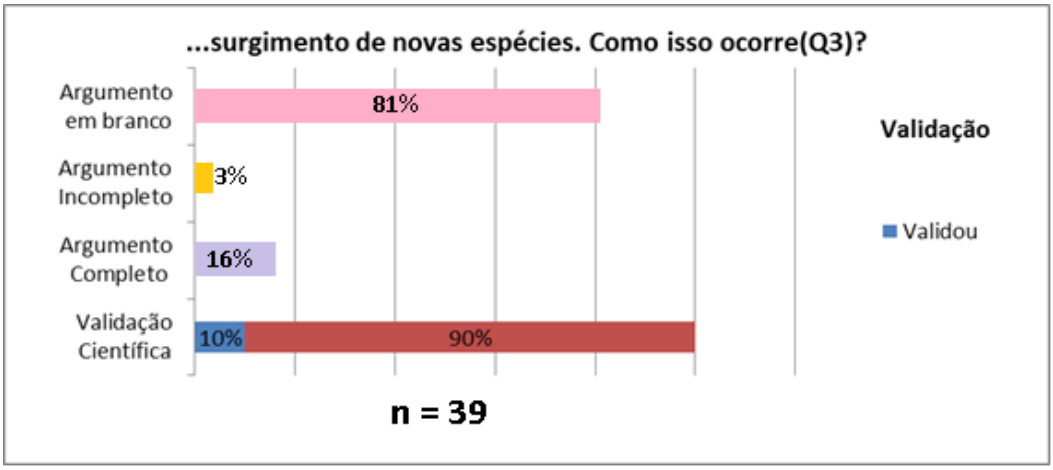


Gráfico 5: Repostas dos alunos do 3º K para a questão 3

Esse gráfico 5 apresenta, no pré-teste, uma pequena porcentagem de alunos que utilizaram uma estrutura argumentativa (16% de argumentos completos e 3% argumentos incompletos), dos quais apenas 10% com garantia considerada válida, isto é, com suporte em conhecimento científico.

Como 94% dos estudantes responderam "sim" para a questão 1, ou seja, que acreditavam que novas espécies aparecem em nosso planeta, um número muito pequeno

respondeu a questão 4, que questionava “por que não acreditavam”. Por isso, não analisamos essas respostas.

Em seguida, analisamos as respostas dos alunos para a questão 5 do pré-teste (ver anexo 1). A questão “Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta?”, muito similar à questão de Darwin sobre o mecanismo de surgimento das espécies, foi elaborada de forma a tentarmos compreender como os alunos, que iriam começar a sequência didática, entendiam previamente o conceito relacionado ao surgimento da biodiversidade.

Verificamos no gráfico abaixo (gráfico 6) que grande parte dos alunos (28%) não apresentou nenhuma ideia sobre esse mecanismo (ou deixaram a questão sem resposta ou escreveram que “não tinham ideia” sobre como isso ocorre). Uma parte maior ainda apresentou a ideia de que a reprodução faz gerar novas espécies. Nesse caso, é possível que o conceito de espécie não estivesse claro e isso tenha sido relevante nessa resposta.

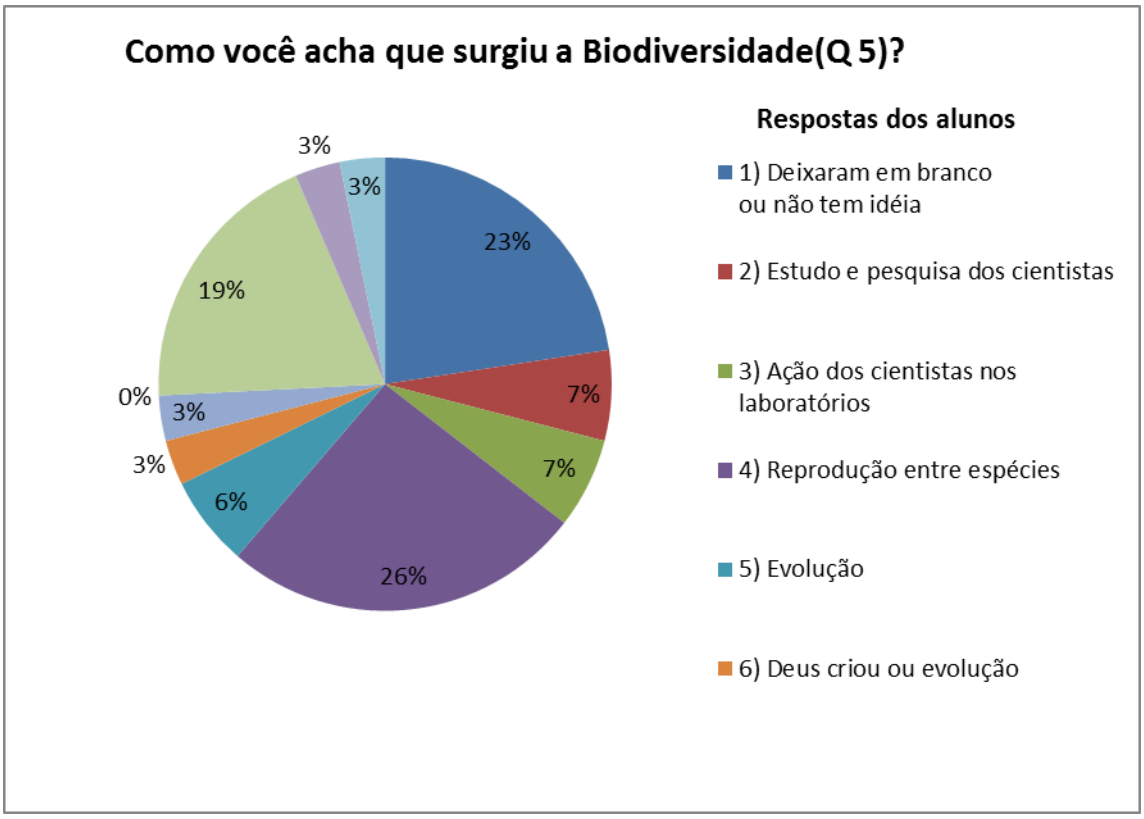


Gráfico 6: Categorias de respostas dos alunos do 3º K no pré-teste para a questão "Como você acha que surgiu a biodiversidade?"

Para a questão cinco, fizemos também a análise das respostas dos alunos de forma a examinar se havia uma construção argumentativa (anexo 10). Dos 31 alunos, apenas 2

utilizaram uma estrutura argumentativa. O foco de nossa análise foi identificar os tipos de explicações que os alunos tinham para a origem das espécies, nas respostas escritas para essa questão. Conforme se pode perceber no gráfico 7, a grande maioria dos alunos mantém a ideia de que " a reprodução entre espécies deve ser o mecanismo de geração de novas espécies". Para nós, isso é um indicativo de inconsistência no conceito de espécie. Outra análise notável é sobre a falta de explicação baseada em conceitos ligados à seleção natural.

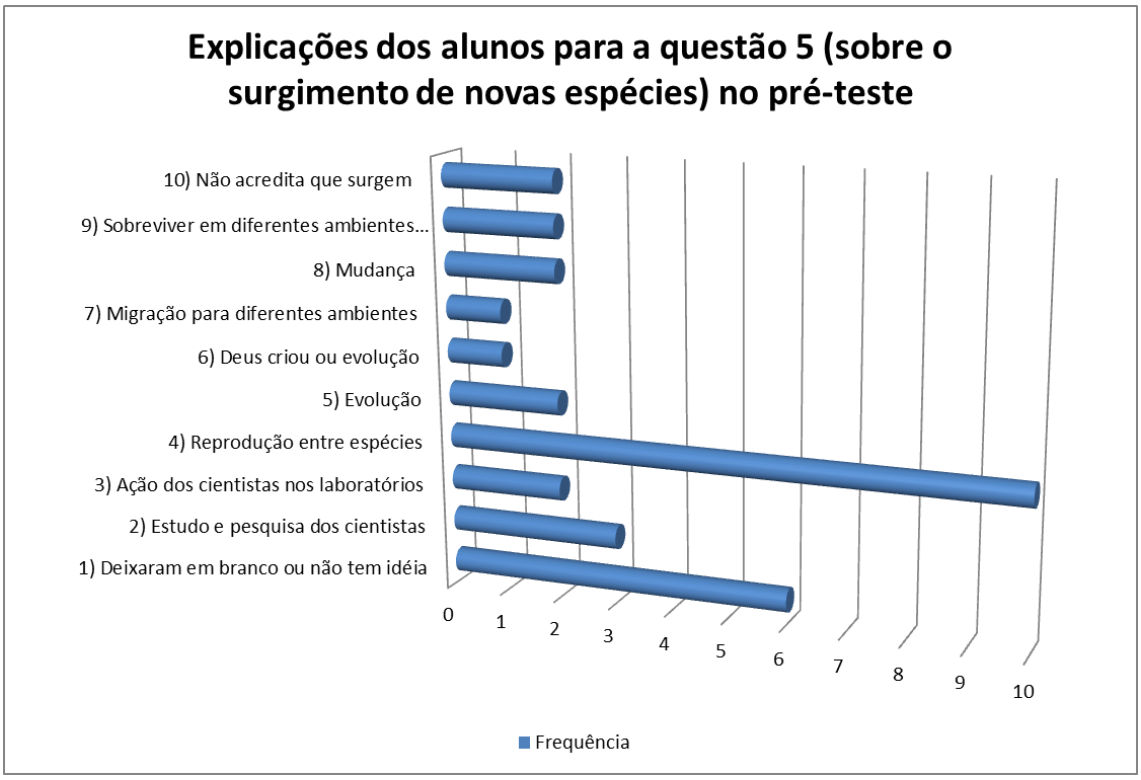


Gráfico 7: Apresentação das respostas dos alunos para a questão 5 do pré-teste. Elaboramos uma análise em função dos tipos de explicações para o surgimento de novas espécies.

Para a questão cinco (anexo 10), também fizemos a análise da estrutura argumentativa das respostas dos alunos. Na figura 30, podemos notar que 90% dos alunos não conseguiram construir uma estrutura argumentativa (dados e afirmação e garantia). Neste caso escrevemos "em branco" para quem deixou de responder ou para quem não construiu o argumento. Daqueles que escreveram e construíram uma estrutura argumentativa, 10% estavam com o argumento completo. Destes, apenas 3% utilizaram uma justificativa válida do ponto de vista da ciência.

A validação expressa está relacionada ao tipo de justificativa que foi usada, isto é, se a justificativa apoiava-se num conhecimento validado pela ciência. Como pôde ser analisado, 97% dos argumentos não tinha validação científica.

b) Desenvolvimento da argumentação escrita dos alunos de uma das classes de 3º Médio (aspectos qualitativos e quantitativos)

Nossa análise das respostas escritas dos alunos da 3ª série K em todas as apostilas gerou um amplo espectro de dados. Como foco de nossa investigação, para que pudesse ser possível uma análise criteriosa, separamos algumas questões que nos pareceram fundamentais para acompanhar o desenvolvimento da escrita argumentativa, como é nossa intenção. Assim, selecionamos, além do pré-teste que acabamos de apresentar, os resultados da hipótese que os alunos escreveram (anexo 6) para explicar o mecanismo de modificação dos lagartos de Pod Mrcaru e Pod Kopiste. A questão-problema, ao final da apresentação dos *dados*^{T}, foi: "Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas diferentes espécies (como a dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes ao longo de poucas décadas?". Fizemos as análises para as respostas escritas dos alunos, para a mesma questão 8 (ver anexo 9)., na apostila final (avaliação). Essa análise permitiu que fizéssemos uma série de análises das escritas dos alunos no meio do processo e ao final, identificando tanto os componentes presentes, como o tipo de componente utilizado pelos alunos. Essa matriz está no anexo 11.

Cada resposta escrita pelo aluno foi decomposta da seguinte forma:

- Ausência ou presença do aluno durante toda a sequência;
- Presença de estrutura argumentativa;
- Dados
- Garantia explícita
- Apoio explícito
- Afirmação
- Refutação
- Qualificador
- Tipo de mecanismo descrito pelo alunos (para dar suporte ao argumento)

- Qualificador e refutador

Fizemos então a decomposição do argumento, separando os componentes conforme seu tipo e a forma de utilização pelo aluno.

Com essa tabela composta, passamos então a codificar os componentes dos argumentos que os alunos escreveram, criando uma tabela com esses dados. A tabela completa, com a categorização de todos os alunos da 3ª série K, está no anexo 12. A seguir, o detalhamento da forma de nossa análise e composição.

Iniciamos com a tabela 5. A princípio, procuramos identificar se as questões respondidas pelos alunos, ao longo da SEBBI, tinham uma estrutura argumentativa, considerando, para isso, a presença de dados, afirmação e garantia (implícita ou explícita). Codificamos 0 para ausente e 1 para presente. Essa análise, feita a partir da tabela do anexo 11, considerou a resposta para a questão 3 do pré-teste (qual era o mecanismo que explicava o aparecimento de novas espécies), para a hipótese que os alunos fizeram depois da apresentação dos dados dos lagartos de Pod Mrcaru e Pod Kopiste (anexo 5) e para a mesma questão, respondida na última aula da SEBBI, como avaliação (questão 8, anexo 9). Assim, ao lermos a tabela 5, podemos afirmar que o aluno 1 não construiu uma estrutura argumentativa no pré-teste (0), mas utilizou uma estrutura argumentativa na hipótese (1). Na questão final, ele não construiu sua resposta com estrutura argumentativa (0). Pintamos de amarelo a linha cujo aluno faltou em alguma das aulas da sequência, pois essa informação pode ser importante na análise. Isso aconteceu com os alunos 2 e 3.

Fizemos também uma codificação para os alunos que inseriram a afirmação (conclusão) para a questão dos lagartos (hipótese e questão 8). Em nossa análise, consideramos se a afirmação feita pelo aluno resolvia a questão proposta. Isso porque, muitas vezes, encontramos respostas sem a estrutura argumentativa, mas apenas com dados ou com a afirmação. No caso de estar presente a afirmação, procuramos analisar se a afirmação respondia efetivamente a questão. Por exemplo, o aluno 1, na hipótese, inseriu a afirmação (1), mas ela não respondia a questão-problema proposta (0).

Esse aluno escreveu na hipótese, a seguinte afirmação: “porém a espécie*s* nunca muda ela se transforma o seu começo é sempre o mesmo”. Consideramos que ele fez uma

afirmação (conclusão), mas ela não responde apropriadamente, segundo o conhecimento científico, qual é o mecanismo que provocou a modificação nos lagartos.

Tabela 5: Análise da escrita dos alunos da 3ª série K. Nas colunas de coloração cinza, a classificação de presença ou ausência de estrutura argumentativa comparativamente no pré-teste, na hipótese e na questão final 8 (sobre o mecanismo de modificação das espécies). Nas colunas de coloração rosa, a presença da afirmação (conclusão) que responde a questão-problema proposta, e se a afirmação, quando inserida, resolve a questão.

		ESTRUTURA ARGUMENTATIVA			AFIRMAÇÃO			
		0 = AUSENTE 1 = PRESENTE			0 = AUS. 1 = PRES.		0 = NÃO 1 = SIM	
ALUNOS	Nº	Pré-teste Questão 3	Na hipótese	Na questão 8 (Final)	Na Hipótese	Na questão 8	Na hipótese, resolveu a questão?	Na questão 8 (final), resolveu a questão?
		PESOS ANALÍTICOS =>						
ALUNO 1	2	0	1	0	1	0	0	0
ALUNO 2	3	0	0	1	0	1	0	1
ALUNO 3	4	0	0	1	0	1	0	0
ALUNO 4	5	0	1	1	1	1	0	0
ALUNO 5	7	0	1	0	0	0	0	0

A tabela 6 apresenta nossa análise, categorização e codificação, para a presença de *dados*^{T} nos argumentos escritos dos alunos da 3ª série K. Para essa análise consideramos que 0 é ausência de *dados*^{T} na resposta à questão, e 1 presença. A fim de que pudéssemos compreender e avaliar como os alunos estavam utilizando os dados, fizemos um detalhamento sobre a forma de utilização dos *dados*^{T,} , de modo similar ao que fizeram (SAMPSON; CLARCK, 2008) ao examinarem como foi a utilização dos

dados pelos alunos para construir seu argumento. Procuramos, dessa forma, analisar a força do uso dos *dados*^{T} para sustentar uma afirmação dos estudantes.

Identificamos se os estudantes utilizaram dados de forma apropriada, com coerência em relação à afirmação elaborada na resposta do aluno, se os dados foram identificados, se foram descritos pelo aluno, se foram relevantes para responder à questão-problema, se o dado foi uma explicação teórica e se foram suficientes. Todos esses elementos buscam analisar a força do uso de dados no argumento dos alunos.

Por exemplo, um aluno que viu as imagens dos lagartos e ouviu a narrativa da professora sobre o caso dos lagartos, tinha dados à sua disposição para sua análise e elaboração da resposta. Se ele respondeu à questão, por exemplo, "os animais mudam", ele terá 1 para utilização de dados, mas 0 para identificação dos dados, pois ele poderia ter colocado, a partir de sua participação como observador na SEBBI, que os "lagartos das ilhas se modificaram" ao longo do tempo. Um aluno (como o nº25) que colocou que "como por exemplo os lagartos em uma ilha viviam de um jeito, se alimentavam de um jeito, já na outra ilha não havia muito o tipo de alimento que eles comiam", ele utilizou dados, identificou (lagartos), descreveu (a mudança nos hábitos alimentares) e esses dados foram relevantes para sua afirmação, então, esse aluno terá 1 em todas as colunas relativas à essas informações. Na tabela 5, podemos dizer então que o aluno 1 inseriu os dados apropriadamente na hipótese (1), mas não o fez na questão final. Além disso, ele usou uma explicação, em vez do dado fornecido, na hipótese. No caso desse aluno, ele escreveu "As diferenças de fato no longo de décadas existem". Segundo nosso critério, ele inseriu um dado apropriadamente (a modificação das espécies, não identificou o dado, pois não escreveu sobre os lagartos, ao contrário, provavelmente está usando um conhecimento conceitual sobre a evolução como seu dado. Já os alunos 2 e 3 faltaram, e o aluno 4 inseriu os dados de forma apropriada, identificou, descreveu e usou dados relevantes, pois possui 1 na coluna da hipótese.

Para nossa análise, consideramos também que o uso de dados no argumento tem pesos diferenciados. Entendemos que a utilização de dados na composição do argumento é muito importante para a construção argumentativa e a força da afirmação. Assim, demos um peso, 3, para o aluno que insere o dado. Se além de inserir ele o identifica, seja numa narrativa de pesquisa como foi no caso dos lagartos, seja numa aula experimental de biologia, em que se observam os dados, ele tem um peso 1, melhorando a força do

argumento quando ele descreve os dados. Por isso, atribuímos o peso 2. Se ele usou um dado relevante para dar consistência à sua afirmação, esse dado tem peso 3. Para o dado que é uma explicação – algo que muitas vezes acontece mas não é; em nosso caso, o que consideramos com mais força no caso de uma investigação que apresenta dados experimentais – consideramos peso 1. Além disso, para se fazer uma afirmação num argumento, é importante que esses dados sejam suficientes para dar sustentação a uma conclusão, pois, se foram poucos ou insuficientes, a sustentação ficará mais fraca. Portanto o peso que atribuímos é 3.

Esses pesos serão considerados para nossa análise no uso de dados como evidências para uma conclusão.

Tabela 6: Análise e categorização dos *dados*[T] presentes nos argumentos escritos de alunos da 3ª K na hipótese e na questão 8, para explicar o mecanismo de transformação dos lagartos

DADOS APRESENTADOS 0 = NÃO 1 = SIM											
Na hipótese, os dados representados foram inseridos apropriadamente?	Na questão 8 (final), os dados representados foram inseridos apropriadamente?	Na hipótese, os dados representados foram identificados?	Na questão 8 (final), os dados representados foram identificados?	Na hipótese, os dados representados foram descritos?	Na qeustão 8 (final), os dados representados foram descritos?	Na hipótese, os dados usados foram relevantes?	Na questão 8 (final), os dados usados foram relevantes?	Na hipótese, os dados foram explicações?	Na questão 8 (final), os dados foram explicações?	Na hipótese, os dados usados foram suficientes?	Na questão 8 (final), os dados usados foram suficientes?
3		1		2		3		1		3	
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Dando continuação à nossa análise, buscamos categorizar os componentes do que pode ser chamado de justificativa, ou seja a garantia e apoio do argumento. Ao analisarmos a composição dos argumentos dos alunos da 3ª série K elaboramos a tabela 7. Para a

categorização e codificação desses componentes, consideramos que a garantia, quando explícita num argumento, torna a construção argumentativa de melhor qualidade, por revelar o raciocínio lógico de relação que o aluno está fazendo para chegar a uma conclusão a partir do uso de *dados* [T]. Além disso, procuramos identificar se o uso da garantia é consistente e coerente com a conclusão a que o estudante chegou, pois ocorre algumas vezes ser essa linha incoerente. Por exemplo, o aluno 6 da tabela 7 apresentou na hipótese a garantia explícita (1), mas ela não era consistente ou coerente com a afirmação feita no argumento (0). Ele colocou: "sempre *à*(sic) novas reproduções" (dado), "acredito que envolve o clima, alimentação, meio ambiente" (garantia), "pois a evolução no mundo não para" (apoio) e "sim, poderia surgir novas espécies" (conclusão). Apesar de termos considerado em nossa análise a possibilidade de várias linhas de raciocínio na garantia e a possibilidade de conclusões diferentes, nenhum dos alunos da 3ª série K obteve 1, ou seja, não conseguimos observar a ocorrência dessa forma de construir a garantia. O apoio é de grande interesse, uma vez que revela o conhecimento teórico que sustenta o argumento. Consideramos, em nossa análise, se o apoio é explícito e o tipo de conhecimento teórico que o aluno está usando, procurando analisar se ele muda durante a SEBBI o tipo de apoio, de forma a verificar se os alunos utilizam conhecimentos que denominamos nesta pesquisa de obstáculos conceituais, modificando o uso ao longo da sequência didática. Assim, por exemplo o aluno 1 não deixa explícito o apoio (0) e na hipótese, para explicar a modificação da população de lagartos, apresenta o apoio fixista. Na resposta da questão 8, ao final da SEBBI este aluno não responde a questão. Há várias maneiras de se interprestar isso, desde uma falta de vontade ou até mesmo a indicação de que ele não superou o obstáculo conceitual do início da SEBBI.

Tabela 7: Análise e categorização da justificativa (garantia e do apoio) presentes nos argumentos escritos de alunos da 3ª K na hipótese e na questão 8, para explicar o mecanismo de transformação dos lagartos

JUSTIFICATIVA															
GARANTIA 0 = NÃO 1 = SIM								APOIO 0 = NÃO 1 = SIM							
Na hipótese, a garantia é explícita?	Na questão 8 (final), a garantia é explícita?	Na hipótese, a linha de raciocínio é consistente?	Na questão 8 (final), a linha de raciocínio é consistente?	Na hipótese, há várias linhas de raciocínio que convergem numa conclusão?	Na questão 8 (final), há várias linhas de raciocínio que convergem numa conclusão?	Na hipótese, há várias linhas de raciocínio que levam a conclusões diferentes?	Na questão 8 (final), há várias linhas de raciocínio que levam a conclusões diferentes?	Na hipótese, é explícito?	Na questão 8, é explícito?	Na hipótese, o apoio é a seleção natural?	Na questão 8 (final), o apoio é a seleção natural?	Na hipótese, o apoio utiliza obstáculo conceitual?	Na questão 8 (final), o apoio utiliza um obstáculo conceitual?	Na hipótese, o apoio é fixista?	Na questão 8 (final), o apoio é fixista?
1		2						1		7		3		2	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Para a tabela 8, nossa análise teve como foco a validade da construção argumentativa, se presente, nas respostas dos alunos. Neste caso, a análise considerou o pré-teste, a hipótese e a questão final, do mesmo tema de seleção natural, procurando compreender como os alunos modificam (ou não) seu argumento nessa questão. Por exemplo, o aluno 3 da tabela 8, que faltou em uma das aulas da sequência, na questão final fez um argumento válido (1) e utilizou um qualificador o que, do ponto de vista da ciência pode ser traduzido, por muitos pesquisadores, como de grande valor para a argumentação.

Tabela 8: Comparativo da validade do argumento, segundo o uso de garantia compatível com a ciência e sobre a presença de refutação e qualificador

ARGUMENTO 0 = NÃO 1 = SIM			
No pré-teste, o argumento é válido?	Na hipótese, o argumento é válido do ponto de vista da ciência?	Na questão 8 (final), o argumento é válido do ponto de vista da ciência?	Na questão 8, o argumento válido tem qualificador ou refutação?
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Para elaborarmos a tabela 9, abaixo, analisamos e categorizamos algumas outras questões presentes na apostila final (anexo 9). São as questões 9 (sobre a explicação para o aparecimento de diferenças nos lebistes no estudo sobre seleção natural), 14 (sobre o mecanismo de evolução) e questão 15 (sobre as evidências que os alunos poderiam usar para convencer alguém sobre a seleção natural). Analisamos as respostas dos alunos a essas questões para procurar compreender como eles responderiam a questões fechadas, que buscam pelo conhecimento específico. O objetivo foi obter mais elementos para compreender as possíveis relações entre o uso de evidências e o uso do conceito de seleção natural como justificativa na elaboração dos argumentos. Além disso, é importante buscamos avaliar a possível apresentação de obstáculos conceituais nas respostas dos alunos, para analisarmos se houve indicações de superação deles ao final da SEBBI. Essas questões constam na apostila final (anexo 7), bem como o pré-teste (anexo 1).

A tabela 9 considera para sim (ou presença) 1 e para erros (ou ausência) 0, da mesma forma que fizemos anteriormente. A tabela completa encontra-se no anexo 12.

Tabela 9: Apresentação de categorização, codificação e respostas às questões dos alunos da 3ª série do ensino médio para identificação de evidências da seleção natural.

AVALIAÇÃO FINAL								
0 = NÃO 1 = SIM				Q15: Para convencer sobre seleção natural				
Pré-teste: Você acredita que novas espécies aparecem em nosso planeta?	Apostila final: Você acredita que aparecem novas espécies me nosso planeta?	Apostila final questão 9: a) = Explicação finalista; b) = Explicação Darwin	Apostila final, questão 14: afirmação sobre a origem das espécies	Alternativa a)	Alternativa b)	Alternativa c)	Alternativa d)	Alternativa e)
	1	b	c	0	1	1	0	1
1	1	b	b	0	1	0	0	0
1	1	b	c	0	0	1	0	1
0	1	b	c	0	1	1	0	1
1	1	b	c	0	0	1	0	0
1	1	b	b	0	1	0	0	0

Assim, ao lermos a primeira coluna concluímos que o aluno 1 considerava, no pré-teste, que não acreditava que surgiriam novas espécies no nosso planeta, mas que ao final da SEBBI, sim (segunda coluna). Em seguida, na tabela 9, esse aluno anotou a questão b para o estudo feito com os lebistes. Essa resposta reflete uma explicação que utiliza o conceito de seleção natural para a explicação sobre as modificações dos lebistes ao longo do tempo. Para a quarta coluna, cuja questão trata de abordar como é a origem das espécies no planeta, esse aluno anotou c, que é a alternativa que apresenta a explicação da seleção natural para a origem das espécies. Esse aluno escolheu as alternativas b, c, e na questão 15, que pretendia que os alunos escolhessem as evidências da seleção natural. As três alternativas são as melhores alternativas, isto é, refletem que o aluno, que sabe o conceito de seleção natural conseguiu identificar as evidências desse conhecimento num conjunto maior de informações. Ao contrário, o aluno 2, que

escolheu a alternativa b, com explicação de teleologia e marcou a alternativa b para evidência da seleção natural, sem ter marcado as outras.

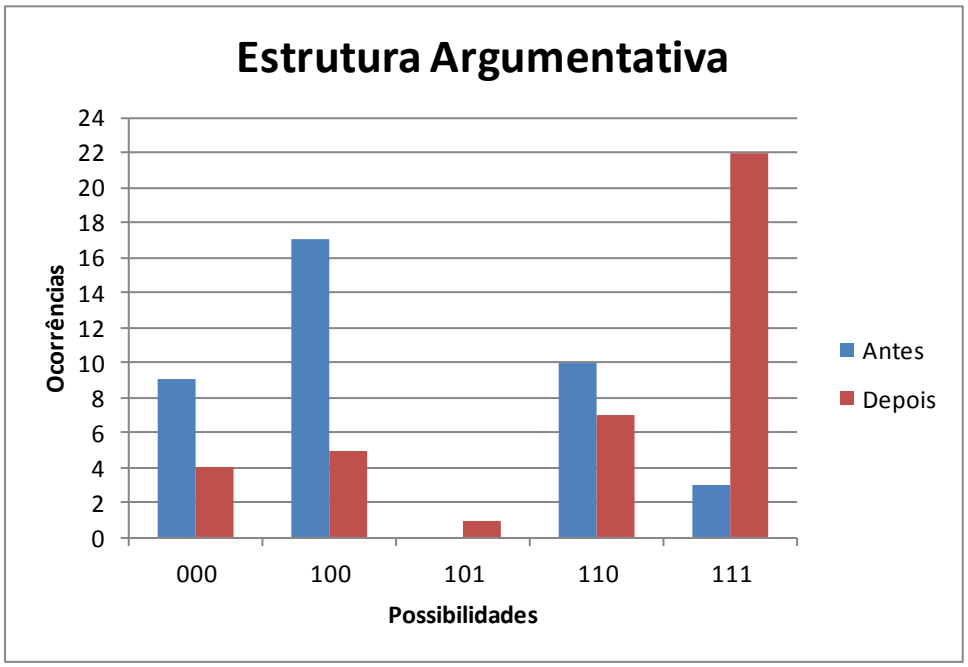
Com base nessa tabela, fizemos análises e apresentaremos a seguir.

Análises dos dados da construção de argumentação ao longo da SEBBI –

A partir da tabela do anexo 12, com os dados da análise qualitativa da composição dos argumentos dos alunos do 3ª K na hipótese e na questão 8, fizemos algumas observações qualitativas, de forma a compreender algumas modificações da estrutura argumentativa dos alunos na hipótese e na questão 8, final.

A primeira análise diz respeito à estrutura argumentativa dos alunos da 3ª série K (gráfico 8). O gráfico revela que vários alunos conseguem, ao final da SEBBI, mesmo sem o ensino da estrutura formal do argumento, construir argumentos que resolvem a questão-problema proposta. No início da sequência, no entanto, poucos alunos já apresentavam esse tipo de construção.

Gráfico 8: Análise qualitativa do Argumento para a Questão-Problema sobre evolução das espécies antes (Hipótese) e depois na apostila final (questão 8)



Legenda:

000 - Não possui estutura argumentativa e não resolve a questão

100 - Há estrutura argumentativa, mas não resolve a questão

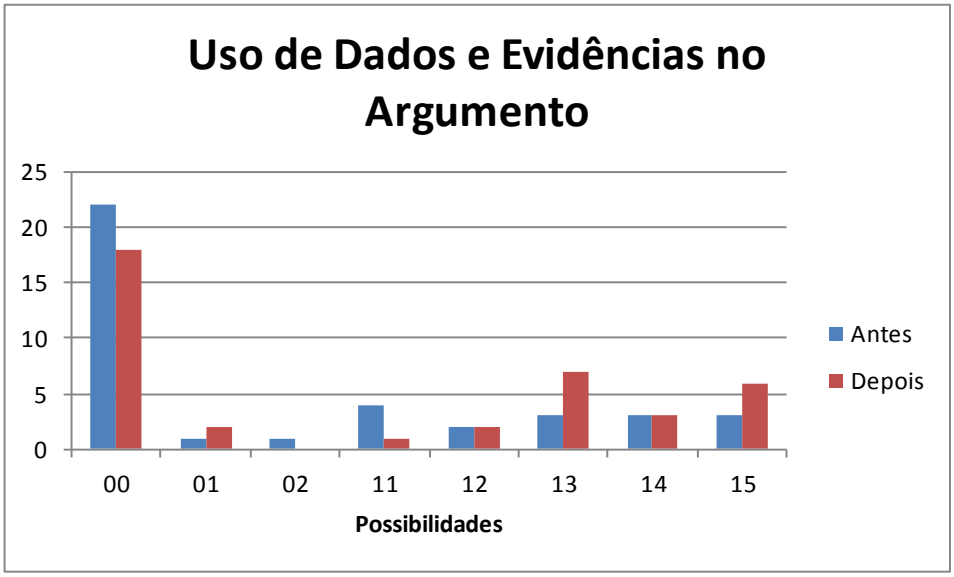
101 - Há estrutura argumentativa e resolve a questão

110 - Há estrutura argumentativa claramente estabelecida, mas não resolve a questão

111 - Há estrutura argumentativa claramente estabelecida e resolve a questão

A próxima análise foi feita sobre o uso de dados, evidências e a construção argumentativa dos alunos (gráfico 9).

Gráfico 9: Análise qualitativa do Argumento para a Questão-Problema sobre evolução das espécies antes (Hipótese) e depois na apostila final (questão 8) quanto ao uso de dados



Legenda:

Primeiro dígito: Os dados foram inseridos apropriadamente?
0-Não
1-Sim

Segundo dígito: Gradação na forma do uso de dados e evidência:
0-Não usou dados e evidências
1-Usou uma das categorias usadas para classificar o uso de dados
2-Usou duas das categorias usadas para classificar o uso de dados
3-Usou três das categorias usadas para classificar o uso de dados
4-Usou quatro das categorias usadas para classificar o uso de dados
5-Usou todas as categorias usadas para classificar o uso de dados

Categorias:
1-Usou dados
2-Os dados foram identificados
3-Os dados foram descritos
4-Os dados foram relevantes
5-Os dados foram suficientes

A análise do gráfico 9 ressalta um número relativamente grande de alunos que não inserem os dados de forma apropriada. É possível que uma das razões seja a pouca

familiaridade de reconhecer dados e inseri-los numa construção argumentativa. Ainda assim, percebe-se que há um aumento no número de alunos que passam a usar dados e que passam a descrever os dados de forma suficiente para responder a questão. Além disso, na graduação do número de categorias utilizadas, percebe-se um aumento na qualidade do uso dos dados, isto é, os alunos usam os dados e os usam de forma mais relevante na construção de seu argumento.

Com relação à análise do apoio utilizado pelos alunos para a construção das respostas sobre a evolução dos lagartos, construímos o gráfico 10, abaixo. Pode-se notar que antes do início da sequência os alunos tendiam a usar o apoio de forma implícita e eram fixistas ou de viés teleológico. A teleologia cósmica é o apoio teórico mais forte antes da sequência. No final, podemos notar que há um aumento no número de alunos que usam o apoio da seleção natural de maneira explícita no argumento.

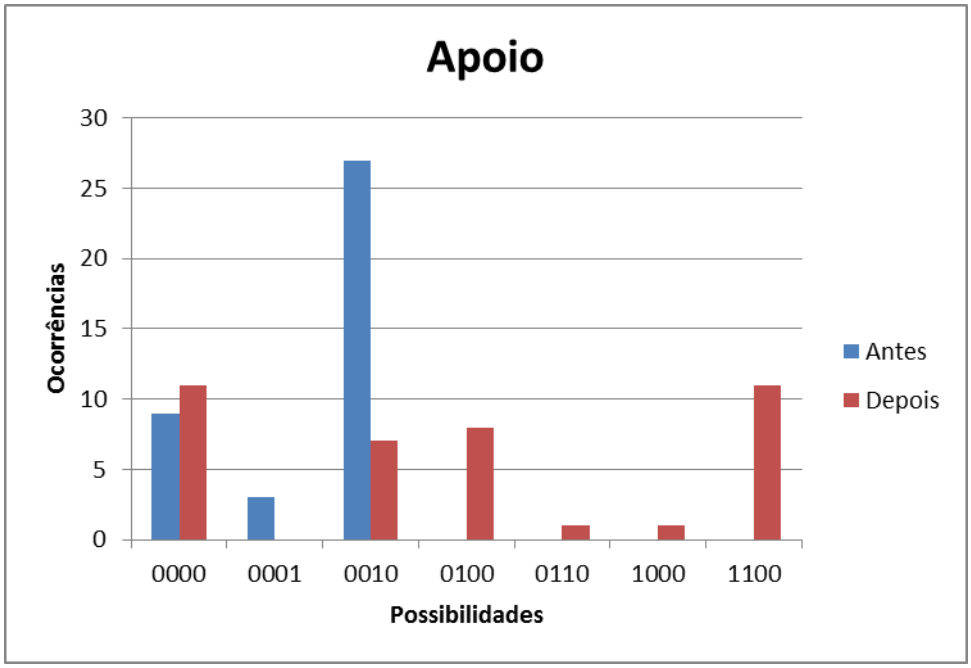
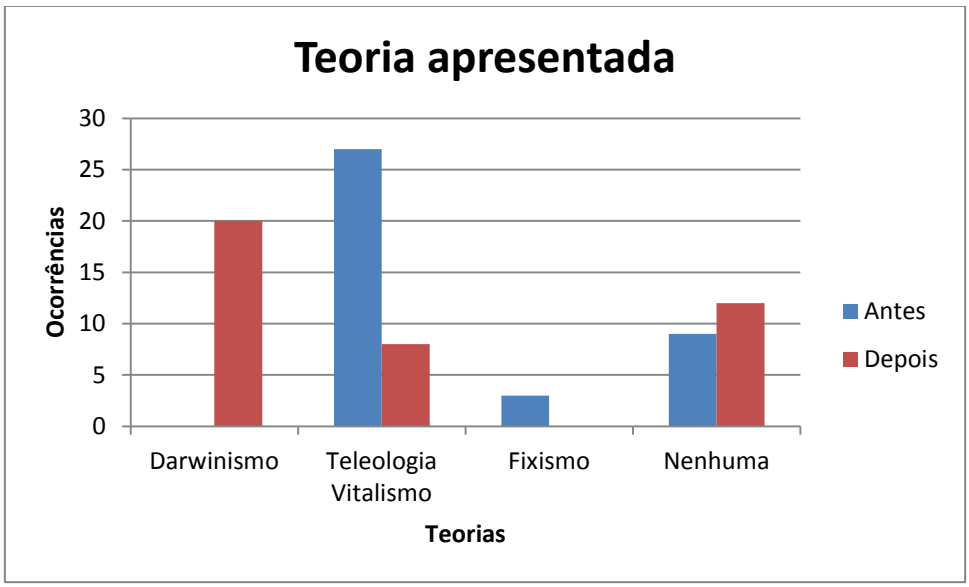


Gráfico 10: Análise qualitativa do Argumento para a Questão-Problema sobre evolução das espécies antes (Hipótese) e depois na apostila final (questão 8) quanto ao apoio teórico

Legenda:
0000 - Não há apoio explícito
0001 - Há apoio implícito fixista
0010 - Há apoio implícito teleológico
0100 - Há apoio implícito darwinista
0110 - Há apoio implícito darwinista e teleológico
1000 - Há apoio explícito
1100 - Há apoio explícito darwinista

No gráfico 11, temos uma visão sobre a teoria apresentada do ponto de vista do apoio do argumento, em relação ao tipo de apoio utilizado pelos alunos na construção de seus argumentos. Percebe-se que há uma forte modificação no apoio utilizado (dos obstáculos teleologia e vitalismo para o darwinismo) e para os que não utilizaram o apoio que sustenta o argumento. Percebe-se, entretanto, que há a permanência dos obstáculos (teleologia cósmica e vitalismo) para alguns alunos e que o fixismo deixou de ser apresentado para dar sustentação ao argumento depois de finalizada a SEBBI. Além disso, ainda permanecem alguns alunos que não apresentam a teoria que estão utilizando na construção da resolução do problema.

Gráfico 11: Análise qualitativa do Argumento para a Questão-Problema sobre evolução das espécies antes (Hipótese) e depois na apostila final (questão 8) quanto à Teoria apresentada



Análise das respostas dos alunos nas questões da apostila final: sobre o uso de *dados*^{T} como evidências da seleção natural e o uso do conceito de seleção natural

Na apostila do anexo 9, inserimos algumas questões que procuraram informações sobre o uso de *dados*^{T} como evidências sobre a seleção natural, procurando oferecer aos alunos diferentes situações daquelas propostas inicialmente, com os lagartos. Foi nosso objetivo entender se eles conseguiriam selecionar *dados*^{T} de diferentes tipos para explicar a seleção natural e se eles utilizariam a teoria da Seleção natural para explicar outras situações, com outros *dados*^{T} . As questões que abordaram esses temas foram várias, mas, para este estudo, abordamos a 9, a 14 e a 15.

Para o 3º K, as respostas para a questão 9, em termos relativos, distribuídas como mostra o gráfico 12.

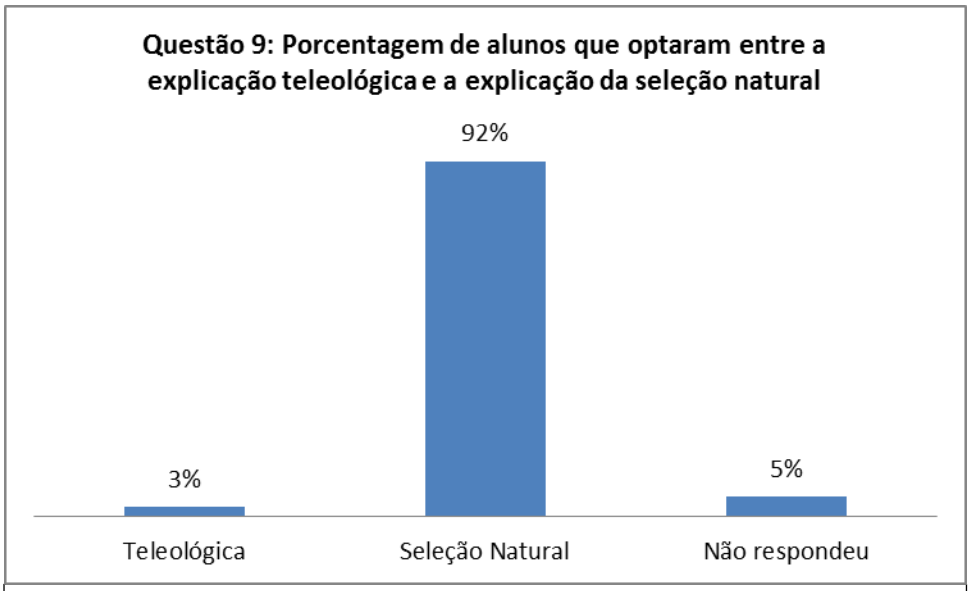


Gráfico 12: Respostas dos alunos da 3ª série K à questão sobre os lebistes, com dois tipos de explicação (teleológica e seleção natural)

O gráfico apresenta um alto índice de alunos que utilizaram a explicação da seleção natural para o estudo feito por Endler para o caso das modificações nos lebistes. O caso foi apresentado com dados de uma atividade experimental real, similar ao que foi proposto com o estudo apresentado com os lagartos, ou seja, a semelhança entre os dados está na atualização e na aderência com a metodologia de pesquisa na área de biologia.

Para a questão 14, optamos por voltar a uma questão mais conceitual, oferecendo respostas sobre o mecanismo que explica o aparecimento de todas as espécies viventes na Terra. Tivemos a intenção de colocar, nas três alternativas, os obstáculos conceituais relativos ao tema da evolução. A alternativa “a”, apresenta como pano de fundo, o fixismo. A alternativa “b” apresenta a teleologia como explicação de base e a alternativa “c” a seleção natural para essa explicação. Obtivemos os seguintes resultados, no gráfico 13.

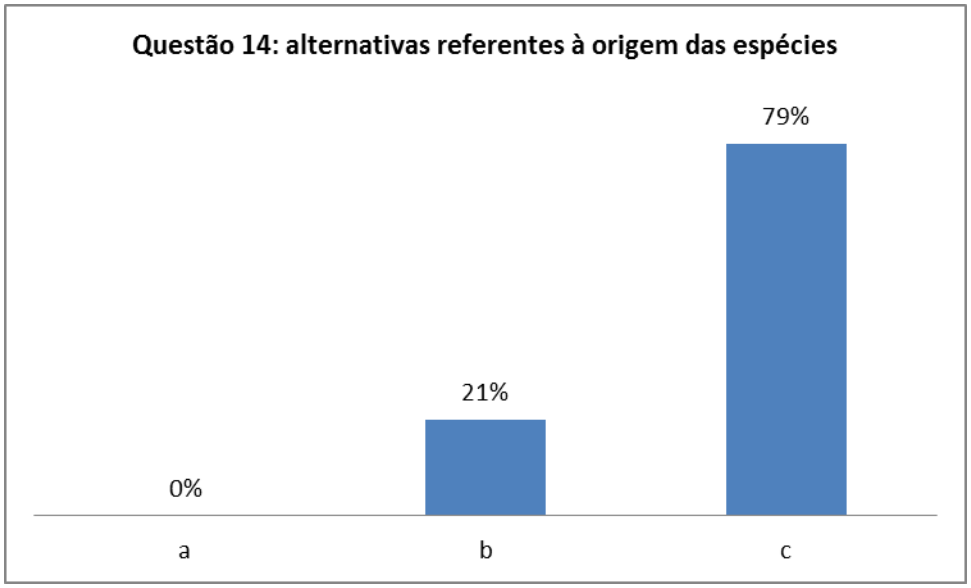


Gráfico 13: Respostas dos alunos do 3º ano K para a questão 14 da apostila final.

A maioria dos alunos assinalou o item "c", que tinha como base a explicação sobre seleção natural. Confirmando os resultados do pré-teste que apresentava poucos alunos informando a concepção fixista, ao final da SEBBI nenhum aluno assinalou a "a".

Para a questão 15, foi nossa intenção oferecer *dados*[T] de diferentes tipos, diferentes e semelhantes aos que já haviam sido tratados nas aulas da SEBBI, com o objetivo de verificar se os alunos conseguiriam reconhecer evidências da evolução. Ou seja, a questão pretende provocar nos alunos o reconhecimento de evidências a partir do conhecimento do conceito de seleção natural. Obtivemos os seguintes resultados:

Do total de alunos da 3ª série K, 41% dos alunos marcaram, concomitantemente, as alternativas b, c, e, que são as alternativas que expressam evidências de seleção natural. Destes, 15% marcaram também a alternativa d, que se refere ao aumento da altura da população e não seria uma evidência de seleção natural.

Procuramos perceber se os mesmos alunos que acertaram a questão 14, ou seja, que anotaram a alternativa c, para seleção natural, também conseguiram selecionar as alternativas sobre as evidências expressas na questão 15. Dos que anotaram c, 52% selecionaram três alternativas de evidências de seleção natural, sendo que destes, 32% marcaram apenas as três alternativas (19% marcou a d, sobre a altura da população como evidência de seleção natural).

Dos alunos que marcaram a letra “b” na questão 14, com explicação teleológica para o aparecimento das espécies, nenhum marcou as três alternativas sobre a seleção natural.

Esse resultado indica que o reconhecimento de evidências de seleção natural ocorre com maior incidência, nessa classe, quando o conceito teórico está construído.

Análise das modificações no espectro argumentativo dos alunos ao longo da SEBBI

Para responder nossas questões sobre as mudanças na composição da argumentação dos alunos, é necessário, além de decompor os componentes e qualificá-los, isto é, discutir que tipo de componente está sendo utilizado e como ele está sendo utilizado, saber como ele se modifica ao longo do tempo, isto é da SEBBI. Esse tipo de análise deve abordar como é a utilização de *dados*^{T} pelos alunos como evidências da seleção natural na composição da estrutura argumentativa escrita de alunos. Além disso, pretendemos entender como os argumentos escritos construídos pelos alunos apresentam a articulação entre as garantias, os apoios e os *dados*^{T} obtidos pelos alunos e, para isso, entendemos que seria necessária uma análise que nos fornecesse informações sobre os componentes do argumento em três eixos que se articulassem, isto é, três eixos em confluência.

Resolvemos utilizar os três eixos articulados de maneira a fornecer um retrato do volume de argumentação produzido pelo aluno num determinado momento e em outro momento, isto é, num movimento, representando um quarto eixo, que será o tempo. Um dos eixos é o da afirmação, isto é, se o aluno inseriu apropriadamente a resolução da questão e se a resolução está coerente com a questão proposta. O segundo eixo é o eixo dos *dados*^{T}, isto é, se o aluno inseriu no argumento *dados*^{T} relevantes, se os descreveu, se os inseriu apropriadamente. O terceiro eixo é o que representa a justificativa, ou seja, a garantia e o apoio, considerando, na análise, se inseriram apropriadamente, se é válida a garantia, se o apoio é um conhecimento científico ou um obstáculo conceitual, por exemplo.

Para isso, para providenciar uma ferramenta que permitisse a evidência dos três eixos do argumento, que são afirmação, dados e afirmação, convergindo para um retrato da produção argumentativa dos alunos, criamos uma tabela 10, que considera os

componentes e a força desses componentes no argumento, utilizando pesos segundo seu papel na composição do argumento.

Consideramos a capacidade argumentativa como o volume valor atribuido pelo produto dos três, a posição do indivíduo no espectro argumentativo, que reflete essa capacidade argumentativa.

Tabela de análise da força dos componetes do argumento que foi obtida a partir da tabela do anexo 12.

Tabela 10: Análise dos componentes dos argumentos, com atribuição de valor ao componente.

	Antes				Depois			
nº	*Presente?*	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*	*Presente?*	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*
2	1	0,50	0,19	0,31	1	0,00	0,00	0,00
3	0				1	1,00	0,69	0,08
4	0				1	0,50	0,63	0,08

Tabela 11: Análise dos componentes do argumento, considerando a articulação dos eixos afirmação, dados e justificativa (antes, na hipótese e depois, na finalização da SEBBI)

	Conceito de Biopopulação			Capacidade Argumentativa Geral		Melhoria			
Acerto (lebistes)	Q5	Q6	*Aproveit*	Antes	Depois	Argumentação	Afirmação	Justificativa	Dados
1	0	0	0,00	0,03	0,00	-0,03	-0,50	-0,19	-0,31
1	1	1	1,00		0,05				
1	1	1	1,00		0,02				

Para criar o espectro argumentativo de integração dos componentes do argumento, precisamos criar uma ponderação a partir de cada um dos elementos. Para isso, utilizamos a tabela do anexo 12, que contém a tabela com a análise qualitativa da composição dos argumentos dos alunos do 3ª K na hipótese e na questão 8. Como explicado anteriormente, demos pesos para cada item do argumento, segundo a força de cada elemento na composição da argumentação.

Os pesos são importantes para refletir a ideia de qualidade dos componentes.

Atribuição de notas aos eixos argumentativos

Para atribuirmos valores aos componentes dos argumentos e obtermos um número representativo do peso e da "força" do argumento, consideramos um valor médio para cada componente. As notas foram inseridas na tabela completa do anexo 13. Abaixo, um pequeno trecho (tabela 12) para nossa análise e referência

Aluno	nº	Antes				Depois			
		Presente?	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*	*Presente?*	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*
aluno 1	2	1	0,50	0,19	0,31	1	0,00	0,00	0,00
aluno 2	3	0				1	1,00	0,69	0,08
aluno 3	4	0				1	0,50	0,63	0,08
aluno 4	5	1	0,50	0,38	0,69	1	0,50	0,19	0,08

Tabela 12: Trecho da planilha (anexo 13) para composição das notas para os componentes dos argumentos para os alunos da 3ª série K, na hipótese e na questão 8 da apostila final

Critérios para atribuição de notas: cada item teve um valor atribuído e rescalonado entre 0 e 1, cuja ponderação se deu pelos pesos indicados na tabela.

Assim, por exemplo, a nota da justificativa (que inclui o apoio e a garantia) para cada aluno foi calculada pela seguinte fórmula:

$J_i = \frac{G_{ex}+2G_{cr}+A_{ex}+7A_{sn}+3A_{te}+2A_{fx}}{16}$, onde:

J_i é a nota para o aluno i quanto à justificativa (calculada antes e depois da intervenção);

G_{ex} mede a explicitação da garantia (0 ou 1);

G_{cr} é a consistência da linha de raciocínio (0 ou 1);

A_{ex} mede a explicitação do apoio (0 ou 1);

A_{sn} indica a presença da seleção natural no apoio (seu peso deve ser maior que a soma dos pesos dos apoios teleológicos ou fixistas) (0 ou 1);

A_{ot} indica o emprego de um apoio teleológico (um obstáculo conceitual relacionado com a evolução) (0 ou 1);

A_{fx} indica o uso do fixismo como apoio (0 ou 1).

Para compreender o significado dessa nota J_i, faremos a aplicação desta fórmula para dois alunos, conforme os pesos indicados na tabela 7 (ou tabela do anexo 12).

Aluno 1 teve os seguintes códigos:

$J_i = \frac{1+2.0+0+0+3.0+2.1}{16}$, portanto sua nota para a justificativa na hipótese é 0,19.

Para o aluno 4, teremos:

$J_i = \frac{1+2.1+0+0+3.1+2.0}{16}$, portanto sua nota para a justificativa na hipótese é de 0,38.

Do ponto de vista de qualificar a justificativa utilizada por ambos, pode-se afirmar que a justificativa do aluno 4 tem uma qualidade um pouco melhor do que a de 1. Isso ocorreu porque o aluno 4 inseriu, no caso da garantia, uma linha de raciocínio consistente e ainda, no apoio explícito, inseriu o conceito teleológico. No caso do aluno 1, ele não inseriu um apoio que pudesse ser identificado dentro dos conceitos conhecidos.

De forma similar, a qualidade no uso dos dados foi calculada pela fórmula a seguir:

$D_i = \frac{3D_{in}+D_{id}+2D_{de}+3D_{re}+D_{ex}+3D_{su}}{13}$, onde:

D_i é a nota para o aluno *i* quanto ao uso de dados (calculada antes e depois da intervenção);

D_{in} indica se os dados foram inseridos apropriadamente (0 ou 1);

D_{id} indica se os dados foram identificados (0 ou 1);

D_{de} indica se os dados foram descritos (0 ou 1);

D_{re} indica se os dados foram relevantes (0 ou 1);

D_{ex} indica se os dados utilizados foram explicações (0 ou 1);

D_{su} indica se os dados usados foram suficientes (0 ou 1).

A utilização de pesos para os dados, foi realizada a partir da descrição que já realizamos a partir da tebela 6. Faremos a exemplificação de notas atribuídas a dois alunos, novamente 1 e 4, para mostrar como ficaram suas notas no uso dos $dados^T$ para a composição do argumento:

Aluno 1 terá a seguinte composição para sua nota:

$D_i = \frac{3.1+0+2.0+3.0+1+3.0}{13}$, portanto sua nota será 0,31.

O aluno 4 terá a seguinte composição como sua nota para o uso de $dados^T$ na composição do argumento:

$D_i = \frac{3.1+1+2.1+3.1+0+3.0}{13}$, portanto sua nota será 0,69.

Podemos então dizer que o aluno 4 teve maior nota no uso de $dados^T$ do que o aluno 1. Isso porque ele inseriu os dados, identificou, descreveu e os dados que inseriu foram

relevantes para a conclusão do argumento. O aluno 1 inseriu $dados^T$ de mas não os identificou, não os descreveu e esses não foram relevantes para a resolução da questão. Além disso, utilizou uma explicação como $dado^T$ e não os empíricos fornecidos.

A qualidade da afirmação que o aluno faz na composição do argumento foi calculada pela fórmula a seguir:

$C_i = \frac{C_{pr}+C_{re}}{2}$, onde:

C_i é a nota para o aluno i quanto ao uso da afirmação (calculada antes e depois da intervenção);

C_{pr} indica se a afirmação está presente (0 ou 1);

C_{re} indica se a afirmação conseguiu resolver a questão problema (0 ou 1).

Para que se compreenda a nota atribuída para a afirmação dos alunos 1 e 4, apresentamos a seguir como se calculou esses valores.

Segundo a tabela 5, o aluno 1 teve $C_i = \frac{1+0}{2}$, portanto sua nota é de 0,5, igual ao do aluno 4, pois ambos inseriram uma conclusão, isto é, uma aformação para a questão-problema, mas que não resolve a questão proposta.

Essas fórmulas foram aplicadas para atribuir nota na hipótese e na questão 8, sobre o mecanismo que faz os lagartos modificarem ao longo do tempo. Obtivemos assim os dados expostos no anexo 13.

Espectro argumentativo

Em posse desses três eixos de argumentação (justificativa, uso de dados e afirmação) foi possível calcular o volume argumentativo de cada aluno, como se sua nota para cada um dos eixos fosse uma aresta de um paralelogramo dentro do espectro de argumentação. O cálculo para isso é simples:

$$V_i = J_i D_i C_i$$

Esse valor representa o volume de argumentação de uma determinada construção argumentativa do aluno uma vez que é obtido pelo produto dos três componentes que, quanto melhor estiverem construídos, mais alto valor produzirá.

Um trecho da tabela com esses valores pode ser vista abaixo (tabela 13), sendo que a tabela completa está no anexo 13.

		Capacidade Argumentativa Geral		Melhoria			
Aluno	nº	Antes	Depois	Argumentação	Afirmação	Justificativa	Dados
aluno 1	2	0,03	0,00	-0,03	-0,50	-0,19	-0,31
aluno 2	3		0,05				
aluno 3	4		0,02				
aluno 4	5	0,13	0,01	-0,12	0,00	-0,19	-0,62

Tabela 13: Trecho da planilha do anexo 13, com as notas atribuídas aos componentes do argumento e os números dos volumes de argumentação (antes e depois). Na coluna denominada melhoria, o eixo da diferença entre o valor na questão 8 (depois) e na hipótese (antes)

Portanto, para compor o esctro argumentativo, além da confluência dos três eixos que representam a qualidade do argumento produzido pelo aluno, inserimos um quarto eixo, o do tempo, pois há uma relação do argumento depois (na questão 8) menos o valor do argumento na hipótese, o que pode gerar um número negativo, isto é, na hipótese o valor foi maior do que na questão 8. Há inúmeras explicações para isso acontecer, desde intínsecas aos alunos quanto da própria SEBBI ou da interação do professor, ou outros.

Com base nesse valores, criamos imagens representativas do espectro argumentativo dos alunos, dando foco a cada um dos eixos. A imagem pode facilitar a compreensão do movimento da produção argumentativa dos alunos para essas duas produções e nos auxilia a responder o tipo de construção e de reconstrução que ocorrem na argumentação escrita dos estudantes ao longo do processo de ensino-aprendizagem por investigação no uso de justificativas sobre o mecanismo evolutivo da biodiversidade. Além disso, apresenta um espectro do tipo de apoio e garantia que os alunos utilizam no desenvolvimento da argumentação na SEBBI.

Abaixo, o espectro de desenvolvimento argumentativo da 3ª série K (para hipótese e questão 8), no gráfico 14.

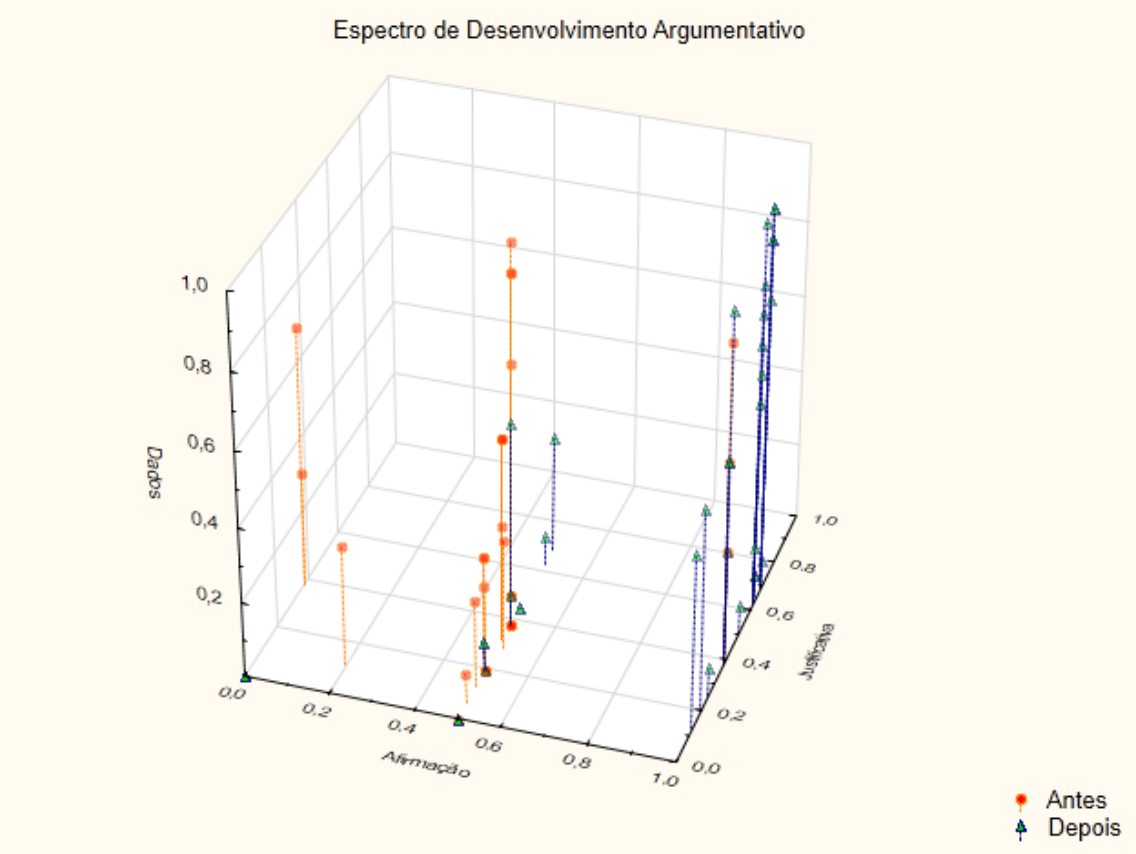


Gráfico 14: Espectro argumentativo dos alunos da 3ª série K, composto por quatro eixos. Afirmação, uso de *dados*^{T} e justificativa, além do tempo (inserido com cores diferentes).

Pode-se verificar que o grupo de alunos da 3ª série K parece ter movimentado no eixo das afirmações (ou conclusões) dos argumentos. Além desse eixo, pode-se verificar também uma maior concentração na melhoria da justificativa usada na composição do argumento. Para o uso de *dados*^{T} não é tão perceptível a diferença: parece que a força do uso aumentou, mas percebe-se que na hipótese já estavam presentes, mesmo para aqueles que não fizeram afirmações para a conclusão da questão.

Análises estatísticas

Para podermos responder às nossas questões específicas de pesquisa, utilizamos alguns testes de estatística. Esses testes foram realizados considerando-se algumas premissas básicas: estamos fazendo nosso estudo com pessoas, portanto não estamos fazendo um grupo controle, não isolamos variáveis, e entendemos que os resultados não podem ser generalizados. Ressaltamos que estamos apresentando a análise de um retrato, de um

momento de uma classe, numa época, com um professor e com uma estrutura já apresentada, ou seja, estamos fazendo uma abordagem quantitativa integrada a uma abordagem qualitativa. Ainda assim, mesmo com todos os cuidados sobre os resultados que serão apresentados a partir do uso da estatística, acreditamos que a análise proposta pode ajudar a entender possíveis correlações, que não indicam causa e efeito, mas correlações, as quais podemos analisar e apresentar discussões importantes para nossa pesquisa em educação.

Para respondermos às nossas questões sobre mudança na capacidade argumentativa desses alunos, a correlação entre o uso de *dados*^{T} e do apoio teórico estabelecido a partir do conhecimento biológico, a frequência de uso de justificativas baseadas em conceitos de seleção natural e a correlação com o uso de evidências fizemos alguns testes com os alunos da 3ª série K.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa *Statistica* (*StatSoft*, 2013), e foram feitas com um nível de significância (α) igual a 5%.

Análises de variância

As análises de variância foram executadas para testar se existia variação significativa entre dois blocos de dados: no caso, sempre com o mesmo universo amostral, mas em dois momentos diferentes (especificamente, para verificar a possibilidade de ter ocorrido uma mudança na condição inicial). Para se decidir sobre qual algoritmo empregar na análise de variância (i.e., paramétrica ou não), primeiramente foi feito um teste de normalidade, pelo algoritmo de Kolmogorov-Smirnov.

Se as distribuições das amostras fossem normais, o teste escolhido teria sido o teste t, paramétrico. Entretanto, nenhuma das amostras analisadas apresentou distribuição normal; assim, todas as análises de variância foram feitas com o algoritmo de Pearson, não-paramétrico.

Análises de correlação

Para testar o nível de correlação entre duas variáveis foi usado o algoritmo de Wilcoxon para amostras pareadas, também não-paramétrico—o mais indicado, de acordo com os testes de normalidade citados no parágrafo anterior.

Resultados das análises estatísticas dos dados

Foram feitas as seguintes análises:

1 Houve melhora na capacidade argumentativa dos alunos?

a. Variáveis: capacidade argumentativa geral (antes e depois; portanto, com amostragem dependente);

b. Teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade:

i. Nenhuma das duas tem distribuição normal (d>0,24; p<0,05).

c. Teste de Wilcoxon:

i. **Sim. Houve aumento significativo na capacidade argumentativa (T=76,00; p<0,0013)**

A argumentação dos alunos, para essa questão, modificou-se consideravelmente em seu volume argumentativo, isto é, não significa que houve apenas aumento no número de componentes mas na qualidade desses componentes (uso de *dados*^{T} com maior força, isto é, com maior descrição e relevância, articulados com a conclusão que responde à questão-problema, apoiados por justificativa alicerçada em garantia validada com apoio em seleção natural).

Buscamos, em seguida, verificar se existia correlação entre o uso de *dados*^{T} no argumento (questão 8) da apostila final e o acerto na questão 9, dos lebistes, cujo acerto precisaria do conceito de seleção natural. A alternativa correta é “b”, que só um aluno marcou a alternativa “a” e dois outros deixaram em branco. Essa análise seria importante para verificar a possível correlação entre bom uso de *dados*^{T} no argumento sobre o mecanismo de seleção natural e usar o conhecimento de seleção natural para outra situação de transformação ao longo do tempo (evolução) como no caso dos lebistes. Os resultados foram os seguintes:

2. Há correlação entre o uso dos dados e o grau de acerto na questão dos lebistes?

a. Variáveis: nota para o uso dos dados (depois) e o acerto na questão dos lebistes;

b. Teste de Pearson:

i. Não. Não há correlação entre a capacidade do uso de dados e o acerto na questão (t<0,76; p>0,45)

Parece que o fato da questão dos lebistes ter tido quase 100% de acertos, pode ter sido fácil demais e o teste não encontra a correlação.

Outra questão específica de nossa pesquisa era compreender se os alunos que utilizaram os *dados*^{T} com mais qualidade tendiam a usar a justificativa de maior qualidade, isto é, se os *dados*^{T} se tornam evidências, uma vez que os alunos escolhem o apoio alicerçado no conhecimento científico disponibilizado ao invés de utilizar um conceito que seria incompatível com os *dados*^{T} . Então, nossa análise considerou a seguinte questão:

3. Há correlação entre o uso válido dos dados e o uso apropriado da justificativa (garantia e apoio) na conclusão?
    a. Variáveis: nota para o uso dos dados (depois) e a nota para o emprego de uma justificativa (depois);
    b. Teste de Pearson:

i. Sim. Há forte relação entre o uso dos *dados*^{T} e da justificativa (t>4,4; p<0,0001).

Esse resultado de forte correlação impede a refutação de nossa hipótese de que o uso de *dados*^{T} numa investigação torna-se uma evidência, uma vez que ficam sustentados pelo conhecimento científico, no nosso caso, seleção natural.

Fizemos mais um teste de correlação com a questão dos lebistes (questão 9 da apostila final, anexo 9) e o conceito de biopopulação que eles discutiram nas aulas 1 e 2 da SEBBI. Utilizamos as respostas dos alunos e categorizamos na tabela disponibilizada no anexo 13, nas colunas acertos lebistes e conceito de biopopulação, das questões 6 e 7 do anexo 1). Além dessa análise, buscamos a possível correlação entre o volume argumentativo e a questão dos lebistes, na análise 5, a seguir. Mais uma vez pareceu-nos que o fato da questão dos lebistes ter tido muitos acertos, impediu de fazermos uma análise estatística com esses instrumentos. Segue a análise:

4. Há correlação entre a falta de apropriação do conceito de biopopulação e o erro na questão dos lebistes?
    a. Variáveis: aproveitamento nas questões de biopopulação e o acerto na questão dos lebistes;
    b. Teste de Pearson:

i. Não. Não há correlação entre a apropriação do conceito de biopopulação e o erro na questão dos lebistes (t<0,62; p>0,54)

5. •Há correlação entre a formação de um bom argumento final, com bom volume de argumentação e o acerto na questão dos lebistes?
    a. . Variáveis: produto entre as três variáveis do espectro argumentativo ("volume argumentativo") e o acerto na questão dos lebistes;
    b. Teste de Pearson:

i. Não. Não há correlação entre a produção de um bom argumento final e o acerto na questão dos lebistes (t<0,49; p>0,62)

Fizemos o teste para tentarmos verificar se havia correção entre o uso de dados dos lagartos na questão final (questão 8, apostila final do anexo 9) e a construção do conceito de biodiversidade (questões 6 e 7, apostila 1 do anexo 1). Queríamos verificar se havia evidências de que os alunos que construíram as respostas sobre biodiversidade na primeira apostila teriam melhor uso de *dados*^{T} em sua argumentação. Fizemos a seguinte análise:

6. Há correlação entre o uso de dados na argumentação e a construção do conceito de biopopulação?

    a. Variáveis: aproveitamento nas questões de biopopulação e a nota para o uso de dados na conclusão;
    b. Teste de Pearson:

i. Não. Não há correlação entre o uso de dados na argumentação e a construção do conceito de biopopulação (t<0,66; p>0,51)

Aparentemente, quem demonstrou dominar o conceito nas questões diretas sobre biopopulação não conseguiu usá-lo como dado na produção de um bom argumento.

Outra questão que seria importante para nossa pesquisa seria verificar se, ao longo da SEBBI, os alunos melhoraram o uso de *dados*^{T} , com relação à hipótese e a questão final. Foi feita a seguinte análise:

7. Há melhora significativa no uso dos dados?

    a. Variáveis: uso de dados (antes e depois; portanto, com amostragem dependente);
    b. Teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade:

i. A amostra inicial pode ter distribuição normal (d>0,19; p>0,15), mas a final, não (d>0,24; p<0,01).

    c. Teste de Wilcoxon:

i. Não. Não houve melhora significativa no uso dos dados (T=139,00; p>0,22).

Entendemos que a SEBBI, da forma como está estruturada, promove o uso de *dados*^{T} na composição dos argumentos, pela sua própria estrutura. Por isso, na aula sobre os lagartos, na aula 3 da SEBBI, quando os alunos foram apresentados à questão-problema sobre o mecanismo de modificação dos lagartos, mesmo que ainda não tivessem ideia da seleção natural como mecanismo de evolução, utilizaram os dados disponibilizados para a elaboração da hipótese, acontecendo pouco acréscimo nesse uso.

Uma questão específica tratava de abordar a correlação entre o uso do conceito teleológico, que consideramos um obstáculo conceitual para a utilização do conceito de seleção natural como apoio dos argumentos para a questão final dos lagartos. Para analisar essa possível correlação, fizemos seguinte a análise entre a questão 14, da apostila final (anexo 9) e o uso de apoio teleológico na justificativa do argumento da questão 8 (sobre o mecanismo de evolução dos lagartos). A questão 14, de múltipla escolha, apresenta três explicações para a origem das espécies no planeta. A alternativa a usa uma explicação fixista, b usa explicação teleológica e c usa a seleção natural. A tabela com esses dados está no gráfico 13 e na tabela 9.

8. Há correlação entre o erro na questão 14 e a presença do obstáculo conceitual (teleologia)?

    a. Variáveis: nota da questão 14 e obstáculo conceitual (depois);

    b. Teste de Pearson:

    i. Sim. Há correlação entre o erro na questão 14 e a presença no obstáculo conceitual (depois) ($t<-2,4$; $p<0,021$)

Esse teste revela que os alunos que apresentaram como justificativa do argumento sobre o mecanismo de evolução dos lagartos usa também o mesmo conceito, ou seja, prevalece como obstáculo conceitual para explicar a origem das espécies na questão 14.

Para tentar verificar se os alunos conseguiram superar o obstáculo teleológico para utilizar o conceito de seleção natural como apoio para explicar a evolução dos lagartos, buscamos analisar a modificação entre o tipo de apoio utilizado no argumento da questão 8, da apostila final (anexo 9). Para isso aplicamos o seguinte teste:

9. Há mudança significativa na superação do obstáculo teleológico?
    a. Variáveis: obstáculo conceitual (teleológico) antes e obstáculo conceitual (teleológico) depois;
    b. Teste de Kolmogorov-Smirnov para normalidade:

    i. Nenhuma das variáveis apresenta distribuição normal ($d>0,43$; $p<0,01$)

    c. Teste de Wilcoxon:

    i. Sim. Houve mudança significativa na ocorrência do obstáculo teleológico ($T=11,00$; $p<0,003$)

Esta análise mostra modificação significativa no uso do apoio, indicando que os alunos da amostra superaram o obstáculo teleológico para elaborar seu argumento sobre as modificações nos lagartos.

Capítulo 3 – Discussões finais, Conclusão e Perspectivas Futuras

Nossos resultados podem ser divididos em dois grandes eixos: a SEBBI e seus alicerces, e as análises da argumentação dos alunos realizadas nas respostas escritas para as questões sobre evolução biológica propostas na SEBBI. Procuraremos discutir como se articulam esses resultados e os principais desafios abordados.

A SEBBI foi construída com a proposta de articulação das intenções conceituais e metodológicas características da natureza da biologia. As intenções conceituais inseridas na SEBBI foram propostas a partir da ideia de que a Teoria da Evolução Biológica é composta de cinco teorias articuladas (MAYR, 2005; DAWKINS, 2009; FUTUYAMA, 1992; MEYER; CHARBEL, 2009).

Dessa forma, foi nossa ideia construir a SEBBI a partir desses conceitos estruturantes, inspirados no percurso que Darwin apresenta em seu livro "A origem das espécies", publicado em 1859. Assim, conforme apresentadas na tabela 4, as bases conceituais utilizadas previam que os alunos iniciassem a SEBBI pelo conceito de biopopulação, abordado nas aulas 1 e 2. Nessas mesmas aulas, trouxemos a (re)construção do conceito de espécie, fundamental para a compreensão da biopopulação. A abordagem metodológica desses conceitos foi realizada com a estrutura do ensino por investigação, na SEBBI, ou seja, os conceitos foram construídos pelos alunos a partir de uma motivação para o enfrentamento da resolução da questão-problema, da elaboração de hipóteses, da atividade prática, do acesso aos *dados*[T], da busca do referencial teórico e da elaboração da conclusão (SASSERON; CARVALHO, 2011; CHINN; MALHORTRA, 2002; GUISASOLA et al, 2007; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996; SMITHENRY, 2010; AAAS, 1993).

Procuramos trazer, para as aulas 1 e 2, obstáculos conceituais e metodológicos característicos do conhecimento biológico. Isso aconteceu de várias formas, conforme já discutimos, pois os alunos foram convidados a fazer observações e comparações entre as flores de forma a identificar o padrão de diversidade dentro do conceito de espécie. A abordagem dos obstáculos conceituais (essencialismo) e metodológicos (identificação dos dados, resolução de problemas, elaboração de hipóteses, argumentação) foi considerada importante, pois impulsionou os alunos a "mirar" nos dados para poder resolver uma questão. Além disso, eles foram motivados a participar das discussões

trazendo os resultados de suas observações, das discussões dos grupos, contribuindo para a elaboração de uma visão construída por eles próprios, com orientação forte da professora. Para as aulas 1 e 2, as principais dificuldades foram o tempo de execução da atividade prática e o conceito de indivíduo, pois alguns alunos manifestaram dificuldades em identificar as diferenças individuais (a professora forneceu informações sobre a raíz, o caula e as folhas para que eles pudessem prosseguir nesse conceito). Nas aulas subsequentes, de 2 a 7, os conceitos de ancestral comum com descendentes com características herdadas, de seleção artificial, de seleção natural, de gradualismo e da evolução propriamente dita foram todos abordados pela SEBBI. Nosso foco principal como intenção conceitual foi a construção do conceito de seleção natural pelos alunos. Para isso, as intenções metodológicas características da natureza da biologia foram direcionadas de forma a apresentar os *dados*^{T} de pesquisas recentes sobre seleção natural e biopopulação de diferentes maneiras: fornecidos pelos materiais (apostilas), obtidos por atividades práticas (seleção artificial) ou experimentais (vasos de flores).

A ideia da SEBBI considera que a formação de um conceito pode ser promovida pela aprendizagem por investigação. No início de nosso estudo, entendíamos que a falta de prática dos alunos em relação às atividades investigativas caracteristicas da biologia deveria ter, como consequência, baixo nível de habilidades desenvolvidas pelos estudantes no que se refere aos aspectos metodológicos da biologia (SEPÚLVEDA, EL-HANI; REIS, 2009; FERRARI; CHI, 1998 apud SEPÚLVEDA; EL-HANI; REIS, 2009). Ou seja, consideramos que os alunos, ao iniciar a SEBBI tinham como obstáculo metodológico algumas dificuldades em observação e comparação de *dados*^{T}, nas diferentes atividades experimentais e metodologias utilizados especialmente em biologia evolutiva, na (re)construção do conceito de espécie, no entendimento do conceito da seleção artificial como base para apoiar a ideia de seleção natural, e na ideia do ancestral comum e gradualismo como base para entender a evolução biológica. Foi intenção da SEBBI apresentar atividades que abordassem diretamente ou indiretamente os obstáculos conceituais e metodológicos de forma a promover a superação desses obstáculos pelo enfrentamento da atividade didática. Foi nossa intenção abordar o fixismo, mas desde os pré-testes percebemos, pelas respostas obtidas, que esse não seria um obstáculo para os alunos. Em compensação, o obstáculo mais prevalente que pudemos perceber foram explicações teleológicas, amplamente utilizadas pelos estudantes (KAMPOURAKIS; ZOGZA, 2007). Conforme pudemos notar, a tabela 4 da

SEBBI apresenta o enfrentamento da teleologia e do determinismo da aula 3 a 7, sendo o essencialismo tratado em todas as aulas da sequência pelos materiais e pelo professor, o que transparece de forma especial nos dados apresentados.

Os obstáculos metodológicos característicos do ensino por investigação foram enfrentados de duas formas: a partir do nosso entendimento de que a matriz investigativa de Darwin poderia ser utilizada pelos alunos como um percurso de reconstrução, trazendo um norte ou direção seguros para a professora e os alunos, e com base na consideração de que a habilidade de se investigar deve ser ensinada pela própria participação dos alunos na investigação. A condição para que os alunos pudessem superar esses obstáculos é a proposta da SEBBI de que a investigação seja orientada pelo professor, em ações que já foram especificadas por diversos autores (ROGERS; ABELL, 2008; APEDOE, 2007; ANDERSON, 2007, SMITHENRY, 2010; BLANCHARD et al, 2012). Assim, entendemos que, mesmo para alunos que, supostamente, nunca tenham tido a oportunidade de aprender a partir dessa perspectiva, e desde que a investigação seja guiada pelo professor em determinados pontos, pode haver a superação desse obstáculo de falta de habilidades e competências, conforme verificamos nesta pesquisa, uma vez que as evidências de que os aluno melhoram uso de *dados*^{T}, de justificativas e da composição de sua argumentação. Dessa maneira, podemos depreender que, nas aulas da SEBBI, os alunos se aproximam de aspectos da natureza da ciência, especialmente da biologia, e são estimulados a observar *dados*^{T}, a utilizar os *dados*^{T} nas respostas, o que, de certa maneira, pode promover uma escrita argumentativa, ou seja, baseada na articulação de evidências e conclusão, apoiados em conceitos científicos.

Consideramos que a natureza da biologia evolutiva pôde ser contemplada na SEBBI a partir de nossas intenções e estruturas apresentadas para o enfrentamento. Assim, o tipo de experimentação em biologia que exige longo prazo foi enfrentado trazendo diversos apoios, entre os quais o apoio das narrativas históricas, dos dados de experimentações reais em biologia evolutiva atual (DAWKINS, 2009; MEYER; CHARBEL, 2009; SMITH; REISER, 2005; MAYR, 2005), o apoio de imagens, como fizemos no caso dos lagartos e dos lebistes, o apoio de modelos experimentais, como fizemos na atividade para “produzir” novas raças de cachorros no caso da seleção artificial. Essa estratégia promove o desenvolvimento de uma habilidade característica da natureza da biologia, similar ao que Darwin propôs ao apresentar como evidência da evolução biológica, no

capítulo 1 de seu livro, a seleção artificial. No seu livro, Darwin apresenta a seleção artificial como base para o entendimento para a seleção natural, por comparação e racionício, fazendo uma espécie de experimento mental.

Neste trabalho, ao assumirmos o propósito de investigar como seria o ensino da evolução biológica que recuperasse o viés da matriz investigativa utilizada por Darwin em sua pesquisa sobre a origem das espécies, julgamos que seria viável articular as intenções conceituais e metodológicas carcaterísticas da natureza das ciências biológicas com a abordagem dos principais obstáculos da construção histórica do conceito de seleção natural como mecanismo da evolução biológica numa sequência didática baseada em investigação. Como primeiro resultado, obtivemos a SEBBI, que apresenta essa matriz como base para o ensino e aprendizagem.

Entretanto, para entender como a SEBBI se relacionou com os estudantes na aprendizagem por investigação, realizamos a análise de suas produções nas questões escritas, buscando, na argumentação que construíram, os elementos para trazer evidências da SEBBI na superação de obstáculos metodológicos e conceituais da natureza da biologia.

Assim, analisamos se e como os alunos, ao entrarem em contato com *dados*^{T} e evidências da seleção natural, incorporaram tais evidências em sua escrita. Entendemos que esse tipo de análise, da linguagem utilizada na escrita científica dos alunos, pode revelar a aproximação dos alunos da linguagem científica, um dos indicadores da alfabetização científica especialmente na construção da argumentação escrita (SCARPA, 2009; SASSERON; CARVAHO, 2011; DRIVER; NEWTON 1997; DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; DUSCHL, SCHWEINGRUBER; SHOUSE (2007); BRICKER; BELL, 2008; LATOUR; WOOLGAR, 1986; KUHN, 2010; ERDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008; KUHN, 2010; TONIDANDEL, 2008). Dessa maneira, diante da importância do papel da argumentação na linguagem dos alunos, procuramos fazer nossa análise a partir da construção argumentativa dos alunos, de forma a investigar se os alunos que participaram da SEBBI apresentavam *dados*^{T} como evidências da seleção natural em sua estrutura argumentativa escrita durante a aplicação da SEEBI, para o ensino de evolução biológica. Nesse caso, verificamos que os alunos utilizaram dados como evidências da seleção natural, uma vez que, no gráfico 9, há evidências de melhor uso dos *dados*^{T} na composição do argumento. Além disso,

com a análise estatística, obtivemos resultados significativamente importantes de que os argumentos construídos pelos alunos na questão 8 estavam fortemente correlacionados com o uso de dados.

Já ressaltamos que não estamos afirmando que o uso de *dados*^{T} é o que causa a construção argumentativa de melhor qualidade, isto é, de maior densidade, mas que há uma forte correlação do ponto de vista estatítistico. Para nós, é importante destacar que um número maior de amostragem e a correlação com outras questões poderiam até trazer mais elementos para maior confiabilidade. Entretanto, se fizermos uma relação com a natureza da ciência, assim como ocorre na ciência, podemos ressaltar a importância que os dados empíricos têm na conclusão das pesquisas e indicar que há uma probabilidade de o uso dos *dados*^{T} na SEBBI ter um papel importante, estrutural, na construção argumentativa dos alunos.

Além disso, segundo nossos resultados, a escrita dos argumentos dos estudantes durante a SEBBI revelou uma melhora qualitativa no sentido do volume da argumentação, ou seja, os alunos passaram a produzir mais argumentos com melhor uso de *dados*^{T}, justificativas e afirmações como conclusões para as questões-problema colocadas. Acreditamos que essa melhoria significativa no volume de argumentação da hipótese sobre as modificações na espécie de lagarto, não possa, por si só, levar-nos à conclusão de que essa melhoria pode ser em toda a argumentação, para outras questões nem para outros períodos ou outras situações. Entretanto, os resultados podem revelar que houve uma melhor atividade argumentativa ao longo da SEBBI e que, se não podemos afirmar que a causa foi a SEBBI, podemos dizer que nossa hipótese inicial – de que há melhoria na apresentação de argumentos alicerçados em *dados*^{T} e conhecimentos científicos quando os alunos estão diante de novos desafios de problemas de conhecimento da evolução biológica, num ensino por investigação – é uma hipótese que não foi refutada.

Percebemos que a abordagem dos obstáculos conceituais e metodológicos característicos da natureza da biologia é uma estratégia que pode trazer melhores consequências na apresentação dos resultados, uma vez que a porcentagem de alunos que utilizaram inicialmente o obstáculo da teleologia para explicar a modificação dos alunos e que modificaram seu apoio ao final da SEBBI é significativa, conforme apresentado nos gráficos 6, 7, 8 e 9. Dessa forma, nossa hipótese de que os alunos usam e superam os obstáculos conceituais e metodológicos característicos da biologia na

construção do conceito de seleção natual como mecanismo da evolução biológica não foi refutada, isto é, temos evidências de que os alunos efetivamente usaram a teleologia e muitos a superaram. Além disso, os obstáculos metodológicos de uso de dados para construir argumentação, uso de justificativas válidas, utilização de elementos da natureza do conhecimento biológicos por muitos alunos foram significativos ao longo da SEBBI, confirmando nossa previsão inicial sobre essa abordagem.

As garantias e apoios nos argumentos escritos modificaram-se ao longo da SEBBI. Como já comentamos, foi significativo o número de alunos de passaram de nenhum apoio explícito para a teleologia e, com muita frequência, para a seleção natural. Os gráficos 5, 6, 7 trazem essas evidências. A análise dos dados do pré-teste, com relação ao uso da seleção natural como justificativa para a origem das biodiversidade revela que, ao final, parte significativa dos alunos passa a utilizar esse conceito para explicar essa questão básica da biologia.

As principais mudanças nos componentes dos argumentos dos alunos ocorreram na questão da qualidade. Se olharmos o espectro argumentativo, no gráfico 14, é possível reconhcer que os alunos passaram, *grosso modo*, de uma resolução de problemas de menor valor para outra, de maior valor. Isso indica a possível superação do obstáculo metodológico de falta de habilidade em resolução de problemas, ao menos no recorte dessas questões, além da superação da falta de competência argumentativa, pois a maioria melhorou a capacidade argumenttiva, a partir da análise do volume argumentativo e do teste de Wilcoxon, que mostrou que houve melhora na capacidade argumentativa dos alunos.

As mudanças significativas na superação de obstáculos conceituais e metodológicos característicos da biologia na construção dos argumentos escritos dos alunos durante a SEBBI ocorreram principalmente no obstáculo da teleologia, como já apresentamos anteriormente. Além disso, entendemos que o uso de construção argumentativa, que também melhorou significativamente, é um indicativo de que um dos obstáculos metodológicos, a saber, a construção de argumentação a partir do uso de evidências da seleção natural como mecanismo principal da evolução biológica, foi abordado e superado.

Nossa hipótese de que os alunos ficam envolvidos e motivados em aulas de biologia que usem atividades práticas e investigativas – promovendo e possibilitando maior acesso às ferramentas da cultura científica, como a observação, a análise e a utilização de *dados*[T] como evidências para elaborar sua conclusão na resolução de problemas, promovendo assim a alfabetização científica nesses temas – não pôde ser confirmada, mas está longe de ser refutada. Os indicadores de participação dos alunos nas atividades escritas e nas atividades práticas podem trazer reflexões sobre o nível de envolvimento dos alunos com as atividades, bem como dos resultados obtidos. Verificamos que a aproximação de atividades de natureza científica ocorreu ao longo de toda a sequência, como elaboração de hipóteses, de previsões e apresentação de argumentos alicerçados em *dados*[T] e conhecimentos científicos quando os alunos estiveram diante de novos desafios de problemas.

Não conseguimos mapear a abordagem e a superação de alguns obstáculos conceituais, como o essencialismo, e outros obstáculos metodológicos. O principal motivo foi a falta de possibilidades de uso de instrumento devido ao tamanho da tese, mas seria importante para dar ideia do todo e não apenas de um obstáculo.

Além disso, não conseguimos analisar a transcrição que já realizamos da atuação do professor durante a sequência didática. Entendemos que, para esta pesquisa, o volume de dados a ser apresentado superava tal necessidade, de modo que não prosseguimos com essa possiblidade que, certamente, será resolvida no prosseguimento desta investigação.

Outro fator limitante em função do tempo foi o número de alunos analisado. Era nossa intenção ampliar a análise para as quatro salas de 3ª série, enriquecendo o fundamento das análises, além de ampliar o número de questões propostas. Pretendemos aprofundar esse campo analítico de maneira a produzir mais dados para a investigação sobre as correlações.

Todos os materiais foram digitalizados e estão à disposição para ampliação da investigação.

Apesar dessas limitações, nossa pesquisa revela que quando os alunos participam de uma sequência de ensino e aprendizado baseada em investigação – isto é, estruturada em materiais e aspectos característicos da natureza do conhecimento biológico,

abordando os obstáculos conceituais e metodológicos da construção conceitual como estruturantes da sequência, e alicerçada na atuação do professor com forte orientação guiada aos alunos – há um significativo aumento no número de argumentos escritos, com maior número de componentes, ao resolverem a questão-problema proposta. Além disso, consideramos em nossa previsão que os argumentos construídos devem apresentar *dados*^{T}, sendo usados como evidências, articulando-se com garantias explícitas na justificativa da seleção natural. Ou seja, um número significativo de jovens passou a argumentar utilizando evidências e *dados*^{T} de fenômenos naturais específicos da biologia, pelo acesso aos procedimentos básicos e estruturantes dos cientistas da área. Os componentes do argumento construído ao longo da sequência sofreram modificações, ampliando a qualidade de uso, no sentido de utilizar *dados*^{T} como evidências da seleção natural e justificativas alicerçadas no conceito de seleção natural.

Desta forma, consideramos que os alunos que participam de uma sequência didática de biologia baseada em investigação, cuja arquitetura está baseada no enfrentamento de obstáculos conceituais e metodológicos característicos da construção histórica da Teoria da Evolução, apresentam indicadores significativos de alfabetização científica com relação à melhoria da construção argumentativa, do uso de evidências alicerçadas em *dados*^{T} de natureza biológica para a construção de argumentação e de superação de obstáculos conceituais e metodológicos para compreender a seleção natural como mecanismo central da evolução biológica.

Referências Bibliográficas:

ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R.; LEDERMAN, N. The nature of science and instrucional pratice: making the unnatural natural. **Science Education**, s.l., n. 82, p. 417-436, 1998.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, s.l., n. 13, p. 179-195, 2004.

ALLCHIN, D. **Beyond content: the nature of science enigma. How does one caracterize of science and teach is effectively?** Disponível em: <www.tc.umn.edu: http://www.tc.umn.edu/~allch001/papers/nos.pdf>. Acesso em: dez. 2010.

ANDERSON, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. In: S. K., Abell (Eds.). **Handbook of research on science education**. Oxford: Taylor & Francis, 2007. p. 807-830.

APEDOE, X. S. Engaging students in inquiry: tales from an undergraduate geology laboratory-based course. **Science Education**, s. l., p. 631-663, Dez. 27, 2007.

BAZERMAN, C. **Shaping written knowledge**: the genre and activity of the experimental article in science. Madison: University of Wiscosin, 1988.

BELL, P.; LINN, M. C. Scientific arguments as learning artifacts: designing for learnig from the web with KIE. **International Journal of Science Education**, n. 22(8), p. 797-818, 2000.

BIZZO, N. M. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BLANCHARD, M. R.; SOUTHERLAND, S. A.; OSBORNE, J. W.; SAMPSON, V. D.; ANNETA, L. A.; GRANGER, E. M. Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparision of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. **Science Education**, s. l., p. 577-616, Mar. 11, 2012.

BRASIL, MEC; SEMTEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília, DF, 1999.

BRAVO, B.; PIUG, B.; Jumenez-Aleixandre, M. P. Competencias en el uso de pruebas en argumentación. **Educación Química**, s. l., p. 137-142, 2009.

BRICKER, L. A.; BELL, P. Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. **Science Education**, s. l., p. 473-498, Mar. 17, 2008.

BYBEE, R., & DEBOER, G.. Research on goals for the science curriculum. In: GABEL, D. **Handbook of research on science teaching and learning** (p. 357-387). New York: Macmilan, 1994.

CAPECCHI, M. C. **Aspectos da cultura científica em atividade de experimentação nas aulas de física**. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPECHHI, M. C.; CARVALHO, A. M.. Atividade de laboratório como instrumento para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. **Revista Quadrimestral da Faculdade de Educação da Unicamp**, Campinas, n. 17(1), 2006.

CARMO, V. A. **Episódios da história da biologia e o ensino da ciência:** as contribuições de Alfred Russel Wallace. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CARVALHO, A. P. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. **Revista Contexto e Educação**, s.l., n. 22(77), p. 25-49, 2007.

CHINN, C. A.; MALHORTRA, B. A. Inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. **Science Education**, s.l., n. 86, p. 175-218, 2002.

COYNE, J. A. **Why evolution is true**. Oxford: Oxford University Press, 2009.

DARWIN, C. **A origem das espécies**. (Trad. de E. N. Fonseca). São Paulo: Folha de São Paulo, v. 1, 2010.

DAWKINS, R.. **O maior espetáculo da Terra**: as evidências da evolução. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

DAWSON, V.; VENVILLE, G. J. High-school student's informal reasoning and argumnetation about biotechnology: an indicator of scientific literacy? **International Journal of Science Education**, s.l., n. 31(11), p. 1421-1445, Jul. 15, 2009.

DRIVER, R.; NEWTON, P; OSBORNE, J. Establising the norms of scientific argumentation classrooms. **Science Education**, s.l., n. 84(3), p. 287-312, 2000.

DUSCHL, R.; OSBORNE, J. Supporting and promoting argumentation discourse in science sducation. **Studies in science education**, s.l., p. 38: 39 -72, 2002.

DUSCHL, R.; SCHWEINGRUBER; SHOUSE, A. **Taking science to school**: learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academies Press, 2007.

ELENA, S. F.; LENSKI, R. E. Evolucionary experiments with microorganisms: the dynamics and genetic bases of adaptations. **Nature Reviews Genetics**, s.l., p. 457-469, 2003.

ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Argumentation in science sducation: perspectives from classroom-based research. **Springer Science**, s.l., 2008.

FLÔR, C. C.; CASSIANI, S. O que dizem os estudos da linguagem na educação científica? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, s.l., n. 11, p. 67-86, 2011.

FUTUYAMA, D. **Biologia evolutiva**. 2 ed. Ribeirão Preto: SBG, 1992.

GIL-PÉREZ, D. G.; NARTÍNEZ-TORREGOSA, J.; SALINAS, J.; VALDÉS, P.; GONZÁLES, E.; DUMAS-CARRÉ, A. et al. Defending constructivism in science education. **Science Education**, s.l., n. 11, p. 557-571, 2002.

GRECA, I. M. Discutindo aspectos metodológicos da pesquisa em ensino de ciências: algumas questões para refletir. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, s.l., n. 2(1), p. 73-82, 2002.

GUISASOLA, J.; ALMUDI, J. M.; CEREBIO, M.; ZUBIMENDI, J. L. Designing and evaluating research-based instructional sequences for introducing magnetic fields. **International Journal of Science and Mathematics Education**, s.l., n. 7, p. 699-722, 2009.

GUISASOLA, J.; FURIÓ, C.; CEREBIO, M. Science education based on developing guided research. **Science Education in Focus**, s.l., p. 56-83, 2006.

GUISASOLA, J.; ZUBIMENDI, J. L.; ALMUDÍ, J. M.; CEBERIO, M. Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universida, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. **Enseñanza de las Ciencias**, s.l., n. 25(1), p. 91-106, 2007.

HERREL, A.; HUYGHE, K.; VANHOOYDONCK, B.; BACKELJAU, T.; BREUGELMANS, K.; GRBAC, I. et al. Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. **PNAS**, USA, n.105, p. 4792–4795, Mar 25, 2008.

HOWES, E. V.; LIM, M.; CAMPOS, J. Journeys into inquiry-based elementary science: literacy pratices, questioning and empirical study. **Science Education**, s.l., p. 189-232, Jul 21, 2008.

HUG, B.; MCNEILL, K. L. Use of first-hand and second-hand data in science: does data type influence classroom conversation? **International Journal of Science Education**,s.l., n. 30(13), p. 1725-1751, Oct 17, 2008.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave**: competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research. In: **Argumentation in science education:** an overview. Dordrecht, The Nederlands: Springer, 2008, p. 3-28.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FEDERICO-AGRASO, M. Justification and persuasion about cloning: arguments in Hwang's aper and journalistic reported versions. **Science Education**, s.l., n. 39, p. 331-347, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FERNANDEZ PEREZ, J. El "desconocido" articulo de Mendel y su empleo en el aula. **Enseñanza de las Ciencias**, s.l., n. 5(3), p. 239-246, 1987.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.; RODRIGUES, M.; DUSCHL, R. A. "Doing the lesson" or "doing science": argument in high school genetics. **Science Education**, s.l., n. 84(6), p. 757-792, 2000.

KAMPOURAKIS, K.; ZOGZA, V. Student's preconceptions about evolution: how accurate is the characterization as "Lamarkian" when considering the history of evolutionary thought? **Science & Education**, s.l., n. 16, p. 393-422, 2007.

KELLY, G. J.; CHEN, C. The sound of music: constructing science as a sociocultural practice trough oral and writen discourse. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., n. 36(8), p. 883-915, 1999.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: an analysis of University Oceanography students' use of evidence in writing hands-on activities. **Science Education**, s.l., 2002.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Assessment of evidence in University students' scentific writing. **Science & Education**, s.l., p. 341-363, 2003.

KELLY, G. J.; REGEV, J.; PROTHERO, W. Analisys of lines of reasoning in written argumentation. In: Erduran, S.; Jiménez-Aleixandre M. P. **Argumentation in science education**. s.l.: Springer, 2008, p. 137-158.

KEYNES, R. Darwin's ways of working: the opportunity for education. **Journal of Biolological Education**, s.l.: Summer, n. 43(3), p. 101-103, 2009.

KIOURANIS, N. M.; SOUZA, A. R.; FILHO, O. S. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, s.l., n. 32, p. 1507 -1510, 2010.

KRASILCHIK, M. Tendências de ensino de biologia no Brasil. In: Krasilchik, M. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004, p. 13-21.

KUHN, D. Teaching and learning science as argument. **Science Education**, s.l., p. 810-824, Mar 26, 2010.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **Laboratory life**: the construction of scientific facts. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1986.

LAWSON, A. Sound and fault arguments generated by preservice biology teachers when testing hypoteses involving unobservable entities. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., p. 237-252, 2002.

LENKE, J. L. **Talking science, language, learning and values**. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MALONEY, J. Children's roles and use of evidence in science: an analysis of decision-making in small groups. **British Educational Research Journal**, n. 33(3), p. 371-401, Jun. 01, 2007.

MARTINS, L. A. Lamarck e as quatro leis de variação da espécie. **Episteme**, n. 2(3), p. 33-54, 1997.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. (Trad de M. Leite). São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MCBRIDE, P. D.; GILLMAN, L. N.; WRIGHT, S. D. Current debates of the origin of species. **Journal of Biological Education**, s.l., n. 43(3), p. 104-107, 2009.

MCNEIL, K. L.; PIMENTEL, D. S. Scientific discourse in three urban classrooms: the role of the teacher in engaging High School studentes in argumentation. **Science Education**, s.l., p. 203-229, Aug. 27, 2009.

MCNEILL, K. L. Teacher's use of curriculum to support studentes in writing scientific arguments to explain phenomena. **Science Education**, s.l., p. 233-268, Aug. 26, 2008.

MCNEILL, K.; COLLEGE, B. Explanation, argument and evidence in science class and the everyday lives of fifth grade students. **National Association for Research in Science Teaching**. Philadelphia: Narst, p. 1-26, 2010.

MCNEILL, K. L. Elementary student's views of explanation, argumentation and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., n. 48, p. 793-823, 2011.

MEYER, D.; CHARBEL, N. E. **Evolução**: o sentido da biologia. São Paulo: Unesp, 2009.

MILARÉ, T.; REZENDE, D. Argumentos para a alfabetização científica: percepções de estudantes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2010, Florianópolis. **Anais do ENPEC**. Florianópolis: s.n., 2010.

MYERS, G. **Writing biology**: texts in the social construction of scientific knowledge. Madison: University of Wiscosin, 1990.

NASCIMENTO, L. M.; GUIMARÃES, M. M.; EL-HANI, C. N. Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-12.

NORRIS, S. L.; OSBORNE, J. Scientific inquiry: the place of interpretation and argumentation. In: LUFT, R. B.-N. J. **Science as inquiry in the Secondary Setting**. Arlington, VA: NSTA Press, 2007.

OECD. PISA – THE OECD PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT (OCDE - Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Disponível em: <www.pisa.oecd.org>. Acesso em: 29 jan. 2012.

OLIVEIRA, G. D. **Aceitação/rejeição da evolução biológica**: atitudes de alunos da educação básica. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

OROFINO, R. D. **Análise da argumentação e de seus processos formadores em uma aula de biologia**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the quality of argumentation in the pedagogy of school science. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., n. 41 (10), p. 994-1020, 2004.

PENHA, S. P.; CARVALHO, A. P.; VIANNA, D. M. A utilização de atividades investigativas em uma proposta de enculturação científica: novos indicadores para análise de processo. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-12.

PRESTES, M. E.; CALDEIRA, A. M. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, n. 4, p. 1-16, 2009.

PUIG, B.; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. Què considera el alumnado que son pruebas de la evoluciòn? **Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 62, p. 43-50, 2009.

REISER, B. J. Scaffolding complex learning: the mechanisms of structutring and problematizing student work. **The Journal of the Learning Sciences**, n. 13(3), p. 273-304, 2004.

RIDLEY, M. **Evolução**. (Trad. de Henrique Ferreira, Luciane Passaglia e Rivo Fisher). Porto Alegre: Artmed, 2006.

RODRIGUES, R. C.; SILVA, E. P. Lamarck: fatos e boatos. **Ciência Hoje**, n. 48, p. 68-70, set. 2011.

ROGERS, M. A.; ABELL, S. K. The design, enactment and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: a case study. **Science Education**, p. 591-607, 2008.

ROMA, V. N. **Os livros didáticos de biologia aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o ensino médio (PNLEM 2007/2009)**: a evolução biológica em questão. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

ROTH, W. M., & LAWNESS, D. Science, culture and the emergence of language. **Science Education**, n. 86, p. 368-385, 2002.

RUIZ-PRIMO, M. A.; LI, M.; TSAI, S. P.; SCHNEIDER, J. Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: examining students' scientific explanations and student learning. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., n. 47, p. 583-608, 2010.

SÁ, E. F.; LIMA, M. D.; AGUIAR, O. G. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-12.

SAMPSOM, V.; SCHLEIGH, S. **Scientific argumentatio in biology: 30 classrom activities**. Arlington, VA: NSTA Press, 2013.

SAMPSON, V.; CLARCK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments. **Science Education**, s.l., p. 447-472, Mar. 2008.

SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. The quality of studants' use of evidence in written scientific explanations. **Cognition and Instruction**, s.., n. 23(1), p. 23-55, 2005.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DE SÃO PAULO. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo. São Paulo**. São Paulo: SEE, 2008.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores desse processo em sala de aula. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação (FEUSP), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, s.l., n. 17(1), p. 97-114, 2011.

SCARPA, D. L. **Cultura escolar e cultura científica**: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na biologia. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N.; REIS, V. S. Análise de uma sequência didática para o ensino de evolução sob uma perspectiva socio-histórica. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-12.

SHTULMAN, A. Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. **Cognitive Psychology**, s.l., p. 170-194, 2006.

SILVA, R. P. **Análise da argumentação e de seus processos formadores em uma aula de biologia**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SMITH, B. K.; REISER, B. J. Explaing behavior through observational investigation and Theory Articulation. **The Journal of the Learning Sciences**, s.l., n. 14(3), p. 315-360, 2005.

SMITH, M. U. Current status of research in teaching and learning evolution: philosophical/epistemological issues. **Sciece & Education**, s.l., n. 19, p. 523-538, 2012.

SMITHENRY, D. W. Integrating guided inquiry into a tradicional chemistry curricular framework. **International Journal of Science Education**, s.l., n. 32(13), p. 1689-1714, Set. 2010.

STOCKTON, S. Students and professionals writing biology: disciplinary work and apprentice storytellers. **Language and Learning Across the Disciplines**, s.l., n. 1(2), p. 79-104, 1994.

SUTTON, C. Los professores de ciencias como professores de lenguage. **Enseñanza de las Ciencias**, s.l., n. 21(1), p. 21-25, 2003.

TAVARES, M. L.; Jiménez-Aleixandre, M. P.; Mortimer, E. F. Articulation of conceptual knowledge and argumentation pratices by High School studentes in evolution problems. **Science & Education**, s.l., n. 19, p. 573-598, 2010.

TEIXEIRA, M. M. I. **Novo Enem - Matriz de Referência**. Portal do MEC. 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>. Acesso em: 29 jan. 2012.

TOMIO, D. Dear Mr. Charles Darwin.... Dear Mr. Fritz Muller: da correspondência entre o evolucionista e o naturalista para caracterizar a escrita na ciência e no ensino de ciências. In: VII ENSINO NACIONAL DE PESQUISA EM

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais do VII ENPEC**. Florianópolis: Unesp, 2009, p. 1-13.

TONIDANDEL, S. M. **Escrita argumentativa de alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. 2. ed. (Trad. de R. Guarany e M. B. Cipolla). São Paulo: Martins Fontes, 2006 .

UNESCO. **A ciência para o século XXI**: uma visão nova e uma base de ação. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL SOBRE CIÊNCIA, 1999, Santo Domingo. s.n., p. 10-12.

VIGOTSKY, L. S. Mind in society: the development of higher psycological process. In: COLE, M. J.-S. s.n. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WEINSTEIN, M. Finding science in the school body: reflexions on transgressing the boudaries of science education and the social studies of science. **Science Education**, s.l., p. 389-403, Feb. 19, 2008.

WILSON, C. D.; TAYLOR, J. A.; KOWALSKY, S. M.; CARLSON, J. The relative effects and equit of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge and argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, s.l., n. 47, p. 276-301, 2010.

Anexos

Anexo 1 – Pré-teste

Prezado estudante,

Para entender o que você pensa sobre algumas questões, elaboramos esse pequeno questionário. Ele não será usado como avaliação (não valerá nota) e servirá para identificar o que você já sabe (e o que pensa) sobre algumas questões polêmicas. **Não há certo ou errado**. O que importa é que você **tente responder com atenção e cuidado**, pois as respostas poderão ajudar a você e à nossa equipe a entender melhor a aprendizagem de alguns conceitos. Apesar de você precisar se identificar nessa folha, seu nome não será divulgado em nenhuma circunstância. Será conhecido apenas pelo pesquisador, para identificar a evolução dos conceitos durante as aulas e ao término da sequencia! Desde já agradecemos sua colaboração!

Nome: _____nº: _____série:_____

1. Você acredita que aparecem novas espécies nos dias atuais, em nosso planeta? SIM NÃO
2. Você já viu (ou ouviu falar) do surgimento de novas espécies em nosso planeta? SIM NÃO
3. Se você respondeu "**sim**" na questão 2, explique **como você** acha que isso ocorre. (qual é o "mecanismo" que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais). Se você não tiver nenhuma idéia de como isso ocorre, deixe em branco**.**

   _____

   _____

4. Se você respondeu "não" na questão 1, você acredita que (assinale apenas uma alternativa):

a.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo, no passado e não se modificaram mais.
b.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo no passado, mas podem ter se modificado nos tempos atuais com o surgimento de novas espécies.
c.	Nenhuma das anteriores. Eu não acredito que aparecem novas espécies hoje porque_____ _____

5. Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta? Explique suas ideias!

   _____

   _____

Anexo 2: Apostila sobre Biodiversidade Intraespecífica e Conceito de Espécie

Nome _____ nº _____ ano _____

Data: _____/_____/_____

ASSUNTO: DIFERENTES NÍVEIS DE DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS

Biodiversidade é o nome que damos para a variedade de formas de vida existentes na natureza. É comum que as pessoas entendam esse termo como a "quantidade de tipos de seres vivos diferentes" e frequentemente afirmem que a biodiversidade é o número de espécies de um local.

Entretanto, saber o número de espécies viventes não é tão simples. Ainda hoje os cientistas continuam a debater a questão. Talvez essa dificuldade aconteça por causa da falsa impressão de que é simples decidir se esse ou aquele grupo pertence a uma determinada espécie, como se a definição do que é uma espécie fosse algo muito fácil.

Não sabemos exatamente quantas espécies existem. Uma pesquisa que durou cerca de dez anos e foi publicada recentemente por um conjunto de cientistas de 80 países estima que existam 8,7 milhões de espécies no nosso planeta, sendo 6,5 milhões terrestres e 2,5 milhões marinhas. Entretanto, apenas uma pequena parte dessas espécies (cerca de 1,8 milhões) foram descobertas e descritas pelos cientistas.

Mas para que é importante saber quantas e quais espécies existem no nosso planeta? Entender e conhecer a biodiversidade pode nos ajudar a preservar a vida nos seus mais variados ambientes!

Nessa aula você vai aprender um pouco sobre **dois níveis diferentes de biodiversidade**:

a) Nos ecossistemas: representada pelo o número de espécies que **existe nos ecossistemas (com diferentes espécies numa determinada região)**.
b) Na população de uma mesma espécie: a variedade que existe entre os **indivíduos de uma mesma espécie**.

Para isso, precisamos entender alguns conceitos importantes, principalmente o conceito de espécie. Assim, começaremos com um problema e vocês deverão discutir e elaborar uma hipótese do grupo. Depois, coletaremos dados e faremos as discussões mais importantes, para tentarmos solucionar o problema da aula.

I – Questão problema:

"Sabe-se que no Brasil, na década de 80, foi introduzido um tipo de caramujo africano para substituir o escargot (caramujo europeu) usado em culinária. Acontece que o caramujo europeu é mais caro que o africano e essa seria uma alternativa econômica para os criadores e restaurantes usarem na culinária. Acontece que essa introdução nos ecossistemas brasileiros trouxe muitos problemas, pois traz muitos prejuízos à agricultura brasileira. Imagine que vocês tenham que decidir **se os seguintes caramujos (escargots) são ou não da mesma espécie** (para então tomar os cuidados necessários em relação a um determinado ecossistema brasileiro).

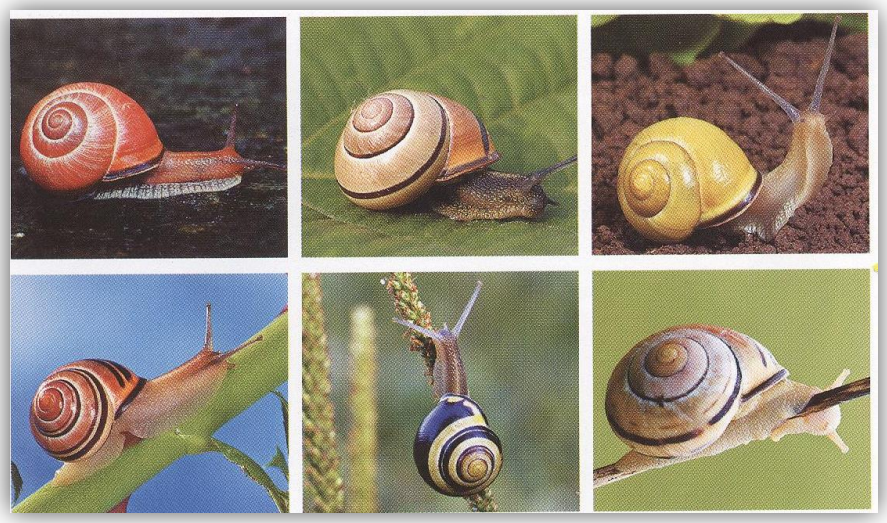


Figura 1: Créditos para Biosphoto/Hubert

Que tipos de informações vocês usariam para descobrir se esses caramujos são ou não da mesma espécie?Justifique sua reposta.

II – Hipótese do Grupo

_____

_____

_____

_____

_____

III– Procedimentos, obtenção de dados e resultados

Biodiversidade nas plantas.

Observe atentamente os diferentes exemplares de plantas disponíveis na sua mesa.

1) Desenhe-os no espaço a seguir (inclua o número de indivíduos, a forma como as pétalas estão distribuídas, tamanhos relativos, dentre outras observações). Não se esqueça de colocar legendas no seu desenho.

Compare as diferentes flores presentes no vaso.

2) Quais características você consegue perceber que são **semelhantes** entre elas (tente encontrar um padrão)? Quais características são diferentes? Explique.

Semelhanças entre as flores: _____

_____

Diferenças entre as flores: _____

_____

3) Quantos indivíduos existem no vaso? _____

IV - Discussão dos resultados

4) De acordo com as observações que você fez até agora, quantas espécies diferentes de **plantas** o seu grupo **acha** que estão presentes na sua mesa? Vocês **acham** que todos os alunos de sua classe vão chegar à mesma conclusão? Justifique.

_____

_____

_____

5) Além dos dados morfológicos (da forma) das plantas, que outros tipos de dados você acha que os biólogos poderiam usar para decidir se duas plantas são ou não da mesma espécie? Explique.

_____

_____

_____

Parte V - Um Pouco de História da Ciência e Explicação teórica

(seu professor fará uma explicação sobre o tema abaixo; você deverá ler para ajudá-lo a responder as questões)

Ainda hoje existe um grande debate entre biólogos e filósofos sobre o que seria uma espécie. Esse é um debate intenso, ainda longe de receber uma resposta definitiva. Durante a história, muitas definições (mais de 30!) sobre o que é uma espécie já existiram. De acordo com as últimas estimativas, cerca de 26 conceitos de espécie foram publicados. Até pouco tempo atrás, os cientistas podiam identificar uma espécie apenas observando características visíveis, como nadadeiras, número de patas, presença de penas. Entretanto, como você pôde perceber pelos seus dados (das margaridas e gerberas) nem sempre as características externas dos seres vivos indicam se ele pode (ou não) ser de uma espécie. Um dos motivos para esse critério ser muito difícil de ser usado é **que a regra na natureza é a diversidade de formas entre indivíduos de uma mesma espécie.** Pense, por exemplo, nos filhotes que nascem dos cachorros, dos gatos e dos seres humanos. Eles são todos iguais? Não: há uma variação no tamanho, nas formas de alguns órgãos, nas cores, nas habilidades, etc. Muitas vezes, essas variações são tão grandes, que, se considerarmos várias mães e filhotes que nascem em ambientes distantes, veremos que as diferenças entre os indivíduos de uma mesma população é imensa. Veja os exemplos abaixo:

As pessoas começaram a nomear as espécies muito antes da ciência ser organizada no mundo. Para caçar, por exemplo, os seres humanos precisavam nomear os animais para se comunicar e saber quais iriam ser perseguidos. A taxonomia, que surgiu no século XVII com Lineu, criou um sistema para separar e classificar os seres vivos. Entretanto, com o passar do tempo, a tentativa de traçar os limites entre uma espécie e outra não estava sendo bem sucedida. Charles Darwin também escreveu sobre a questão. Dizia que definir o que é uma espécie é "*uma tentativa de definir o indefinível*". De acordo com Darwin, o termo "*espécie era um termo arbitrário, cunhado apenas por mera conveniência, para designar um grupo de indivíduos muito semelhantes entre si*". Com o passar do tempo, novas tecnologias permitiram estudar os seres vivos "por dentro", lendo inclusive seu DNA. Assim, os biólogos começaram a utilizar a diferença genética entre os indivíduos, os estudos ecológicos e outros fatores.

Uma definição muito utilizada até hoje foi estabelecida por Ernest Mayr, em 1942. Ele definiu o conceito biológico de espécie, descrito a seguir:

A Definição Biológica

Embora ela receba esse nome, "biológica", não quer dizer que essa definição tenha a ver mais com a biologia do que as demais; é que, como foi uma das primeiras, e está muito relacionada com reprodução (que está muito ligada à biologia), ficou com esse nome, mesmo. Sua versão mais recente diz algo como: uma espécie é um grupo de indivíduos que podem cruzar-se entre si, mas são incapazes de cruzar com outras.
Que tal um exemplo? Imagine uma dúzia de caramujos que vive em um laguinho (população **A**) e outra dúzia que vive em um brejo distante (população **B**). Podemos observar que organismos da população **A** não podem se acasalar com os da **B**, porque vivem distantes e não conseguem se encontrar. Se se encontrarem (por ação humana) e os organismos de populações diferentes cruzarem mas produzirem filhotes que não sejam aptos (podem ser fracos, ter deficiências ou ser estéreis), também podemos dizer que aquelas duas populações não conseguem se reproduzir "adequadamente". Então são de espécies diferentes, segundo essa definição.
Apesar desse conceito biológico ser muito utilizado até hoje, inclusive pelos livros didáticos, apresenta várias falhas. Por isso, os 26 conceitos de espécie publicados ainda hoje. Mas os biólogos acreditam que chegaram num ponto em que é possível combinar muitas idéias concorrentes em um único conceito básico que se fundamenta na noção da linhagem evolutiva, estudando assim a história evolutiva das populações. Mas essa discussão ficará para mais tarde.

PARTE VI- Conclusão

6) Considerando-se tudo o que você aprendeu sobre o conceito de espécie, pense novamente na questão 4, mas não apague o que você já escreveu. Podemos dizer que as margaridas e gérberas do vaso são de espécies diferentes apenas pela observação biológica? Como seria sua resposta agora que já conhece a discussão sobre o conceito de espécie?

_____

_____

_____

7) Se você vir flores que são de uma mesma espécie (utilizando o conceito biológico), elas serão todas iguais? **Justifique utilizando, para isso, os dados que você observou.**

_____

_____

_____

8) O padrão que observamos entre indivíduos de mesma espécie, é a **variabilidade ou a igualdade** entre os seres pertencentes à mesma população? Quais dados você observou que o fez verificar esse padrão? Você pode utilizar os dados da aula (vasos de plantas) e os exemplos do texto.

_____

_____

9) Para finalizar, volte à hipótese que você escreveu para a questão-problema da aula. Ela foi aceita, rejeitada ou parcialmente aceita? Complete a frase abaixo para escrever a **conclusão** de seu grupo sobre a questão dos caramujos. Para isso, você pode apresentar os dados que você viu nessa aula, as discussões sobre o conceito de espécie e sua conclusão..

Já que observamos que

_____

_____como

entendemos que o conceito de espécie é

_____

_____

_____, **então**

nossa hipótese foi _____, pois

_____

_____

_____

Bibliografia

Evolution. Ridley, M. 1996. Editora Wiley-Blackwell.

Vida- a ciência da biologia. Volume II: evolução, diversidade e ecologia. Purves, W.K.; Sadava, D.; Orians, G.H. & Heller, H.C. 2006. Editora Artmed.

http://www.wwf.org.br/informacoes/questoes_ambientais/biodiversidade/ Acesso em 08.02.2011.

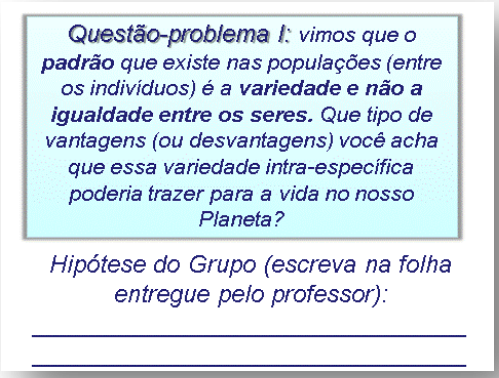
Sciences de la vie et la terre (2e). Duco, A. Éditions Belin. Programme 2010.

http://agencia.fapesp.br/14383

"O que é uma espécie?" Zimmer, Carl. Scientific American Brasil, nº 8, 2011.

Anexo 3: Apresentação feita aos alunos ao final das duas aulas práticas sobre Biodiversidade.

Anexo 4: Questão-Problema projetada em PowerPoint aos grupos e entregue, por escrito para a elaboração das hipóteses pelos grupos (passada ao final da aula de observação de flores, da biodiversidade)



Data: _____/_____/_____

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

ASSUNTO: DIFERENTES NÍVEIS DE DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS

Questão- Problema

*Vimos que o **padrão** que existe nas populações (entre os indivíduos) é a **variedade e não a igualdade entre os seres.** Que tipo de vantagens (ou desvantagens) você acha que essa variedade intraespecífica poderia trazer para a vida no nosso Planeta?*

Hipótese

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Anexo 5: Apresentação em PowerPoint com os *dados*[T] apresentados para a questão de investigação sobre evidências da evolução. "Os Lagartos de Pod Copiste e Pod Mrcaru"

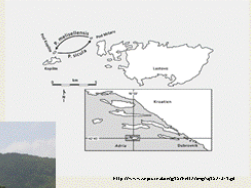
A evolução bem diante dos nossos olhos!

Evolução

- O que você entende por evolução?
- Vamos comparar com a definição que utilizamos em Ciência!
  - Processo de modificação das espécies ao longo do tempo.
  - Processo que dá origem a novas espécies na Terra.

É possível observar a evolução acontecendo?

Os lagartos de Pod Mrcaru



Dados

✓Em 1971 existia, em Pod Kopiste (uma ilha), uma espécie de lagarto chamado *Podarcis sicula*, que se alimenta de **insetos**.

✓Essa espécie de lagarto não existia em Pod Mrcaru (outra ilha).

✓Em 1971, pesquisadores levaram cinco pares desses lagartos para Pod Mrcaru.

Pod Kopiste

Pod Mrcaru

✓Em Pod Kopiste os lagartos se alimentavam de insetos, mas em Pod Mrcaru não existiam muitos insetos

Pod Kopiste

Pod Mrcaru

Em 2008, depois de 37 anos, o que teria acontecido com esses animais?

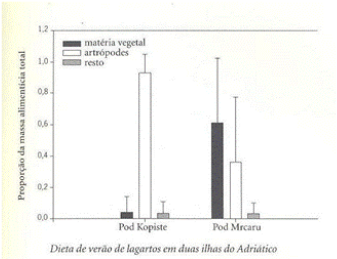
✓Em 2008, em Pod Mrcaru: encontraram muitos lagartos da espécie *Podarcis sicula* (descendentes dos cinco casais levados em 1971).

Reflita sobre as populações de lagartos de Pod Kopiste e Pod Mrcaru: haveria diferenças importantes entre os lagartos após os 37 anos (de 1971 a 2008)?

Sim e as diferenças encontradas foram marcantes!

- Diferenças anatômicas significativas (cabeça e intestino);
- Diferenças ecológicas (alimentação e território);

1) As dietas dos lagartos nas duas ilhas eram bastante diferentes.



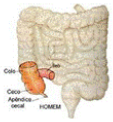
Extraído de: *O maior espetáculo da Terra*. Richard Dawkins. 2009. Cia das Letras.

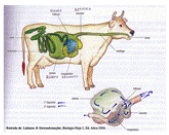
2) Lagartos de Pod Mrcaru tinham a cabeça **maior** que a da população original.

Cabeças maiores estão relacionadas a mordidas mais fortes e dietas vegetarianas...

O que é o ceco e a válvula cecal??

Ceco: região do intestino de animais vegetarianos que abriga bactérias que digerem a celulose das plantas.





Válvula cecal: compartimento do intestino de animais herbívoros que regula o fluxo de material pelo intestino.

Nos intestinos dos lagartos de Pod Mrcaru havia válvula cecal!

3) A densidade populacional aumentou, e os lagartos deixaram de defender território, como faziam em Pod Kopiste!

Questão- problema:

Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese.

Anexo 6: Questão-Problema sobre o mecanismo de evolução biológica a ser passada para os grupos de alunos ao final da apresentação dos *dados*[T] sobre os lagartos

Nome _____ nº _____ ano _____

ASSUNTO: Questão-Problema para Evolução das Espécies

Você acabou de participar de uma discussão sobre a evolução dos seres vivos. Viu como exemplo, as modificações sofridas pelos lagartos da Ilha Pod Mrcaru. A partir de agora, vocês vão investigar como isso ocorre! Para isso, vocês vão começar construindo uma hipótese (em grupo) para a seguinte questão-problema:

Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese.

Hipótese do grupo:

_____

_____

_____

_____

Anexo 7: Apostila para atividade prática sobre seleção artificial – Como produzir novas raças de cachorros?

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

Nome _____ nº _____ ano _____

Você discutiu sobre a biodiversidade intra-específica e a biodiversidade em nível de ecossistemas. Nossa questão-problema, nas aulas anteriores, era entender sobre os mecanismos que geram as novas espécies e as modificações nos seres vivos ao longo do tempo.

Para entender o mecanismo que leva à formação de novas espécies, vamos entender o que é a seleção artificial.

Você já deve ter visto quantas raças diferentes existem em algumas espécies de animais. Há várias raças de cachorros, de cavalos, de gatos e de bovinos. No caso dos cavalos, há os tratadores, há aqueles de corrida, os saltadores dentre outros. No caso do cultivo de plantas, há ainda mais exemplos da imensa variedade que existe! Como será que surgiram as raças de animais domésticos? Como será que surgiram as variedades de alimentos vegetais de mesma espécie (como milho ou couve, por exemplo)? Pela **seleção artificial,** uma técnica utilizada pelos seres humanos já há muitos séculos.

Darwin sabia muito sobre a criação de animais e o cultivo de plantas. O primeiro capítulo do livro “A origem das Espécies” foi dedicado exclusivamente às variedades domésticas de animais e plantas. Ele apresenta, por exemplo, o caso das couves (*Brassica oleracea*) que em poucos séculos originou diferentes vegetais pela seleção artificial: couve-flor, brócolis, couve manteiga, couve de Bruxelas e brócolis ninja.

Figura 2: Brócolis Ninja

Figura 2: Couve Manteiga

Figura 13: Brócolis

Figura 44: Couve de Bruxelas

A *Seleção artificial* acontece quando pessoas escolhem os indivíduos que acasalarão, baseando-se em características que eles esperam que sua cria herde. Isso também pode ser chamado de cruzamento seletivo. Para ocorrer seleção artificial, são necessárias duas variáveis (tempo e variabilidade) e dois fenômenos (seleção e herança):

- **Variação**: existem diferenças entre os indivíduos de uma mesma espécie. Muitas dessas diferenças devem-se aos genes (pedaços de DNA).
- **Herança**: traços genéticos que são herdados dos pais e passados aos filhos.
- **Seleção**: na seleção artificial, indivíduos com características favoráveis são colocados para reproduzir, na esperança de que essas características sejam transmitidas à próxima geração.
- **Tempo**: Conseguir as características necessárias geralmente não acontece na primeira tentativa. Frequentemente, tem-se que cruzar por muitas gerações, até quer se tenha uma nova raça estabelecida.

Conforme já discutimos, novas raças podem surgir a partir de seleção artificial. O ser humano consegue moldar as sucessivas gerações de seres vivos pela seleção de sucessivas variações. Em virtude do princípio “poderoso” da hereditariedade (a prole recebe características dos pais), toda variedade dos indivíduos gerados poderá ter um agente de seleção (no caso, o homem) e pode propagar uma nova forma.

Pode-se modificar uma raça por cruzamentos em que se escolhem os indivíduos que representam o tipo desejado.

Como os criadores fazem a seleção artificial?

A: *Engelssen doggen*. B: Fila brasileiro.

Há mais de 400 raças diferentes de cães;

São necessárias muitas gerações para obtenção de uma nova raça;

Muitas raças de hoje em dia são um resultado de seleção artifical ou cruzamento seletivo.

Parte I: *Características desejadas da nova raça*

Os cães pertencem todos à mesma espécie.

Tente, então, imaginar o motivo pelo qual há tantas raças atuais de cães diferentes dos lobos e entre si. Será que os homens conseguem escolher as características de uma população? A partir de escolhas de acasalamentos, eles podem, inclusive, compor uma nova espécie. Agora, veja o esquema abaixo. Quais dessas raças você escolheria para criação, caso quisesse uma variedade que afujentasse ursos?

Orelhas pontudas

Os cães pertencem todos à mesma espécie.
Tente, então, imaginar o motivo pelo qual há tantas raças atuais de cães diferentes dos lobos e entre si. Será que os homens conseguem escolher as características de uma população? A partir de escolhas de acasalamentos, eles podem, inclusive, compor uma nova espécie. Agora, veja o esquema abaixo. Quais dessas raças você escolheria para criação, caso quisesse uma variedade que afujentasse ursos?

Orelhas pontudas
Olhos verdes
Pelagem curta
Latido medianamente alto

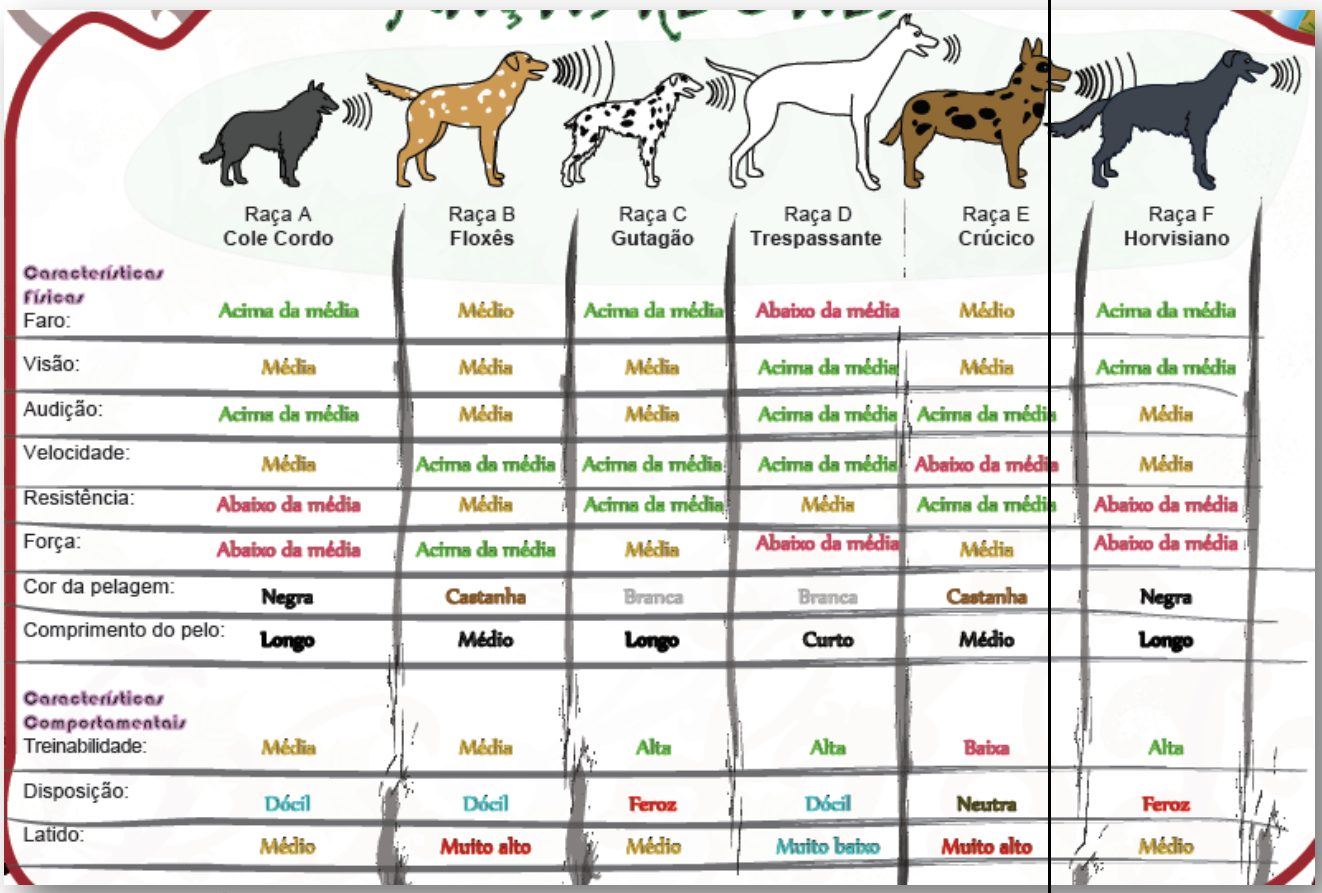
Orelhas caídas
Olhos azuis
Pelagem longa
Latido medianamente alto

Orelhas caídas
Olhos azuis
Pelagem longa
Latido alto

Nem todas as características são importantes na escolha para a seleção artificail. Como vimos acima, a cor dos olhos, ou as orelhas não são importantes para afugentar ursos. Mas o som dos latidos sim!

Agora você e seu grupo vão tentar criar uma nova raça de cachorros! Abaixo, descrevemos sua missão.

“Imagine que vocês ao donos de uma empresa que cria e comercializa várias raças de cachorros. Abaixo, estão as raças que existem em sua empresa (essas raças são fictícias).



	Raça A Cole Cordo	Raça B Floxês	Raça C Gutagão	Raça D Trespassante	Raça E Crúcico	Raça F Horvisiano
Características físicas						
Faro:	Acima da média	Médio	Acima da média	Abaixo da média	Médio	Acima da média
Visão:	Média	Média	Média	Acima da média	Média	Acima da média
Audição:	Acima da média	Média	Média	Acima da média	Acima da média	Média
Velocidade:	Média	Acima da média	Acima da média	Acima da média	Abaixo da média	Média
Resistência:	Abaixo da média	Média	Acima da média	Média	Acima da média	Abaixo da média
Força:	Abaixo da média	Acima da média	Média	Abaixo da média	Média	Abaixo da média
Cor da pelagem:	Negra	Castanha	Branca	Branca	Castanha	Negra
Comprimento do pelo:	Longo	Médio	Longo	Curto	Médio	Longo
Características Comportamentais						
Treinabilidade:	Média	Média	Alta	Alta	Baixa	Alta
Disposição:	Dócil	Dócil	Feroz	Dócil	Neutra	Feroz
Latido:	Médio	Muito alto	Médio	Muito baixo	Muito alto	Médio

Ficha 4: características das raças.

Sua empresa foi contratada por cientistas que desejam raças de cães que possam ser usadas uma determinada função com maior eficiência para. Esses cães precisariam serhábeis na visualização rápida de aves aquáticas (patos e gansos) de lagos. Esses cachorros não podem ser agressivos, pois a função é avisar aos pesquisadores onde estão as aves e conseguir cercá-las, sem machucá-las e sem deixar que fujam. Os cientistas não querem que as aves se machuquem pois vão tomar alguns dados sobre elas e depois soltá-las na natureza. Uma informação importante é que as aves são bastante assustadiças (assustam-se facilmente) e devem ser capturadas sem danos e com o mínimo possível de tensão.

A partir das raças que vocês têm na empresa, escolha as características mais importantes para a nova raça encomendada. Lembre-se: se você escolher muitas características, será muito mais demorado e mais difícil para chagar ao que você precisa! Para isso, preencha a ficha abaixo, conforme as orientações.

Parte I: *Características desejadas da nova raça*

Para cada característica abaixo, circule a forma que você idealmente deseja que seus cães possuam para atender o pedido. Para características que você imagina que não afetarão a habilidade de sua raça de desempenhar a tarefa designada, circule "qualquer".

Características Físicas

Faro:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Visão:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Audição:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Velocidade:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Resistência:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Força:	acima da média	média	abaixo da média	qualquer
Cor da pelagem:	muito escura	média	muito clara	qualquer
Comprimento da pelagem:	comprida	média	curta	qualquer

Características Comportamentais

Treinabilidade:	alta	média	baixa	qualquer
Disposição:	feroz	neutra	dócil	qualquer
Latido:	muito alto	médio	muito baixo	qualquer

A partir das escolhas acima, veja quais raças você deverá cruzar (os primeiros casais) para selecionar as características que você precisa. Escreva abaixo:

Macho da raça:_____

Fêmea da raça: _____

Por que você escolheu as raças acima? Que tipos de características você acha que os filhotes deverão ter? Justifique.

_____

_____

_____

_____

Primeira geração: Os cães que você selecionou acasalaram e nasceram 3 filhotes! Agora você simulará quais características físicas e comportamentais esses filhotes teriam. Para isso, proceda assim: para cada característica (faro, audição etc.) jogue uma moeda. Se cair cara, o filhote herdará aquela característica da fêmea; se cair coroa, o filhote herdará aquela característica do macho. Consulte a ficha 4 para relembrar quais são as características das raças que você escolheu. Escreva os resultados na tabela abaixo.

Características Físicas	Filhote 1	Filhote 2	Filhote 3
Faro:			
Visão:			
Audição:			
Velocidade:			
Resistência:			
Força:			
Cor da pelagem:			
Comprimento do pelo:			
Características Comportamentais			
Trainabilidade:			
Disposição:			
Latido:			

Imagine que para a segunda geração, vocês precisem fazer novos cruzamentos. Se vocês cruzarem dez casais da ficha 5 (acima), vocês obterão 30 novos filhotes netos. Simule novamente as características da nova geração, utilizando para isso uma fêmea com características do filhote 1 (acima) e um macho com características do filhote 2 (acima). Para isso, use novamente cara ou coroa.

Perceba que esses serão os "netos" dos cães iniciais!

Características Físicas	Filhote-neto 1	Filhote-neto 2	Filhote-neto 3
Faro:			
Visão:			
Audição:			
Velocidade:			
Resistência:			
Força:			
Cor da pelagem:			
Comprimento do pelo:			
Características Comportamentais			
Trainabilidade:			
Disposição:			
Latido:			

Anexo 8: Power Point apresentado sobre seleção e biodiversidade

Seleção e Evolução

1) O que é a seleção artificial?

Resposta:

2) O que é necessário para que a a seleção artificial aconteça?

Resposta:

Raças de cachorros são um bom exemplo de seleção artificial. Que outros exemplos existem?

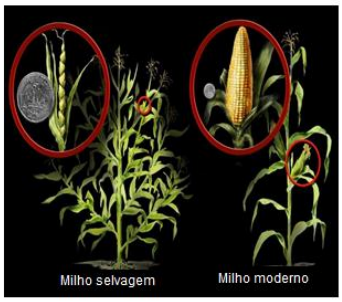
Plantas usadas na agricultura.

Pombos.

Gado.

Outros?

O exemplo do milho



O exemplo da raposa

No início da década de 1960, o biólogo Dmitri Belyaev fez cruzamentos seletivos e conseguiu domesticar raposas, depois de 15 gerações, apenas!

Seres humanos podem ser bons selecionadores. E outros animais?

Animais polinizadores são excelentes selecionadores!

No caso dos animais polinizadores, podemos falar em seleção artificial?

NÃO!!!!

Nesse caso, usamos o termo SELEÇÃO NATURAL.

O QUE É SELEÇÃO NATURAL?

Resposta:

ANEXO 9: Apostila com questões finais sobre evolução. Retomada da questão-problema inicial e aplicação em outras situações.

Depois de algumas aulas, é importante verificar e analisar seu conhecimento sobre o assunto. Assim, elaboramos algumas questões para serem discutidas em grupo. Agora, você deverá responder esse questionário individualmente. Várias questões você já respondeu no início da atividade e nas discussões em grupo, então não estranhe! Queremos avaliar se você aprendeu os conceitos envolvidos!

1. Você acredita que aparecem novas espécies nos dias atuais, em nosso planeta? SIM NÃO

2. Durante as últimas aulas, você viu e ouviu falar da possibilidade de surgimento de novas espécies em nosso planeta. Explique **como você** acha que isso ocorre, ou seja, qual é o "mecanismo" que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais. (Se você não tiver nenhuma idéia de como isso ocorre, deixe em branco **e s**e você acha que isso não ocorre nos dias atuais, esclareça nas linhas abaixo).

   _____
   _____
   _____

3. Se você respondeu "não" na questão 1, você acredita que (assinale apenas uma alternativa):

a.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo, no passado e não se modificaram mais.
b.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo no passado, mas podem ter se modificado nos tempos atuais com o surgimento de novas espécies.
c.	Nenhuma das anteriores. Eu não acredito que aparecem novas espécies hoje porque_____

4. Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta? Explique suas ideias!

   _____
   _____

5. Na aula de biodiversidade você observou as flores num vaso, conforme a figura abaixo:

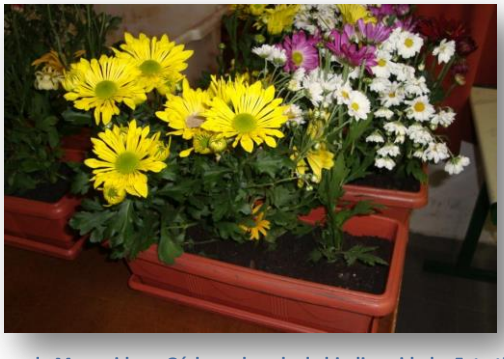


Figura 1: Vaso de Margaridas e Gérbera da aula de biodiversidade. Foto tirada pela autora

Vimos que o padrão que existe nas populações (entre os indivíduos) é a variedade e não a igualdade entre os seres. Que tipo de dados você observou na aula para justificar a frase acima?

_____
_____

6) Que tipo de vantagens (ou desvantagens) você acha que a variedade intraespecífica (de indivíduos de uma mesma espécie) poderia trazer para a biodiversidade no nosso Planeta? Justifique.

_____

_____

_____

_____

7) Na aula prática que tivemos sobre seleção artificial, concluímos que os seres humanos escolhem as rosas mais bonitas e perfumadas, os maiores girassóis, o milho mais saboroso estimulando a reprodução dos indivíduos que possuam as características mais interessantes para o ser humano (cor, cheiro, sabor, docilidade, etc.). Com isso, preservam-se os genes que produzem as características mais atrativas. A genialidade de Darwin foi perceber que a natureza podia desempenhar o papel de agente seletor. Os seres humanos já conheciam a técnica de seleção artificial muito antes de Darwin, mas foi ele quem se deu conta de que a seleção pode ser feita automaticamente, pela sobrevivência. Somente quem sobrevive se reproduz e transmite seus genes para a próxima geração. Elabore uma forma de utilizar a seleção artificial para obter uma raça de cachorros de pêlos brancos e uma situação em que, por ação da seleção natural, os cachorros tivessem a mesma característica selecionada (pêlos brancos).

_____

_____

_____

_____

8)

Você ouviu a história dos lagartos de Pod Kopiste e Pod Mrcaru, cujas populações se modificaram em poucas décadas. Isso pode acontecer com as mais diferentes espécies do planeta! Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese.

_____

_____

_____

_____

_____

9) Veja a imagem dos peixes ao lado. São lebistes (*Poecilia reticulata),* peixes de água doce. Os machos têm cores muito mais vivas que as fêmeas. Num estudo feito com Lebistes selvagens de rios das montanhas de Trinidad, verificou-se que várias populações de Lebistes eram notadamente diferentes uma das outras (assim como os caramujos da aula de biodiversidade, lembra-se?). Em algumas populações desses peixes, o pesquisador Endler encontrou machos adultos muito coloridos. Depois de algumas pesquisas e observações, ele deduziu que os ancestrais tinham sido selecionados pelas fêmeas por suas cores. Quanto mais coloridos, mais as fêmeas eram atraídas e acasalariam com os machos. Entretanto, em outras áreas dos rios, os machos eram mais pardacentos, pouco coloridos (embora ainda mais coloridos que as fêmeas). Ambos ficavam bem camuflados contra o fundo de seixos (pedrinhas) dos rios onde viviam. Endler apresentou comparações entre as várias populações de lebistes dos rios e encontrou o seguinte dado: nos rios onde havia mais predação, os machos eram menos vistosos. Nos rios onde a predação era fraca, os machos tinham cores mais vivas, com manchas maiores, mais berrantes e mais numerosas. Assinale entre a alternativa "a" e a alternativa "b", qual é a melhor explicação para as diferenças encontradas entre os machos de mesma espécie:

Figura 2: Variedade de Lebistes, (Poecilia reticulata) em um aquário. As duas fêmeas são relativamente pardas. Os quatro machos são coloridos e mostram variação no número, tamanho e cores das manchas nos seus corpos. Fonte: labspace.open.ac.uk.

a. Os machos foram se adaptando, conforme a necessidade, para não serem vistos pelos predadores e foram ficando menos coloridos. Como eles foram se reproduzindo, passaram essa característica para os filhotes.
b. Os casais de lebistes têm filhotes com pequenas diferenças nas cores, tendo filhotes muito coloridos ou um pouco menos coloridos. Os machos menos coloridos sobrevivem mais do que os de cores muito chamativas, pois são menos predados pelos grandes peixes da região. Então os sobreviventes vão se reproduzindo. A predação acaba selecionando naturalmente os lebistes menos coloridos nessas áreas.

10) No caso dos lebistes, as populações com pequenas diferenças entre os machos poderia dar origem a duas novas espécies (uma com machos pardacentos e outra com machos muito coloridos)? Como isso poderia ocorrer? Crie uma história para isso!

_____
_____
_____
_____

11) Endler e outros biólogos fizeram algumas experiências para analisar como ocorrem as mudanças nos padrões de manchas dos Lebistes. Uma das experiências foi feita com a construção de vários tanques artificiais. Ele os abasteceu com uma população de Lebistes derivados de várias localidades diferentes dos rios de Trinidad. Inicialmente, os Lebistes foram os únicos peixes em cada tanque. Conforme pode ser observado na figura 3, apesar da variação da coloração entre os machos, o número médio de manchas nos machos em todas as populações no início do experimento (tempo = 0 meses) **foi de 10**. O biólogo deixou os tanques apenas com Lebistes durante os seis primeiros meses e contou novamente o número de manchas dos machos de todos os tanques. Ele verificou que o número médio de pontos por macho tinha aumentado para 11,8.

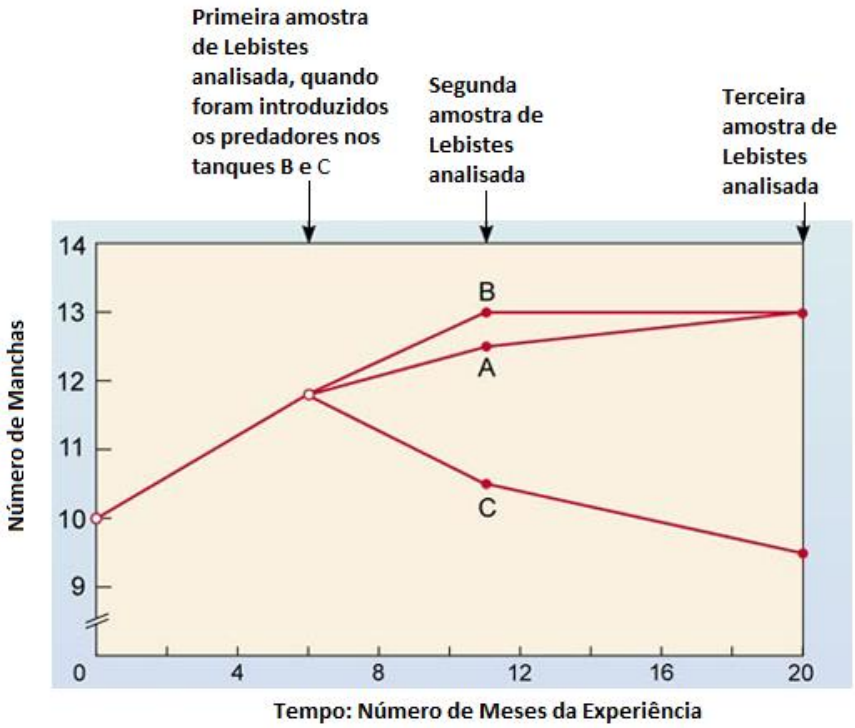


Figura 3: Gráfico de número de manchas de Lebistes em função do tempo (experiência de Endler) . Fonte: labspace.open.ac.uk

Qual é a possível explicação para a mudança de número de manchas dos machos depois de **seis meses**? Explique sua resposta.

_____
_____
_____

12) Depois dos seis primeiros meses, Endler dividiu os Lebistes em três grupos (A, B e C). No tanque C, ele acrescentou seis peixes chamados *Crenicichla alta* que é um peixe predador voraz (devorador) dos Lebistes. No tanque B, ele acrescentou seis indivíduos de outro peixe chamado *Rivulus hartii*, mas que não é predador de Lebistes. No tanque A ele não acrescentou nenhum peixe. O pesquisador deixou os tanques sozinhos por mais cinco meses. Pegou amostras de Lebistes dos três tanques e contou o número de manchas dos machos. Segundo os dados apresentados no gráfico da figura 2, qual foi a diferença encontrada no número de manchas nos machos dos Lebistes depois de onze meses de experimentação? Explique por quê.

_____
_____
_____
_____

13) Na fase final de seu experimento, Endler deixou a população de Lebistes por mais nove meses (tempo para várias gerações aparecerem) e fez a análise final do número de manchas dos machos. Aos 20 meses as populações tinham divergido ainda mais do que na época da segunda amostra, com os grupos A e B com média de 13 manchas por macho e no grupo C média de 9,5 manchas. Como esses result apóiam a ideia de que os peixes predadores contribuem na seleção natural? Explique.

_____
_____
_____
_____

14) Se você tivesse que participar de um debate sobre a evolução das espécies em nosso planeta e tivesse que explicar como surgiram todas as espécies existentes, que tipo de afirmação você acha que seria mais apropriada para explicar a origem das espécies (assinale a alternativa correta):

a. As espécies de plantas, micróbios e animais surgiram todos ao mesmo tempo, há milhares e milhares de anos e continuam iguais até hoje.
b. Uma espécie mais simples vai se modificando e se tornando mais complexa, desenvolvendo o órgão que mais precisa, se adaptando ao ambiente. Assim, quanto mais se usa uma estrutura, mais ela se desenvolve e essa modificação vai sendo passada às gerações futuras.
c. Os indivíduos mais aptos (mais adaptados), que possuem variações importantes para a sobrevivência numa determinada população, sobrevivem mais e assim conseguem se reproduzir, deixando descendentes. Isso pode provocar mudanças nas gerações seguintes, pois os filhos herdam essas variações (características) dos pais e passam às gerações seguintes, caso a característica continue sendo importante para a sobrevivência no local.

15) Para finalizar a discussão sobre a Teoria da Evolução, você precisará apresentar em seu debate algumas evidências da seleção natural como mecanismo que gera a evolução biológica, de forma a convencer seu público de que essa teoria científica tem validade. **Quais dados e evidências você escolheria para convencer alguém da Seleção Natural** como mecanismo da Evolução Biológica? (você pode assinalar mais que uma alternativa, se for o caso):

a. Os fósseis que são encontrados estão depositados nas camadas geológicas numa ordem coerente com a evolução. Por exemplo, os fósseis de mamíferos estão depositados depois de uma determinada época e não antes dela, sem exceções.
b. A resistência aos inseticidas é um fenômeno mundial e as estimativas atuais indicam que mais de 500 espécies de artrópodes desenvolveram resistência a um ou mais pesticidas (substâncias químicas que são usadas na agricultura para matar animais considerados pragas agrícolas). A utilização de inseticidas químicos selecionou insetos cada vez mais resistentes em poucas décadas. A aplicação repetida do mesmo inseticida por alguns anos numa determinada plantação, favoreceu a sobrevivência de variantes genéticas específicas nas populações, levando à sobrevivência dos indivíduos resistentes ao inseticida. A freqüência do gene para resistência aumenta na população e pode se espalhar para outras através do fluxo gênico da reprodução sexuada, criando populações de insetos resistentes ao inseticida.
c. A experiência com os lebistes, feita por Endler: os dados mostram as modificações nos padrões das manchas em função da presença de predadores ao longo do tempo. Isso pode ser uma evidência da seleção natural, mecanismo da evolução biológica.
d. O aumento da altura média da população humana, nos últimos anos, é uma evidência da evolução.
e. As bactérias causadoras de doenças em seres humanos, têm se tornado cada vez mais resistentes aos antibióticos usados para combatê-las. Os antibióticos utilizados matam a maioria das bactérias, mas não todas, pois algumas podem ser naturalmente resistentes aos antibióticos. Essas que sobrevivem se reproduzem e passam essa característica de resistência às próximas gerações de bactérias.

16) Imagine que uma pessoa tenha visto a experiência com os lebistes (descrita na questão 9) e que tenha concluído que "*os peixes se acostumaram com o ambiente e que desenvolveram maior número de manchas porque usaram muito essa característica para atrair as fêmeas (lei do uso) e que diminuíram o número de manchas porque deixaram de usar (lei do desuso).*" Que evidências você usaria para convencê-la de que o que ocorreu foi a seleção natural e não a lei do "uso e desuso"? Justifique sua resposta.

_____

_____

Fontes utilizadas:

- University of California Museum of Paleontology's Understanding Evolution (http://evolution.berkeley.edu).
- Dawikns, R. *As evidências da Evolução* .-São Paulo, Companhia das Letras, 2009.
- http://cse.edc.org/products/ProductView.asp?PID=1756
- http://labspace.open.ac.uk/course/category.php?id=10
- Machado, V & Fiuza, L. *Evolução e manejo da resistência de insetos*, Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento - nº 38, 209

Anexo 10: Dados obtidos (respostas dos alunos do 3º K no pré-teste)

Questionários individuais foram passados antes do início da sequência didática, em 10 de Outubro de 2011. Na página 1 havia os esclarecimentos sobre a pesquisa e a autorização. Na página 2, descrita a seguir, havia as questões de pré-teste.

O objetivo principal desse questionário foi de entender os principais conceitos sobre evolução que os alunos da 3ª série do ensino médio possuíam sobre o tema. Por estarem no final do ensino médio, no penúltimo mês de aula, vários conceitos já tinham sido tratados pelos professores. A mesma professora da classe já havia sido a professora de biologia no 2º ano do ensino médio. Esses alunos já haviam estudado, durante a escolarização, genética, ecologia, classificação biológica e fisiologia animal, além de citologia e histologia.

A classe é possui 57 alunos inscritos, mas muitos faltam e outros não frequentam as aulas (desistentes). Assim, para fim de análise, faremos o seguinte critério:

3. Para cada aula, o número de alunos faltantes e considerando-se apenas os que entregaram a apostila e estavam presentes. Assim, para fins estatísticos, serão considerados apenas a proporção de alunos presentes.
4. Para o desenvolvimento de argumentação e aprendizagem conceitual, apenas os que participaram de toda a sequência.

---

1. Você acredita que aparecem novas espécies nos dias atuais, em nosso planeta?

Apenas 31 questionários respondidos. Desses, 29 responderam sim e 02 não.

2. Você já viu (ou ouviu falar) do surgimento de novas espécies em nosso planeta? SIM NÃO

Dos 31 questionários respondidos, 24 responderam sim e 07 não.

3. Se você respondeu “sim” na questão 2, explique como você acha que isso ocorre. (qual é o “mecanismo” que poderia fazer surgir novas espécies nos dias atuais). Se você não tiver nenhuma ideia de como isso ocorre, deixe em branco.

Categorias de Respostas (dos que responderam sim)	Totais de alunos (3º K)	Análise de tipo de resposta	Totais Parciais
Deixaram em branco ou não têm ideia de como surgem	08	Não têm ideia	08
Pelo estudo e pesquisa dos cientistas	10	Ideia ou conceito errado	16
Pela ação de cientistas nos laboratórios	03		
Pela reprodução rara entre espécies	02		
Por extraterrestres	01		
Pela necessidade da época	02	Ideia inicial finalista ou determinista	02
Por mutação e variação da espécie	01	Ideia inicial correta, porém incompleta (sem citar seleção natural).	03
Pela reprodução entre seres com variabilidade genética	02		

4. Se você respondeu “não” na questão 1, você acredita que (assinale apenas uma alternativa):

a.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo, no passado e não se modificaram mais. 01
b.	As espécies foram criadas todas ao mesmo tempo no passado, mas podem ter se modificado nos tempos atuais com o surgimento de novas espécies. 03
c.	Nenhuma das anteriores. Eu não acredito que aparecem novas espécies hoje porque as espécies diferentes não se cruzam (01)

5. Como você acha que surgiu a biodiversidade (como surgiram as diferentes espécies) em nosso planeta? Explique suas ideias!

6.

Categorias de Respostas	Totais de alunos (3º K)	Análise de tipo de resposta	Totais Parciais
Deixaram em branco ou não têm ideia de como surgem	06	Não têm ideia	06
Pelo estudo e pesquisa dos cientistas	03	Ideia incorreta	05
Pela ação de cientistas nos laboratórios	02		
Pela reprodução, mistura, fecundação ou cruzamentos	10	Alguma Ideia precursora correta, porém incompleta (sem citar seleção natural).	16
Pela evolução	02		
Deus criou ou evolução	01		
Migração para diferentes ambientes	01		
Mudança Climática	02		
Para sobreviver em diferentes ambientes	02	Ideia ligada ao determinismo ou teleologia cósmica	02

Nas questões 03 e 05, pode-se tentar analisar a habilidade de construir um argumento, independentemente da garantia ser aceita (ou partilhada) pelo professor. Isso pode ser importante para perceber a evolução dos alunos nessa habilidade antes do trabalho do professor e do contato com os *dados*[T] da evolução.

Resposta questão três em forma argumentativa	Completa (dado, garantia explícita e conclusão).	Incompleta (dado e conclusão com garantia implícita)	Validade (garantia de acordo com a ciência)
♀de3K	x		
♂lu3K	x		x
♀ma3K	x		
♂th3K	x		
♂vi3K	x		

♂fe3		x	
TOTAL: 06 argumentos	TOTAL: 05 argumentos completos	Total 01 argumento incompleto (sem garantia explícita)	Total: um argumento válido.

Análise argumentos da questão 3

Aluna Denise, 12, que colocou a ação dos cientistas, escreveu de forma argumentativa:

Dado que: "nem todos os tipos de seres vivos foram descobertos ou explorados"
Então "avaliado como alguma (nova) espécie"
Já que "a cada dia pode ser descoberto"

Aluno Lucas, 30:

Dado que: "a terra vai se transformando"
Então: "Os seres vão se adaptando"
Já que "assim podem surgir novas espécies"

Aluna Mayra, 35:

Dado que: *"dois indivíduos da mesma espécie podem ter genes diferentes"*
Então: *"podem dar origem a uma espécie diferente da sua"*
Já que: *"cruzando"*

Aluno Thalles, 39:

Dado que: *"há grande variabilidade e diversidade de espécies"*
Então: *"os biólogos com estudos achem necessário subdividir uma espécie"*
Já que: *"a partir de um certo momento a união de indivíduos dessa espécie não gerar descendentes férteis"*.

Aluno Vinícius, 41
Dado que: "*Há muitas espécies ainda não descobertas"*
Então: *"Isso somente através de pesquisas"*
Já que: *"creio que o ser humano ainda não vasculhou todo o espaço geográfico"*.

Aluno Felipe, 54

Dado que: *"há uma grande variedade num mesma espécie"*

Então*: "os genes diferentes podem gerar uma nova espécie"*

Resposta questão 5 em forma argumentativa	Completa (dado, garantia explícita e conclusão)	Incompleta (dado e conclusão com garantia implícita)	Validade (garantia de acordo com a ciência)
♀de3K	x		x
♂gu3K	x		
♂th3K	x		Parcial, finalista ou determinista
TOTAL: 03 argumentos	Total: 03 completos		Total: 01 com validade.

Na questão 5:

Denise, 12, coloca:

Dado que *"como há diferença enorme* (entre os seres vivos)*"*

Então *"cada indivíduo se adaptou a determinado ambiente"*

Já que *"foram considerados outra espécie"*

Gustavo, 21, coloca:

Dado que: *"foram surgindo (formas) diferentes"*

Então *pelo cruzamento de espécies variadas"*

Já que *"pelo tempo (que) passa"*

Thalles, 39, coloca:

Dado que: *"há grande diversidade climática e de diferentes tipos de hábitats naturais existentes na Terra"*

Então: *"passaram a desenvolver diferentes formas de vida, para se adaptar a diferentes lugares, gerando uma biodiversidade cada vez mais abundante em nosso planeta"*

Anexo11: Dados obtidos: análise qualitativa dos componentes dos argumentos dos alunos do 3º K sobre a evolução dos lagartos (antes e depois das discussões)

Alunos	Nºs.	Estrutura argumentativa	Elementos presentes						Categorias de Mecanismos descritos	Faltou
			Dados descritivos	Garantia Explícita	Apoio Explícito	Afirmação	Q.	R.		Sim – 1 e Não 0
	2	Na hipótese	"As diferenças de fato no longo de décadas existem"	"evoluem, se transformam"		"porém a espécies nunca muda ela se transforma o seu começo é sempre o mesmo"	0	0	transformação	0
		Na questão 8								0
	3	Na hipótese								1
		Na questão 8		"modificando e selecionando as características que preferir"	"O mecanismo é a seleção natural"	"Sim, esse mecanismo pode fazer uma nova espécie ao decorrer de várias gerações"			"Seleção Natural"	0
	4	Na hipótese								1
		Na questão 8	"A mesma espécie nesse local adquira essa característica boa"	"e assim passará para seu filhote"		"Esse mecanismo poderá fazer surgir uma nova característica boa para a espécie, não necessariamente uma nova espécie"	"não necessariamente"		Descendentes com características boas	0
	5	Na hipótese	"Quando tiramos uma espécie de seu habitat natural e levamos para um novo ambiente essa espécie evolui"	"de acordo com as suas necessidades de sobrevivência"		"ela se desenvolve e se torna uma nova espécie ao decorrer dos anos"	0	0	Evolui de acordo com as necessidades da sobrevivência	0
		Na questão 8		"onde o homem se interfere e escolhe o que cruzar, para se adaptar ao ambiente"		"A seleção Artificial"			Seleção Artifical (pela ação do homem faz surgir novas espécies)	0
	7	Na hipótese	"as espécies são obrigadas a se adaptar ao ambiente em que elas vivem, como no	"tiveram que procurar outra forma de se alimentar para		"as modificações acontecem"			Evolui de acordo com as necessidades da	0

			caso dos lagartos, como na outra ilha não havia muitos insetos, “diferenças no habitat em que se vive, condições climáticas, alimentação, etc”	sobreviver”					sobrevivência	
		Na questão 8								10
	8	Na hipótese	“sempre [à] novas reproduções”	“acredito que envolve o clima, alimentação, meio ambiente”	“pois a evolução no mundo não para”	“”sim, poderia surgir novas espécies”			Novas reproduções	0
		Na questão 8		“continuando cruzando”	“utilizando o mecanismo de seleção artificial”	“Sim, seria capaz de surgir novas espécies de lagartos”			Seleção Artificial por cruzamentos	1
	9	Na hipótese								1
		Na questão 8	“Através da migração para outros lugares”	“podem surgir necessidades” “as necessidades de cada lagarto acaba provocando diferenças”		“Sim, pode fazer surgir novas espécies”			As necessidades provocam diferenças	1
	10	Na hipótese	“como por exemplo: alimentação mudanças climáticas, os aspectos físicos, e seus habitats.”			“necessidades de sobrevivência”			Evolui de acordo com as necessidades de sobrevivência	
		Na questão 8				“De acordo com a seleção natural”			Seleção Natural	
	11	Na hipótese	“devido os novos habitats e outros fatores”			“houve a necessidade de sofrerem mutação em seu corpo internas e externamente”[fez surgir as diferenças]			Necessidade de mutações	
		Na questão 8	“Porque o meio ambiente seleciona e só o que sobrevive os que se adéqua melhor”	“e eles irão se reproduzir”		“gerando novas espécies ao decorrer das décadas”			“Ambiente seleciona os que sobrevivem – seleção natural”	
	12	Na hipótese	“os seres vivos possuem um impulso natural à sobrevivência	“na qual iria se adaptar a se modificar a		“acredito que seria de acordo com a necessidade”			De acordo com a necessidade de adaptação	

				determinada diferencia aonde se localiza”						
		Na questão 8	“Já que os lagartos não tiveram a abundância na alimentação de insetos, teve que comer vegetais”	“e assim os que sobreviveram por ter cabeça grande e o intestino adaptado se reproduziram e deixaram descendentes férteis”	“Seleção Natural”	[sim, pela] seleção natural			Seleção Natural: reproduzção dos mais adaptados	1
	13	Na hipótese		“a necessidade de mudar”		“faz com que a espécie se adapte as mudanças”			A necessidade de mudar	
		Na questão 8	“A mudança de ambiente”	“pode trazer mudanças de características”		“Poderia sim fazer surgir novas espécies”				1
	14	Na hipótese				“alimentação, meio ambiente e clima”			Não há	
		Na questão 8		“porém tanto a seleção natural e artificial podem modificar tanto uma espécie”	“seleção natural e artificial”	“Sim””que poderia criar outra espécie”			Seleção Natural e Artificial	
	16	Na hipótese	“como no caso dos lagartos, como na outra ilha não tinha muitos insetos, tiveram que procurar outra forma de se alimentar para sobreviver”	“por diferenças no habitat em que se vive, condições climáticas, e alimentação”		“as espécies são obrigadas a se adaptar ao ambiente que se vive”			Obrigadas a se adaptar ao ambiente	
		Na questão 8	“Por exemplo com a história da ilha.” “Bom, com a diversidade, o local onde vive,”	[h]á adaptação		“podem surgir novas espécies”			Adaptação à diversidade do ambiente	
	17	Na hipótese				“de acordo com o ambiente, alimentação, necessidade”			Necessidade de acordo com o ambiente e alimentação	
		Na questão 8	“conforme o local, pela sua mudança em sua alimentação”	“uma adaptação por sua sobrevivência”		“Que eles vão adquirindo característica diferente				
	18	Na hipóte				“A necessidade de sobrevivência e adaptação dependendo dos costumes anteriores, que			A necessidade de	

		se				podem impedir uma adaptação e evolução”			sobrevivência e adaptação	
		Na questão 8	“Se por exemplo, um predador de lagartos começa a caçá-los, o que for mais rápido sobrevive”	“ao se reproduzir passa seus genes e após anos pode haver diferença nas patas e outras características”	A natureza	“podem *“evoluir”* até criar uma outra espécie, mas pode demorar bastante”.			Mecanismo natural	
	20	Na hipótese	“Devido os novos habitas e outros fatores,”			“houve a necessidade de sofrerem mutações em seu corpo interna e externamente”			A necessidade de sofrerem mutações	
		Na questão 8	“Pois só sobrevivem os que se adéquam ao meio ambiente,”	“e eles se reproduzem”		“Sim, gerando novas espécies ao decorrer do tempo”			Sobrevivência diferencial e reprodução (seleção natural)	
	21	Na hipótese				“.”			De acordo com ambiente, alimentação, necessidades.	
		Na questão 8				“A necessidade de se proteger, por exemplo”.			Necessidade de adaptar-se.	
	22	Na hipótese								1
		Na questão 8								1
	24	Na hipótese				“Mudanças climáticas, migração, necessidades (alimentação, locomoção)”			Necessidades (ligadas às mudanças climáticas, migração, alimentação e locomoção)	0
		Na questão 8				A adaptação			Adaptação	
	25	Na hipótese	“como no caso dos lagartos, como na outra ilha não tinha muitos insetos, tiveram que procurar outra forma de se alimentar para	“por diferenças no habitat em que se vive, condições climáticas, e alimentação”		“as espécies são obrigadas a se adaptar ao ambiente que se vive”			Obrigadas a se adaptar ao ambiente	

			sobreviver”							
		Na questão 8	“”porque como por exemplo os lagartos em uma ilha viviam de um jeito, se alimentavam de um jeito, já na outra ilha não havia muito o tipo de alimento que eles comiam”	“então os lagartos tiveram que se acostumar com o novo ambiente, por isso tiveram diferenças marcantes”		“sim, que poderíamos dizer que era uma evolução para uma nova espécies”			Acostumar-se com o novo ambiente	
	26	Na hipótese		“A necessidade de mudar”		“faz com que a espécie se adapte as mudanças”			A necessidade de mudar	
		Na questão 8	“[H]á mudança de ambiente, os mais fortes sobrevivem”	“pela necessidade”		“eles vão se modificando”			Pela necessidade	
	27	Na hipótese	“As diferenças de fato no longo de décadas existem”	“evoluem, se transformam”		“porém a espécies nunca muda ela se transforma o seu começo é sempre o mesmo”	0	0	transformação	0
		Na questão 8	“pelo fato das transformações do ambiente conseqüentemente mudando seus habitantes no caso dos lagartos		Pela seleção natural	“E sim há como surgir novas espécies pelo mesmo mecanismo”			Seleção Natural	
	30	Na hipótese	“Quando tiramos uma espécie de seu habitat natural e levamos para outro”	“essa espécie evolui de acordo com suas necessidades de sobrevivência”		“ essa espécie evolui e se torna como uma nova espécie em decorrer dos anos”			Evolui de acordo com as necessidades da sobrevivência	
		Na questão 8	“Os lagartos ficaram com cabeças mais fortes. Quando nascem, cada um tem uma característica e o que tiver cabeça mais forte irá sobreviver	“Quando nascem, cada um tem uma característica e o que tiver cabeça mais forte irá sobreviver e deixará descendentes com sua características		“Sim, assim dominará a [nova] característica daquela espécie.”			Seleção natural, pela característica passada aos descendentes, biopopulação.	
	31	Na hipóte				“A necessidade de sobrevivência e adaptação nos costumes e hábitos, porém cada fator			“A necessidade de	

		se				interdepende de outro citado acima”			sobrevivência e adaptação nos costumes e hábitos,	
		Na questão 8	“que sobreviveram aqueles que possuíam intestinos maiores, mandíbulas mais fortes e cabeças maiores entre outras	“(a seleção natural) que escolheu os lagartos que mais possuíam características compatíveis para sobreviver na Ilha de Pod Mrcaru” “diferenças que permitiam que aqueles sobreviveriam em um ambiente completamente diferente”	“seleção natural”	[Mecanismo da Seleção Natural]			Seleção Natural, biopopulação.	
	34	Na hipótese				“De acordo com o ambientes, necessidades, alimentação”			Necessidade de acordo com o ambiente e alimentação	
		Na questão 8	“mudança de alimento entre outras mudanças de comportamento exp: não mais toritorial”	“sua adaptação ao local”	“por meio da seleção natural”	Sim.			Seleção Natural: adaptação.	
	35	Na hipótese		“para a sobrevivência em habitats diferentes”		A necessidade			A necessidade para a sobrevivência em habitats diferentes	
		Na questão 8	“com maneiras e alimentos diferentes”	“por necessidade de sobrevivência		“se adaptando”			Necessidade de sobrevivência com alimentos diferentes.	
	36	Na hipótese	“Como no caso dos lagartos. Na outra ilha não tinha muitos insetos,” “por várias diferenças no habitat em que se vive, condições climáticas, alimentação, etc”	tiveram que procurar outra de se alimentar para sobreviver.”		“As espécies são obrigadas a se adaptar ao ambiente que vive”			Obrigadas a se adaptar ao ambiente, tiveram que procurar outra forma de alimentar para sobreviver”	

		Na questão 8								0
	37	Na hipótese	“as diferenças de fato ao longo de décadas existem,”	evoluem, se transformam		“porém a espécie nunca muda ela se transforma e seu começo e sempre o mesmo”			Transformação	
		Na questão 8								0
	38	Na hipótese				“dependendo das necessidades da sobrevivência e adaptação ao ambiente”			Necessidades da sobrevivência e adaptação do ambiente	
		Na questão 8								1
	39	Na hipótese								1
		Na questão 8			“o mecanismo responsável é a seleção natural”	“poderia fazer surgir novas espécies sim, da forma que ao decorrer do tempo indivíduos de mesma espécie sejam tão diferentes que não possam se cruzar gerando descendentes férteis””			Seleção Natural	
	40	Na hipótese		“a necessidade de mudar”		“faz com que a espécie se adapte as mudanças”			A necessidade de mudar faz a adaptação	
		Na questão 8	“tipo no caso do lagarto ele teve que modificar seu modo de sobrevivência, sua alimentação para sobreviver. E a imigração”	“Por causa da sobrevivência em um ambiente diferente”		“poderia sim fazer novas espécies”			Sobrevivência em ambientes diferentes (teve que modificar)	
	41	Na hipótese				“De acordo com o ambiente, alimentação, necessidades, mudanças climáticas e também depende da reação dos animais, só se eles arriscarão à tentar reproduzir com seu semelhante”			Necessidades de acordo com o ambiente, alimentação, mudanças climáticas Reprodução com o semelhante	
		Na questão 8				“A adaptação é o mecanismo principal”			Adaptação	

	42	Na hipótese	"Quando removemos uma espécie de seu habitat natural e inserimos para outro,"	"essa mesma espécie evolui de acordo com suas necessidades de sobrevivência"		"assim ela evolui e se torna uma nova espécie em decorrer de anos"			De acordo com suas necessidades de sobrevivência	
		Na questão 8				"Através da Seleção Artificial"			Seleção Artificial	
	43	Na hipótese		"A necessidade de mudar."		"Faz com que a espécie se adapte as mudanças"			"A necessidade de mudar faz com que se adapte"	
		Na questão 8		"A necessidade de cada lagarto"		"acaba provocando diferenças"			A necessidade	
	44	Na hipótese	"Devido aos novos habitas e outros fatores"			"houve a necessidade de sofrerem modificações em seu corpo interna e externamente"			Necessidade de sofrerem modificações em seu corpo interna e externamente	
		Na questão 8	"pois a mudança de ambiente, de clima ou de território"	"e essa mudança provoca mutações, adaptações, essas mutações são transmitidas para as demais gerações"		"sim"			Mutações provocadas pela mudança no ambiente; adaptações	
	45	Na hipótese								1
		Na questão 8		"a natureza *seleciona* o animal que consiga viver por mais tempo, e assim sua característica predomina para seus sucessores"	"seleção natural"	"e surgir uma nova espécie"			"Seleção Natural, característica para descendentes	
	46		"Devido aos novos habitas e outros fatores"			"houve a necessidade de sofrerem mutações em corpo externas e internamentes"			Necessidades de sofrerem muatções	
	51					"Ambiente, clima, alimentação".				

						“Sim, com qualquer tipo de espécie”				
	52		“Quando removemos uma espécie de seu habitat natural e inserimos para outro,”	“essa mesma espécie evolui de acordo com suas necessidades de sobrevivência”		“assim ela com o decorrer do tempo se tornará uma nova espécie”			De acordo com suas necessidades de sobrevivência	
	53	1	“Quando uma espécie precisa se adaptar a um habitat”			“tem que arrumar uma maneira de sobreviver surge junto com a necessidade, sentimento que move qualquer espécie”			“Necessidade para a sobrevivência”	
	55			“O clima, a adaptação, o habitat, vontade humana, etc.		“Sim, a evolução é ilimitada e o surgimento de novas espécies também.”			Clima, adaptação e vontade humana	
	56			“O hábitat em geral pode provocar modificações nas espécies, pois cada uma necessita de uma base alimentar, climática, territorial, entre outros, para a sobre vivência das espécies”		“Então, podem haver novas espécies a partir da adaptação em seu novo ambiente de vida”			Necessita de uma base alimentar, territorial e se adpatam	

ANEXO 12: Análise qualitativa da composição dos argumentos dos alunos do 3ª K na hipótese e na questão 8

Análise qualitativa da Composição dos Argumentos dos alunos do 3ºK antes (na hipótese) e depois (na aposila, questão 8) - A sele

		ESTRUTURA ARGUMENTATIVA 0 = AUSENTE 1 = PRESENTE			AFIRMAÇÃO 0 = AUS. 1 = PRES.		0 = NÃO 1 = SIM		DADOS APRESENTADOS 0 = NÃO 1 = SIM												JUSTIFICATIVA GARANTIA 0 = NÃO 1 = SIM								APOIO 0 = NÃO 1 =				
ALUNOS	Nº	Pré-teste Questão 3	Na hipótese	Na questão 8 (Final)	Na Hipótese	Na questão 8	Na hipótese, resolveu a questão?	Na questão 8 (final), resolveu a questão?	Na hipótese, os dados representados foram inseridos apropriadamente?	Na questão 8 (final), os dados representados foram inseridos apropriadamente?	Na hipótese, os dados representados foram identificados?	Na questão 8 (final), os dados representados foram identificados?	Na hipótese, os dados representados foram descritos?	Na qeustão 8 (final), os dados representados foram descritos?	Na hipótese, os dados usados foram relevantes?	Na questão 8 (final), os dados usados foram relevantes?	Na hipótese, os dados foram explicações?	Na questão 8 (final), os dados foram explicações?	Na hipótese, os dados usados foram suficientes?	Na questão 8 (final), os dados usados foram suficientes?	Na hipótese, a garantia é explicita?	Na questão 8 (final), a garantia é explicita?	Na hipótese, a linha de raciocinio é consistente?	Na questão 8 (final), a linha de raciocinio é consistente?	Na hipótese, há várias linhas de raciocinio que convergem numa conclusão?	Na questão 8 (final), há várias linhas de raciocinio que convergem numa conclusão?	Na hipótese, há várias linhas de raciocinio que levam a conclusões diferentes?	Na questão 8 (final), há várias linhas de raciocinio que levam a conclusões diferentes?	Na hipótese, é explicito?	Na questão 8, é explicito?	Na hipótese, o apoio é a seleção natural?	Na questão 8 (final), o apoio é a seleção natural?	Na hipótese, o apoio utiliza obstáculo conceitual?
		PESOS ANALITICOS =>							3		1		2		3		1		3		1		2						1		7		
ALUNO 1	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALUNO 2	3	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 3	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
ALUNO 4	5	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 5	7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 6	8	0	1	1	1	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
ALUNO 7	9	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0		0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALUNO 8	10	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 9	11	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 10	12	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ALUNO 11	13	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 12	14	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 13	16	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 14	17	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 15	18	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ALUNO 16	20	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 17	21	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 18	24	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 19	25	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 20	26	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 21	27	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 22	30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 23	31	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ALUNO 24	34	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ALUNO 25	35	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 26	36	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 27	37	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALUNO 28	39	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 29	40	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 30	41	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 31	42	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 32	43	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 33	44	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ALUNO 34	45	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 35	46	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 36	52	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
ALUNO 37	53	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ALUNO 38	54	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
ALUNO 39	57	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAIS (1)		6	24	29	30	35	3	23	15	19	11	18	6	7	11	17	10	16	4	9	18	23	19	27	2	0	0	0	0	12	0	20	27

LEGENDA

ANEXO 13 – MODELO DE AUTORIZAÇÃO PARA ESCLARECIMENTO E PERMISSÃO PARA PESQUISA

Prezado estudante,

Estamos iniciando uma pesquisa científica sobre o ensino e a aprendizagem do tema "evolução biológica". Em concordância com sua professora e com o consentimento da diretoria pedagógica da escola, queremos investigar a aprendizagem desse tema. Para isso, elaboramos uma sequencia de aulas que tratam desse assunto de modo diferente do que é feito habitualmente nas escolas. Nossa hipótese é que você conseguirá entender esse conceito de forma mais interessante e aprofundada. Se confirmarmos nossa hipótese, poderemos divulgar essa forma de ensino para outras escolas, de forma que os benefícios sejam compartilhados por muitas pessoas!

Assim, os objetivos dessa pesquisa são:

- Compreender como ocorre a aprendizagem de conceitos ligados à evolução biológica (darwinismo);
- Analisar as características da abordagem pedagógica que favorecem a aprendizagem de temas biológicos;
- Investigar como a atuação do professor de biologia pode contribuir com a aprendizagem de conceitos a partir de uso de dados e evidências.

Para nós é muito importante que você participe das atividades com entusiasmo e confiança. Entretanto, se você quiser interromper sua participação a qualquer momento poderá fazê-lo, sem prejuízo ou penalização de qualquer tipo.

Seu nome não será divulgado, sendo conhecido apenas pelo pesquisador (apenas para identificar a evolução de aprendizagem ou não). Além disso, não divulgaremos sua imagem em nenhuma mídia.

Se você entendeu as características da pesquisa e concorda em participar, peço a gentileza de assinar abaixo.

São Paulo, ____ de Setembro de 2011

_____

Assinatura do aluno (ou responsável, se o aluno for menor de 18 anos)

ANEXO 14 – Planilha de valores atribuídos aos componentes dos argumentos

	Antes				Depois					Aproveitamento	Conceito de Biopopulação			Capacidade Argumentativa Geral		Melhoria			
nº	*Presente?*	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*	*Presente?*	*Afirm.*	*Just. (apo.+gar.)*	*Dados*	Acerto (lebistes)	(questão 15)	*Q5*	*Q6*	*Aproveit.*	Antes	Depois	Argumentação	Afirmação	Justificativa	Dados
2	1	0,50	0,19	0,31	1	0,00	0,00	0,00	1	1,00	0	0	0,00	0,03	0,00	-0,03	-0,50	-0,19	-0,31
3	0				1	1,00	0,69	0,08	1	0,33	1	1	1,00		0,05				
4	0				1	0,50	0,63	0,08	1	0,67	1	1	1,00		0,02				
5	1	0,50	0,38	0,69	1	0,50	0,19	0,08	1	1,00	1	1	1,00	0,13	0,01	-0,12	0,00	-0,19	-0,62
7	1	0,00	0,38	0,69	1	0,00	0,00	0,00	1	0,33	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,38	-0,69
8	1	0,50	0,06	0,08	1	1,00	0,25	0,08	1	0,33	1	0	0,33	0,00	0,02	0,02	0,50	0,19	0,00
9	0				1	1,00	0,38	0,31	1	0,67	1	0	0,33		0,12				
10	1	0,50	0,19	0,23	1	0,50	0,44	0,00	1	0,33	1	0	0,33	0,02	0,00	-0,02	0,00	0,25	-0,23
11	1	0,00	0,38	0,31	1	1,00	0,63	0,77	1	0,00	0	0	0,00	0,00	0,48	0,48	1,00	0,25	0,46
12	1	0,50	0,38	0,08	1	1,00	0,69	0,92	1	0,33	1	1	1,00	0,01	0,63	0,62	0,50	0,31	0,85
13	1	0,50	0,38	0,00	1	1,00	0,13	0,46	1	0,00	1	0	0,33	0,00	0,06	0,06	0,50	-0,25	0,46
14	1	0,50	0,00	0,00	1	1,00	0,63	0,08	1	0,33	1	1	1,00	0,00	0,05	0,05	0,50	0,63	0,08
16	1	0,50	0,38	0,92	1	1,00	0,19	0,54	1	0,33	1	1	1,00	0,17	0,10	-0,07	0,50	-0,19	-0,38
17	1	0,50	0,19	0,00	1	0,50	0,38	0,54	1	1,00	1	0	0,33	0,00	0,10	0,10	0,00	0,19	0,54
18	1	0,50	0,19	0,00	1	1,00	0,69	1,00	1	0,00	1	0	0,33	0,00	0,69	0,69	0,50	0,50	1,00
20	1	0,50	0,31	0,54	1	1,00	0,63	0,85	1	0,00	0	0	0,00	0,08	0,53	0,44	0,50	0,31	0,31
21	1	0,50	0,19	0,00	1	0,50	0,19	0,00	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	1	0,50	0,19	0,00	1	0,50	0,44	0,00	1	0,33	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
25	1	0,50	0,38	0,92	1	1,00	0,38	0,92	1	0,33	1	1	1,00	0,17	0,35	0,17	0,50	0,00	0,00
26	1	0,50	0,38	0,00	1	0,50	0,69	0,31	1	0,67	1	0	0,33	0,00	0,11	0,11	0,00	0,31	0,31
27	1	0,50	0,19	0,31	1	1,00	0,63	0,69	1	1,00	1	1	1,00	0,03	0,43	0,40	0,50	0,44	0,38
30	1	1,00	0,38	0,85	1	1,00	0,63	1,00	1	1,00	1	0	0,33	0,32	0,63	0,31	0,00	0,25	0,15
31	1	0,50	0,19	0,00	1	1,00	0,69	0,92	1	0,33	1	1	1,00	0,00	0,63	0,63	0,50	0,50	0,92
34	1	0,50	0,19	0,00	1	1,00	0,69	0,77	1	0,67	1	0	0,33	0,00	0,53	0,53	0,50	0,50	0,77
35	1	0,50	0,38	0,00	1	0,50	0,19	0,08	1	1,00	0	1	0,67	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,19	0,08
36	1	0,50	0,38	1,00	1	0,00	0,00	0,00	0	0,33	1	1	1,00	0,19	0,00	-0,19	-0,50	-0,38	-1,00
37	1	0,50	0,13	0,23	1	0,00	0,00	0,00	1	1,00	1	1	1,00	0,01	0,00	-0,01	-0,50	-0,13	-0,23
39	0				1	1,00	0,63	0,08	1	1,00	1	1	1,00		0,05				
40	1	0,50	0,38	0,08	1	1,00	0,38	0,54	1	0,67	1	0	0,33	0,01	0,20	0,19	0,50	0,00	0,46
41	1	0,50	0,19	0,00	1	0,50	0,00	0,00	1	0,00	1	0	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,19	0,00
42	1	1,00	0,38	0,54	1	0,50	0,00	0,00	1	1,00	0	0	0,00	0,20	0,00	-0,20	-0,50	-0,38	-0,54
43	1	0,50	0,38	0,00	1	0,50	0,38	0,08	1	0,67	0	0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,08
44	1	0,50	0,31	0,54	1	1,00	0,38	0,54	1	0,00	1	0	0,33	0,08	0,20	0,12	0,50	0,06	0,00
45	0				1	1,00	0,50	0,08	1	1,00	1	1	1,00		0,04				
46	1	0,50	0,31	0,54	1	1,00	0,63	0,54	1	0,00	0	0	0,00	0,08	0,34	0,25	0,50	0,31	0,00
52	1	1,00	0,38	0,31	1	1,00	0,63	0,62	0	0,67	0	0	0,00	0,12	0,38	0,27	0,00	0,25	0,31
53	1	0,50	0,31	0,31	1	1,00	0,63	0,15	1	0,00	0	0	0,00	0,05	0,10	0,05	0,50	0,31	-0,15
54	0				1	1,00	0,69	1,00	1	0,33	1	1	1,00		0,69				
57	0				1	0,50	0,00	0,00	1	0,33	0	0	0,00		0,00				
		0,52	*0,28*	*0,30*		*0,74*	*0,41*	*0,36*	*0,92*	*0,49*	*0,67*	*0,38*	*0,48*	*0,05*	*0,19*	*15,18%*	*20,31%*	*10,55%*	*9,38%*
		0,20	*0,11*	*0,32*		*0,34*	*0,25*	*0,36*	*0,27*	*0,37*	*0,47*	*0,49*	*0,42*	*0,08*	*0,24*	*23,92%*	*37,21%*	*28,10%*	*46,10%*

ANEXO 15- Transcrições das aulas (integral) e análise de intenções e obstáculos

Modelo da Tabela de resumo analítico das transcrições das aulas, para a professora.

I	*CONCEITUAL*	•
O		•
I	*METODOLÓGICO*	•
O		•
I	*EPISTEMOLÓGICO*	•
O		•

Modelo da Tabela de resumo analítico das transcrições das aulas para alunos.

Ao invés de intenção conceitual, colocar estruturação ou abordagem ou enfrentamento ou construção conceitual e metodológica.

Transcrição da aula 1 do dia 27 de Setembro de 2011 - 3o K

Parte A: Introdução da aula, professora faz a apresentação da atividade e da proposta. Alunos estão sentados em frente à professora.

Professora 1: Professora faz a apresentação da pesquisadora e do que é a pesquisa.

Sala grande comenta-se de como estão as carteiras. Professora faz a chamada. São 56 alunos presentes.

1. **Pesquisadora:** Estou fazendo uma pesquisa de doutorado sobre educação. Então, a proposta que a gente fez pra ensinar um tema super importante. Não só pra vestibular ou pra prova, ele é importante para vocês entenderem... é uma visão de mundo que vocês precisam desenvolver. Então esse tema a gente fez de uma forma que tem algumas bases na forma como cientistas[IM1] biólogos[IE1] trabalham. Ou seja, vocês vão seguir os passos da construção do pensamento da biologia do Darwin, por exemplo. A gente vai fazer algumas coisas que ele fez. E vocês vão estranhar o jeito da aula, a forma como *ta montado*, mas depois no final, vocês vão entender um pouquinho mais de evolução[IC1], que eu já sei que vocês já sabem algumas coisas, já passaram na primeira série, segunda, do médio e agora na *tercerona* a gente vai

fechar. A professora falou que a gente vai... que ela avaliar cada apostila dessa que a gente vai entregar. Ela vai dar um ponto e meio, ela vai avaliar e vai dar a nota.

I	*CONCEITUAL*	• **IC1: EVOLUÇÃO**
I	*METODOLÓGICO*	• **IM1:** APROXIMAÇÃO COM A NATUREZA DA CIÊNCIA
I	*EPISTEMOLÓGICO*	• **IE1:** APROXIMAÇÃO DE METODOLOGIA DE TRABALHO ESPECÍFICA DA BIOLOGIA

2. **Professora 1:** Toda a sequência, dez pontos.

3. **Pesquisadora:** Então assim, a primeira coisa que eu quero dizer pra vocês, eu não sei se vocês já tiveram algum pesquisador na sala de aula, é que, sigilo de nome, a gente não publica nome de ninguém, não tem nenhum objetivo de colocar imagem, não tem imagem de vocês, mas se tivesse a gente não publicaria. Quando a gente trabalha em grupo, às vezes eu coloco em um dos grupos, ou em dois grupos, um gravadorzinho, e se sair algum *palavrão* eu pulo, nem ouço... Não é isso, eu quero saber qual é a dificuldade que vocês têm, como vocês estão lidando com o material, se foi legal ou se não foi, o que não funcionou e o que funcionou. Então essa pesquisa ajuda outras pessoas, espero que ajude outras pessoas, e a vocês mesmos. Então assim, se vocês não quiserem, se incomodar o gravador, teve um outro grupo na aula passada que falou "agora a gente acabou", elas iam fofocar, então tirei o gravador que elas iam falar de outras coisas. Tranqüilo. É só me avisar que eu tiro. Essas apostilas, apesar de valer pra nota da professora, eu vou copiar e algumas respostas eu vou usar na minha tese. Eu espero dar tempo, que dê tempo de falar o resultado pra vocês no final do ano. Tá?

4. **Professora 1**: O assunto de hoje é biodiversidade[IC2]. Que acho que vocês já sabem de longa data. O que é biodiversidade?[IC3] O Brasil é rico em biodiversidade[OC1], o quê que significa?

I	*CONCEITUAL*	• **IC2 = IC3: BIOPOPULAÇÃO**
O		• **OC1:** ESSENCIALISMO

5. **Aluno:** Tem muitas espécies diferentes.[OC2]

O	*CONCEITUAL*	• **OC2: ESSENCIALISMO**

6. **Professora:** Têm muitas diferentes espécies de vida, certo? *Facinho* isso, não precisava nem ter passado pela escola para saber, na televisão fala isso todo hora, certo ou não? Será que é fácil distinguir uma espécie de outra[IC4]? Será que é tranqüilo? Será que existem outros níveis de biodiversidade[IC5]? Então hoje, a aula de hoje é pra vocês verem que existem dois níveis de biodiversidade, na verdade existem três, mas a gente aqui só vai estudar dois. O nível do número de espécies que tem nos ecossistemas e a biodiversidade nas populações.[IC6] Existe uma

biodiversidade que quase ninguém trata. Só que pra vocês estudarem isso, vocês vão seguir os passos de um cientista[IM2] da biologia.[IE2] O quê que um cientista mais faz quando ele tá fazendo pesquisa?

I	***CONCEITUAL***	• **IC4:ESPÉCIE** • **IC5 = IC6: BIODIVERSIDADE**
I	***METODOLÓGICO***	• **IM2:** APROXIMAÇÃO COM A NATUREZA DA CIÊNCIA (INVESTIGAÇÃO)
I	***EPISTEMOLÓGICO***	• **IE2:** APROXIMAÇÃO COM METODOLOGIA ESPECÍFICA DA BIOLOGIA

7. **Alunos:** Observa.[IE3]

I	***EPISTEMOLÓGICO***	• **IE3: APROXIMAÇÃO COM METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DE DADOS (BIOLOGIA)**

8. **Professora 1:** Observa.[IE4] Faz experiência? Certo? Errado! Infelizmente o que o cientista faz o tempo inteiro é resolver problema![IM3] Ele começa com uma pergunta, ele tem que criar uma metodologia, uma pequena parte é de dados.[IM4] Vocês hoje, e em todas as aulas, ou quase todas, vocês vão ter uma questão problema, vocês vão ter que resolver um problema e trabalhar em grupo pra fazer isso. Por que em grupo? Por que na ciência a gente não trabalha sozinho, a gente trabalha sempre em grupo. Dividindo opiniões, polemizando, isso enriquece as respostas de vocês.[IM5] Então, hoje vocês vão ter uma questão problema, vocês vão trabalhar em grupo e aí vocês vão fazer isso que vocês falaram agora e vão fazer uma experiência. [IM6], Ok? Só que a experiência do biólogo muitas vezes não é que nem na física ou na química, que você junta substâncias químicas sai fumacinha. *Pro* biólogo, às vezes uma experiência, alguém tinha falado de observação, né? *Pro* biólogo a experiência é observar[IE5]. Como vocês, infelizmente, não podem ir lá pra floresta, pra mata, pra ver coisas[OE1] eu trouxe uma parte delas e está ali ó. Vocês vão fazer uma aula observando algumas flores, tá?[IE6] Vocês vão ver por que vocês vão observar isso[IE7]. Então, eu vou distribuir a apostila pra vocês. Eu acho que vocês não vão terminar essa apostila hoje. Aí, nós vamos recolher e vocês vão terminar na aula seguinte. Que é na quarta... é na quarta feira. Tá? Enquanto elas distribuem, vocês, por favor, identifiquem o nome de vocês para a professora 1 poder corrigir. E aí o quê que eu ia perguntar... Vocês já ouviram falar em escargot?

I	***METODOLÓGICO***	• **IM3 = IM4:APROXIMAÇÃO COM A NATUREZA DA CIÊNCIA;** • **IM5 = IM6: RESOLUÇÃO DE PROBLEMA (INVESTIGAÇÃO).**
I	***EPISTEMOLÓGICO***	• **IE4 = IE5 = IE6:** APROXIMAÇÃO COM METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DE DADOS (BIOLOGIA) • **IE7:** OBSERVAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS DA BIOLOGIA

O	• **OE1:** TEMPO E METDOLOGIA PARA OBTENÇÃO DE DADOS BIOLÓGICOS

9. **Alunos:** Já.

10. **Professora 1**: O que é escargot? É uma comida?

11. **Alunos:** É.

12. **Professora 1**: Cara ou barata?

13. **Alunos**: Cara.

14. **Professora 1:** Cara, vem da França. Vocês já comeram escargot?

15. **Alunos:** Não.

16. **Professora 1**: Nem eu. Sabem do quê que é o escargot?

17. **Alunos:** não, sim... É uma lesma

18. **Professora:** É um caramujo. Um caramujo. É uma lesma, só que é uma lesma com concha. Vocês estão vendo onde está escrito questão problema[IM7] lá em baixo? *Prá* gente não perder muito tempo... *pra* gente não perder muito tempo, eu vou explicar a questão problema, tá? Vocês estão comigo? Posso continuar?

I	*METODOLÓGICO*	• **IM7: RESOLUÇÃO DE PROBLEMA (INVESTIGAÇÃO)**

19. **Alunos:** Pode.

20. **Professora 1:** Então assim, a gente tem que estudar biodiversidade[IC7] e tipos de espécies[IC8], não é? A questão problema de hoje que os cientistas, que são vocês, vão ter que resolver fala do seguinte: no Brasil, vocês já ouviram falar que tem uma invasão de um caramujo, que parece o escargot?[IM8] O quê que aconteceu? Há muito tempo, quando começou a importar o escargot, que era caríssimo, alguém teve a brilhante idéia de tornar isso mais barato. O quê que eles fizeram? Trouxeram da África um caramujo super parecido e tentaram colocar no lugar do escargot verdadeiro. O que aconteceu lá na cozinha dos restaurantes quando eles colocaram na cozinha esse escargot falso aí, o africano? O pessoal achou horroroso, não tinha o mesmo sabor, sei lá o quê que é porque eu também nunca comi, nem um nem outro. E aí o quê que eles fizeram, não fez sucesso. E ai o brasileiro super consciente fez o quê com essa nova... com esse ser que veio lá da África? Jogou no lixo. Só que eles não morreram! Começaram a se reproduzir. Tem predador natural no Brasil?

I	***CONCEITUAL***	• **IC7:BIODIVERSIDADE** • **IC8: ESPÉCIE**
I	***METODOLÓGICO***	• **IM8:** RESOLUÇÃO DE PROBLEMA (INVESTIGAÇÃO).

21. **Alunos:** Não.

22. **Professora 1**: O quê que aconteceu? Eles se reproduziram tanto, que eles estão acabando com plantações, são uma praga que não tem remédio, não tem como acabar, não tem veneno pra eles. Se jogar veneno neles, pega nas plantações, pega nos animais da região. Então é um problema ecológico seríssimo. E aí eu trouxe a questão problema pra vocês. Bom, se vocês virarem a página. Olha lá a página. Tem seis fotos de seis caramujos super parecidos com esse africano,[IE8] tá? São super parecidos[IE9]! A pergunta que vocês vão ter que resolver é a[IM9] seguinte, que tipo de informações vocês usariam pra descobrir se esses caramujos são ou não são da mesma espécie?[IC9] Eu não estou falando nem que são, nem que não são. A minha pergunta é: eles são da mesma espécie?[IC10] Se for, por quê? Se não for, por quê? Isso que o grupo de vocês vai ter que resolver agora, escrevendo a hipótese. Vocês já fizeram alguma hipótese? O quê que é uma hipótese?[IM10] É uma resposta certa?

I	***CONCEITUAL***	• **IC9 = IC10: ESPÉCIE**
I	***METODOLÓGICO***	• IM**9** = IM**10**: RESOLUÇÃO DE PROBLEMA (INVESTIGAÇÃO)
I	***EPISTEMOLÓGICO***	• IE**8**: APROXIMAÇÃO COM METODOLOGIA DE OBTENÇÃO DE DADOS (BIOLOGIA); • IE**9**: OBSERVAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS DA BIOLOGIA

23. **Alunos:** Não.

24. **Professora 1**: É o que você está supondo. Não precisa ser uma resposta certa, eu quero saber o que o grupo acha. Porque depois a gente vai entrar na teoria para vocês resolverem o enigma. É um enigma ai. Ok? Quanto mais tiver polemizado, quanto mais alguém levantar algumas situações, será que são mesmo, por que que é e por que não é, melhor pro grupo. Deu pra entender? Eu quero agora uma hipótese.[IM11] Vocês acham que em cinco minutos vocês conseguem fazer essa hipótese. Vocês podem se sentar, então, em grupo, acho que vocês estão divididos em[IM12] cinco pessoas cada grupo. Discutam e veja se são ou não da mesma espécie. Seis pessoas, sete por grupo.

I	***METODOLÓGICO***	• **IM11: RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS (INVESTIGAÇÃO);** • **IM12: APROXIMAÇÃO COM ASPECTOS DA NATUREZA DA CIÊNCIA**

Logo depois da proposta da professora, os grupos se movimentaram e fizeram seus grupos na sala. A seguir, a transcrição das interações de alguns desses grupos, que denominamos com números, apenas para facilitar a identificação.

Parte B: Interação entre alunos e professor para elaboração da hipótese sobre a questão-problema da apostila sobre os caramujos (apostila 1).

Grupo III – 3ª K

(conversas paralelas) - Grupo III (D., V., L., W. e T.)

	Intenção Conceitual	Obstáculo Conceitual	Intenção Metodológica	Obstáculo Metodológico	Intenção Epistemológica	Obstáculo Epistemológico
1. **Aluna 1**: Usaremos a hipótese de cor, forma, tamanho, ambiente.		Oc1:				
2. **Aluno2**: Textura.			**dados**			
3. **Aluna 1**: E textura.			**dados**			
4. **Aluno 2:** E forma de reprodução. Que eu sei que alguns caramujos têm com se fosse um negócio aqui que eles introduzem... [...] e outros não.						
5. **Aluna 1**: E forma de reprodução.						
6. **Aluno 2**: Independente de serem da mesma espécie ou não.						
7. **Aluna 1:** Independente de serem da mesma espécie ou não, usaríamos...						
8. **Aluno 2**: usaríamos informações como forma, tamanho, coloração, textura, ambiente em que vivem.						
9. **Aluna 1:** Usaríamos a hipótese.						
10. **Aluno 2:** ambiente em que vivem.						
11. **Aluna 3**: reprodução						
12. **Aluna 1:** e reprodução também.						
13. **Aluno 2**: forma de reprodução e desenvolvimento, coloca.						
(Conversas paralelas).						

(Aluna 1 chama a professora 1)

14. **Professora 1**: Fecharam? O quê que vocês acharam? São ou não são?

15. **Aluno 2:** Ó. Independente de serem da mesma espécie ou não usaríamos informações como forma, tamanho, coloração, textura, ambiente em que vivem e forma de reprodução.

16. **Professora 1**: Então, mas vocês fugiram, né? Vocês fugiram bravamente da pergunta! São ou não são da mesma espécie?

17. **Aluno 3:** (risos) foi o que eu disse pra você!

18. **Professora 1**: Olha se você tivesse... tirando essa parte o resto tá perfeito. Mas são ou não são?

(Alunos do grupo: dão risada, não conseguem responder.)

19. **Professora:** Não... é... Posso falar? É super difícil! Os biólogos, os naturalistas ficaram centenas de anos discutindo isso. E você estão discutindo isso numa noite, a noite e cansados, perfeito! Você tá dentro do padrão de normalidade, você tá fugindo da questão. Pra você é ou não é?

20. **Aluno 2:** Acho que não, devido ao que a gente falou aqui não.

21. **Professora 1:** Então vai. Então começa assim, acho que não porque eles têm cores, formas, o que mais que você falou?

22. **Aluno 2**: tamanho.

23. **Professora:** Textura, ambiente. Ok. Isso é uma posição de vocês e é uma posição que eu vou falar pra vocês que muitos naturalistas...

24. **Aluna 1:** Mas não é uma posição a gente dizer que independente de eles serem sim ou não, tem essa hipótese de tal.

25. **Professora 1**: Então, mas o quê que é independente de sim ou não? Por que vocês estão respondendo aqui, a eu usaria forma, *tralala tralala*, certo? Você tá querendo me dizer que pela forma, pelo tamanho, pelo ambiente você consegue me dizer se eles são ou não são da mesma espécie, certo? Olhando a forma, o ambiente, são ou não são da mesma espécie? Tá perfeito. Eu entendi seu raciocínio.

26. **Professora 1**: A pergunta do grupo é a seguinte, todos tem que fechar uma mesma opinião ou não?

27. **Aluna 1**: Coloca não.

28. **Aluno 2**: Pelo que a gente falou não.

29. **Aluno 3**: Eu consegui entender a pergunta dela agora.

30. Professora 1: Entendeu agora?

31. **Aluno 3**: Eu entendi.

32. **Professora 1**: Mas é uma polêmica, ali naquele grupo eles vão fechar sem consenso. Vocês responderam perfeito. Depende da forma, perfeito. Mas... tá tom, e com isso eu consigo dizer se ela é da mesma espécie ou não?

33. **Aluno 2**: ó, professora, eu coloquei assim, ó.

34. **Aluno 1**: é...

35. **Aluno 2 (Tales):** usaríamos informações como tamanho, coloração, textura e ambiente em que vivem, devido a essas informações não são da mesma espécie.

36. **Professora 1:** Ok, você fechou uma posição. Usando esse critério vocês estão achando que eles não são. Adorei. Eu posso falar a verdade? Eu adorei porque a partir disso vocês vão... eu vou polemizar mais ainda e aí eu acho que vocês vão

mudar de opinião. Mas isso que vale a pena [....].

37. **Aluna 1**: Mas e ai? Você acha que é da mesma espécie ou não?

38. **Professora 1**: (risos) é que nem novela, se conta tudo que vai acontecer ninguém vai querer assistir cenas dos próximos capítulos, né? Então depois eu conto.

(conversas paralelas)

Parte C: Professora retoma a atenção dos alunos para dar continuidade à terceira parte da aula, parte prática: Observação dos vasos de flores.

39. **Professora 1**: Dentro daquela idéia que vocês estão formando o pensamento científico, estão se aproximando de como o cientista trabalha. Então agora a gente vai trazer mais dados, que são as flores. Só pra vocês terem noção sobre o que vocês tem que fazer nesse tempinho de aula, vocês têm quinze minutos. Vocês vão receber as flores e a minha pergunta vai continuar sendo: são ou não são da mesma espécie? Vocês estão perdidos hoje. Vocês vão quebrar a cabeça. Tem uma... o desenho que é pra fazer vocês não vão perder tempo. Não comecem pelo desenho. O desenho não é tão importante. É pra fazer até a parte questão dois, três, quatro e cinco. Tenta olhar.

(Conversas paralelas)

Grupo III – 3ª K.

(Início da atividade das flores) – Gravador no grupo: Aluno 2: Tales, Aluna 1: Ana Paula, Aluno 3: Lucas, Aluna 4: Letícia, Vanderlei, Edson, Leonardo

40. **Professora 1**: Dentro daquela idéia que vocês estão formando o pensamento científico, estão se aproximando de como o cientista trabalha. Então agora a gente vai trazer mais dados, que são as flores. Só pra vocês terem noção sobre o que vocês tem que fazer nesse tempinho de aula, vocês têm quinze minutos. Vocês vão receber as flores e a minha pergunta vai continuar sendo são ou não são da mesma espécie? Vocês estão perdidos hoje. Vocês vão quebrar a cabeça. Tem uma... o desenho que é pra fazer vocês não vão perder tempo. Não comecem pelo desenho. O desenho não é tão importante. É pra fazer até a parte questão dois, três, quatro e cinco. Tenta olhar (Não entendi

– 1:12:37).

(Conversas paralelas)

(Aluno 2 lê a questão)

(Várias falas)

41. **Aluno 3**: olha a estrutura desta é um pouco mais rígida.

(Os alunos falam juntos – 1:14:39)

42. **Aluno 4**: acho que essa é da mesma espécie que essa.

43. **Aluno 3**: também acho.

44. **Aluno 2:** Calma ai, primeiro, primeiro tá pedindo pra achar algumas semelhança entre elas, semelhança entre elas.

45. **Aluna 1**: [...]

46. **Aluno 3:** Velho, caule, caule é uma semelhança inconfundível. Todas tem caule.

47. **Aluna 1:** [...]

48. **Aluno 2**: é, qualquer flor tem.

49. **Aluno 3**: a flor não é parecida, agora o caule é.

50. **Aluna 1**: a flor é parecida sim, pô. Aqui, ó.

51. **Aluna 4**: calma, a primeira é semelhança.

52. **Aluno 2:** a primeira pergunta é qual que é a semelhança?

53. **Aluno 3:** o caule é parecido, a não esse aqui não é ó. Esse caule não é parecido. Olha nem a folha dela é parecida.

[...]

54. **Aluno 2:** todas são polinizadas pelo centro, né?

55. **Aluna 1:** pera aí vai, deixa eu formular a resposta.

56. **Aluno 3:** [...]

57. **Aluna 1**: a semelhança é o caule...

58. **Aluno 2**: A pétala dela, todas tem mais de...

59. **Aluna 4**: de cinco.

60. **Aluno 2:** quatro.

61. **Aluna 1**: conta quantas pétalas tem cada uma, [...].

(risos)

62. **Aluno 2**: Não, é só você ver!... Não, tô falando! É só você vê... padrão! A rosa ela tem padrão devido às pétalas!

63. **Aluna 1:** O padrão delas é parecido. Tá vendo, tipo, pelo menos essa daqui, assim ó, com essa. Parece que só muda a cor entendeu. Essa sim eu acho diferente porque é mais firme tá vendo?

64. **Aluno 2**: E você concorda com ela que o número de pétalas nelas...

65. **Aluna 1**: são maiores, é. Então, a gente pode colocar isso, a semelhança entre as flores...

66. **Aluno 2**: o número de...

67. **Aluna 4**: de caule.

68. **Aluno 2**: o numero de...

69. **Aluna 1**: o caule é semelhante!

70. **Aluna 4**: o número de...

71. **Aluna 1**: pétalas.

72. **Aluno 3**: não é, por que esse é diferente... e além de ser diferente olha a estrutura dele! Ela é oca!

73. **Aluna 1**: então a semelhança é o número de pétalas.

74. **Aluno 2**: Sim.

75. **Aluno 3:** o número de pétalas é uma semelhança?

76. **Aluna 1**: é... e a textura, tamanho.

[...]

77. **Aluno 2:** (Risos)

78. **Aluna 4:** parecidas.

79. **Aluna 1:** esta daqui tá diferentes.

80. **Aluna 4**: essa tá igual essa que é diferente dessa.

81. **Aluno 2**: Elas vivem num plástico.

82. **Aluno 3:** (Risos)

83. **Aluno 2**: não, não é? Elas vivem num plástico, então isso também pode ser uma...

84. **Aluno 3**: uma semelhança.

85. **Aluna 1**: A textura das pétalas é semelhante.

86. **Aluno 3:** Não eu acho que não é tá, olha pétala dessa veio.

87. **Aluna 4:** Sente essa daí, e pega nessa. É diferente!

88. **Aluno 3:** é, é diferente.

89. **Aluno 2**: Não pega só em uma assim, e pega só em uma. É como se eu tivesse pegando em um plástico, nas duas.

90. **Aluno 3**: Não.

91. **Aluna 1:** Não

92. **Aluno 3:** Você está colocando ela semelhante a um plástico, não semelhantes entre elas.

93. **Aluna 1:** mas assim, independente de ser um plástico ou não, nos estamos relatando que a textura das pétalas é parecidas.

94. **Aluno 2**: É ó. [...]

95. **Aluno 2:** Sim, mais não são...

96. **Aluna 4:** É, mas não tem que ser semelhantes entre elas?

97. **Aluna 1:** Sim.

98. **Aluno 3**: olha só, olha isso e aquilo.

99. **Aluno 2:** não, nem é tudo pétala, é só uma pétala. Passa numa pétala só e passa numa pétala só.

100. **Aluno 3:** eu acho que é diferente, é muito diferente.

101. **Aluna 1:** meu, não é diferente!

102. **Aluno 3:** Essa aqui é úmida. (risos)

103. **Aluna 4:** Essa daqui é mais úmida.

104. **Aluno 3:** eu também acho cara. Olha essa daqui é oleosa, tá vendo, ela solta um óleo. Coloca ela no dedo e depois encosta os dedos assim. Ela parece oleosa.

105. **Aluna 4:** pega assim pra você vê.

106. **Aluno 2**: não acho que todas...

107. **Aluna 1:** também achei elas parecidas.

108. **Aluna 4:** vocês que não tocaram, toca aqui.

109. **Aluno 5:** Vê se o cheiro é igual.

110. **Aluno 3:** oh, verdade cara, você falou um negócio legal. Então cheira.

(Risos)

(Conversas paralelas)

111. **Aluno 3:** É diferente, esse cheiro aqui é mais gostoso.

112. **Aluno 2**: Tá, então é diferente. Coloca aí. É diferente o cheiro também.

113. **Aluno 3**: essa é diferente.

114. **Aluna 1**: A diferença é o cheiro.

115. **Aluno 2**: [...] delas brotarem.

116. **Aluno 3:** a forma como que ela brotam é...

117. **Aluna 1**: Caule.

118. **Aluno 3**: é uma semelhança como que elas brotam.

119. **Aluno 2**: é semelhante a forma de brotar.

120. **Aluna 4:** calma, primeiro é semelhança.

121. **Aluna 1:** vocês estão me confundindo.

122. **Alunos 2 e 3**: [...]

123. **Aluna 1:** Dá uma opinião. *Vamo* formular a semelhança primeiro. A gente formulou o número de pétala, o tamanho e o quê mais?

124. **Aluno 2**: assim como todas são polinizadas.

125. **Aluna 4:** ó a abertura dessa daqui.

126. **Aluno 2**: é *vamo* por a forma como que elas brotam.

127. **Aluno 3**: a forma como elas brotam.

128. **Aluna 1**: a forma como elas brotam é semelhante.

129. **Aluno 2**: é a forma de desenvolvimento.

130. **Aluno 3**: é...

131. **Aluno 2**: é o número de pétalas... eu... é isso aí eu achei a única mais...

132. **Aluna 4**: É diferente.

133. **Aluno 2**: não, não mais elas são... é que cê... você num vai contando, vai assim ó, menos de quatro é um tipo de planta; quatro, você pega um rosa é certinho. São quatro.

(Falam juntos)

134. **Aluna 4**: Cinco.

135. **Aluno 2**: Quatro.

136. **Aluna 4**: é cinco pétalas.

137. **Aluno 3**: Cinco pétalas.

138. **Aluno 2:** São cinco pétalas todas? Todas são cinco pétalas. Essa se você for ver for ver, eu não vou ficar contando, mas todas têm mais do que [...]

139. **Aluna 1**: então ó, a semelhança entre as flores é que o tamanho das pétalas é... o número de pétalas, o tamanho e a forma de desenvolvimento.

140. **Aluno 2**: Não, o tamanho das pétalas não.

141. **Aluna 1**: O tamanho, o tamanho das flores.

142. **Aluna 2**: Isso.

143. **Aluno 3**: A altura. Ah, a altura que elas alcançaram!

144. **Aluna 1**: A altura é... a altura que elas alcançam.

145. **Aluno 2**: A altura que elas alcançam. Não a altura do...

146. **Aluno 3 e Aluna 4**: Caule.

147. **Aluno 2**: A altura do caule. Altura máxima do caule. Altura máxima.

(Conversas paralelas)

148. **Aluno 3**: Acho que algumas coisa tá escapando cara, tá muito simples.

149. **Aluna 1**: Ó, o número de pétalas, a forma de desenvolvimento.

150. **Aluno 3**: Ambiente. Elas tão no mesmo ambiente e estão sobrevivendo, verdade, cara!

151. **Aluno 2:** Ambiente. Outra coisa semelhante entre elas.

152. **Aluno 3**: Se, por exemplo, a gente colocasse elas na água elas não iam mais sobreviver.

153. **Aluno 2**: né.

154. **Aluno 3:** Nossa (risos) eu sabia que estava escapando alguma coisa. Cara muito simples.

(Conversas paralelas)

155. **Aluno 1:** E o ambiente.

156. **Aluno 2**: O ambiente que elas vivem. Todas são terrestres.

157. **Aluno 3**: se agente colocar elas na água, elas não vão virar um alga.

158. **Aluno 2**: É.

159. **Aluno 3:** Começar a respirar em baixo da água.

160. **Aluna 1:** Então, olha. A semelhança entre as flores é o número de pétalas, a forma de desenvolvimento, a altura do caule e o ambiente onde vivem.

161. **Aluno 2:** Aí tá bom. Agora diferenças, coloca lá, diferenças.

162. **Aluna 1**: A diferenças é o cheiro, caule diferente.

163. **Aluno 2**: Textura.

(Conversas paralelas)

164. Aluno 2: Tales.

165. Aluna 1: Ana Paula.

166. Aluno 3: Lucas

167. Aluna 4: Letícia, Vanderlei, Edson, Leonardo e [...](Fala os nomes dos colegas)

168. **Aluna 1**: e textura do caule.

169. **Aluno 2**: Textura do caule e das pétalas. É diferentes também.

170. **Aluna 1:** Como que é não sei falar isso não...

Parte D: Outros grupos de alunos, 3ª J, para interação sobre a mesma atividade.

Grupo IJ – Hipótese da questão-problema sobre as espécies de caramujos, apostila 1.

171. **Aluna 1**: Aqui tem uma cor bem diferente que o outro.

172. **Professora 1**: Mas você chutaria, olhando para eles, vocês colocariam que é da mesma espécies ou não? Que esses... pelo menos esses seis.

173. **Aluno 2:** Não

174. **Professora 1**: Por que não?

175. **Aluna 1:** Porque são de cores diferentes.

176. **Aluno 2**: Porque um não pode viver no ambiente que o outro.

177. **Professora 1:** Eu acho que ela, qual que é o seu nome?

178. **Aluna 1**: C.

179. **Professora 1**: A "C". falou uma coisa super interessante, tendo cor diferente, se não manteve a cor, deve ser de espécie diferente, ok? Eu acho que isso é um critério, se vocês tiverem um consenso, se vocês concordarem com a C. vocês podem colocar. Eu estava falando para aquele grupo que hipótese é

uma coisa que vocês estão achando agora, vocês são pesquisadores, agora vocês viram, entre aspas, pesquisadores. Daqui a pouquinho vocês vão passar pelos dados, e vocês vão ver se a hipótese de vocês se sustenta. Eu vou falar já a verdade, vocês vão mudar alguma coisa, mas é muito interessante vocês já terem uma idéia inicial, nem que depois vocês terem que mudar e entenderem porque mudou.

180. **Aluna ?**: [...]

181. **Professora 1**: Perfeito. Você vai usar o dado da experiência para isso. Então voltando. Sendo de cores diferentes ela acha que não é da mesma espécie, ok? E você concordam?

182. **Aluno ?**: Sim

183. **Professora 1**: Então são seis espécies diferentes aqui?

184. **Aluna 1**: Sim, porque todas tem uma cor diferente.

185. **Aluno 2**: É então, pela imagem, estão vivendo em ambientes diferentes.

186. **Professora 1:** Perfeito. Olha, a observação que ele fez no ambiente acho que tem que entrar também, acho que vocês estão com uma hipótese bem feitinha.

Grupo IIJ: Hipótese da questão-problema sobre as espécies de caramujos

(Conversas paralelas) Análise de outro grupo, da 3ª J, para a questão-problema sobre os caramujos, apostila 1.

187. **Professora 1**: São ou não são da mesma espécie?
188. **Aluna 3**: Não.
189. **Aluno 4:** Não.
190. **Professora 1**: Por quê?
191. **Aluna 3**: São diferentes, tem formatos diferentes.
192. **Aluno 5**: O quê que é isso aqui, dele?
193. **Professora 1**: Isso aí é o pé. Esse pezinho dele *ta* mais cinza do que esse, esse daqui ta mais marrom.
194. **Aluna 3:** [...]
195. **Aluno 5:** Todos têm isso? Todos têm isso?
196. **Professora 1**: Então olha, eu não posso te falar, eles tem um pé, todos têm esse pé lisinho ai em baixo. Mas eles parecem que tem cor diferente no pé. Esse daqui ser mais branquinho.

197. **Aluna 3**: Esse daqui mais amareladinho.
198. **Professora 1:** Então, eu acho que vocês tão bem. Então ela... não sei se foram vocês duas que falaram já uma hipótese. Como eles têm cores e formatos diferentes.
199. **Aluno 4**: As antenas são diferentes.
200. **Professora 1**: Olha ai, então vocês podem... eu *tava* falando pro outro grupo e vou falar para vocês também. Lembra sempre disso, hipótese é o que vocês acham. Quando vocês começam a pesquisa, vocês têm uma hipótese e vocês vão vendo a experiências e ai vão falar nossa mas eu descobri outra coisa não era aquilo que eu tinha pensava, isso é muito bom. Aí que vocês crescem, então pra mim *tá* perfeita a hipótese, *tá* bem montada. Nem que depois vocês tenham que mudar na conclusão. *Tá* perfeito, pra mim tem nota máxima. Escreve isso. É legal.

Grupo IIIJ – Hipótese sobre as espécies de caramujos, apostila 1.

201. **Professora 1:** E aí meninos, tranquilo ou não tranquilo? São da mesma espécie ou não?
202. **Aluna 6:** A gente acha que não. Porque, o primeiro é concha, são diferentes. Segundo é a pele, o revestimento do corpo. E o terceiro é o habitat. Cada um tá num habitat.
203. **Professora 1**: *Tá*. Perfeito, então vocês estão achando que o formato sendo diferente e o habitat, já é suficiente para uma espécie ser diferente, ok? *Tá* bem feitinha a hipótese. Vamos ver se depois ela se sustenta. Perfeito.

Grupo IVJ – Hipótese sobre as espécies de caramujos, apostila 1.

204. **Professora 1**: Tá tudo bem gente? E aí meninos, tranquilo ou não tranquilo?
205. **Aluno 7**: então eu...
206. **Professora 1**: Tá quebrando a cabeça ou não quebrou ainda?
207. **Aluno 7:** Eu *tô* fazendo por uma ordem. Porque, lembra que estávamos estudando alguns filos? Aí, eles faziam... pra estudar alguns animais, eles faziam por partes. Por exemplo, onde ele vive. Aí depois que entrava na definição do habitat [...]
208. **Professora 1**: O habitat, tá.
209. **Aluno 7:** Aí, primeiro eu estou começando onde eles vivem.
210. **Professora 1: (**discute o local onde ele está fazendo).
211. **Aluno 7:** eu coloquei assim, informações para descrever se os caramujos são da mesma espécie: habitat [...]
212. **Professora 1:** ... em que eles vivem.

213. **Aluno 7:** se eles se alimentam da mesma coisa.
214. **Professora 1**: mas dá para ver pela imagem.
215. **Aluno 7:** não, então, é só um...
216. **Professora 1**: teria que ter essa informação a mais. Perfeito, então você deve colocar "teríamos que ter essa informação a mais".
217. **Aluno 7**: então eu posso [...]
218. **Professora 1**: Não. Você vai colocar isso, se se alimentam, porque não dá para ver pela imagem. Se eles se alimentam da mesma coisa. Que é uma outra informação, *tá*?
219. **Aluno 7**: Acho que não entra mais nada assim, por exemplo, do lugar que eles estão, eu posso entrar [...]
220. **Professora 1**: ok. Se eles têm alguma outra coisa pra você considerar da mesma espécie ou não, tá? Agora vê se a aparência entraria ou não no critério de vocês? Vocês acham que são da mesma espécie ou que não?
221. **Aluno 8**: não
222. **Professora 1**: Por quê?
223. **Aluno 8**: [...] é diferente do outro, a tonalidade do casco,
224. **Aluno 7:** é mas também tem outra coisa, vamos supor, ele é branco, ele é mais escurinho. É um exemplo, né não?
225. **Professora 1**: é um exemplo, ele fez um contra-argumento muito forte. Foi o único que por enquanto que pensou nisso. Tem razão.
226. **Aluno 7:** pode ser que aconteça isso. Mesma coisa que tem em cachorro, não tem cachorro que é branco? Que é preto? Não é por isso que eles...(não entendi – 23:26)
227. **Professora 1:** matou a charada. Muito bem. Escreve isso. Então será que são ou será que não são?

(Risos)

(Comentários sobre o aluno)

228. **Professora 1**: Esta certo o que você falou, mas acho que vocês podem unir as duas coisas. Lembra que eu falei que tem uma polêmica. Eu não ia dar uma questão muito fácil para vocês senão não teria graça nenhuma.
229. **Aluno 7:** Eu propus assim, por exemplo, eu ia fazer aqui no meu, depois eu ia passar pra eles e agente ia entrar em acordo. Cada um faz o seu.
230. **Professora 1**: e depois vocês entram, então vai, tem mais dois minutos. A gente já estourou o tempo, vai.

(Conversas paralelas) até 25:51

231. **Professora 1**: como é que você chama?
232. **Aluno** : E.

A professora retoma e pede a atenção dos alunos da 3ª J para entregar as flores, materiais da atividade prática, A seguir, as discussões de alguns dos grupos ao

longo dessa atividade de observação da biodiversidade e conceito de espécie (apostila 1).

233. **Professora 1**: Turma! O *E*. perguntou se eu ia falar já a resposta. Terceiro!... Só um minuto, é rápido! Achei a discussão de quatro grupos que eu ouvi, cinco grupos, maravilhosa. Achei que tem um pessoal que já chegou ao ponto da discórdia. Vai ter uma surpresa para a maioria dos grupos que eu vi. Mas eu não vou dar a resposta ainda, vocês vão chegar na resposta. Pra vocês chegarem na resposta, vocês precisam seguir os passos de um cientista, lembra? Então eu vou mostra pra vocês uma espécie de um coisa que vocês já viram, só que agora vocês vão ver com olhar de cientista. Então eu vou entregar para vocês, pra cada mesa, algumas plantas. E vocês tem algumas perguntas até a pagina 3, onde esta escrito parte cinco. Vocês vão me fazer um desenho, não é *desenhinho* de primário, não precisa desenhar bonitinho, apesar de ser legal desenhar umas flores de vez em quando. É esquema, quantos indivíduos, se a flor é grande ou pequena. Uma coisa pra vocês lembrarem, só. Qual que é a polêmica? Vocês têm que descobrir, lembra que vocês estavam falando se esses caramujos são ou não são da mesma espécie e se dá pra eu, olhando pra eles, descobrir se eles são ou não da mesma espécie. Alguns falaram que sim, e outro falaram que não. A maioria, por enquanto, que eu tenho ouvido, falou que não são da mesma espécie. Todo mundo já viu essa planta?

234. **Alunos**: Já.

235. **Professora 1:** Como é que chama?

236. **Alunos:** Margarida.

237. **Professora 1:** margarida ou gérbera?

238. **Alunos:** Margarida. (Não entendi – 27:23)

239. **Professora 1:** Problema de vocês. Tem margaridas, tem margaridinhas, tem crisântemo, tem várias coisas, eu quero que vocês olhem. Flores do campo, vocês vão ver e vão se... vão responder até a questão cinco, tudo bem? Cinco minutos.

(Conversas paralelas) A professora aguarda que eles comecem a atividade de observação, e passa nos grupos interagindo.

240. **Professora 1**: meninas olhem bem pras florzinhas, parecem vocês. Vocês

vão ter que olhar pra elas e, é mais ou menos o mesmo raciocínio, são ou não são da mesma espécie? Tem diversidade aqui ou não tem? Esse é o tema da aula, olhando pra elas o quê que vocês acham, tem as questões aqui. Ok? Ai vocês... mas é um desenho assim uma margarida, duas, três, quatro, uma grande e uma pequena e pula. Vocês vão perder tempo com o que não precisa, tá?

(Conversas paralelas)

241. **Professora 1**: Eu quero que vocês me digam, mais ou menos que nem no caramujo, se elas são da mesma espécie ou não, se não por que, se são por que.
242. **Aluno 9**: Olha o que a gente está anotando aqui professora. [...]... mais é igual?
243. **Aluno 9:** Não. Não são iguais.
244. **Professora 1**: São da mesma espécie?
245. **Aluna 10**: Essa é, ou essa não é.
246. **Professora 1:** Pois é, agora vocês quebram um pouquinho a cabeça e vê se chegam na conclusão.

Grupo II 3J – para a atividade de observação dos vasos de flores e registro de dados na apostila 1.

247. **Professora 1:** Meninos, no fundo, no fundo o que eu quero saber, o desenho vocês não precisam perder muito tempo pra fazer, eu tenho aqui ó. Você vai fazer um desenho de quantas florzinhas tem, se ela for uma maior, uma menor e acabou. Tem que demorar no máximo um minuto, isso não é o mais importante. Vira lá a apostila. Essas perguntas são importantes, eu vou voltar no drama. São ou não são da mesma espécie? Igual no caramujo. São cinco.
248. **Aluno 7**: [...](30:07) diferentes.
249. **Professora 1**: *Alá*, ele polemiza, ele é o cara! Eu estou falando para vocês!
250. **Alunos**: Ele trabalha em floricultura. (Risos).
251. **Professora 1**: Você sabe o nome científico delas ou só dá...?
252. **Aluno 7:** Só sei o nome popular.
253. **Professora 1**: Já ajuda. Então esse grupo já saiu em vantagem. Mais eu ainda quero, se ele falar que são de espécies diferentes, eu quero saber por que, e se são da mesma espécie por quê.
254. **Aluno 7:** São iguais.
255. **Professora 1**: São iguais todas? Da mesma espécie?
256. **Aluno 7**: Eu acho que é.
257. **Professora 1:** Por que?
258. **Aluno 7:** Eu só estou em dúvida nesse aqui ó (e aponta para uma delas)..

259. **Professora 1:** Qual? Ah! A pequena, essas menores. E tem essas também. Tem uma pequenininha, *tadinha*, ela tá mal. Mais assim o mais importante é a polêmica. Se são da mesma espécie, por que que você acham que são?
260. **Aluno:** Se for igual, se for da mesma espécie, não precisa ser a mesma flor...
261. **Professora 1**: Idêntica, ok. Isso é uma excelente justificativa. Quer dizer que nem toda espécie é super igual. *Ó* ela viu, e isso é olhar de bióloga, ela viu que a folha aqui..., ou ele, desculpa, é bem diferente. Então eu quero que vocês... Vai, aprofunda isso!
262. **Aluna 11**: [...] (31:27)
263. **Professora 1**: É uma polêmica, será que são da mesma espécie ou não?
264. **Aluno 7:** Eu achava que era, mas depois da folha....
265. **Aluna 11**: Acho que sim, mas com..., com cada flor com características diferentes. Uma cor diferente, detalhe diferente....
266. **Professora 1:** Ok. Isso um outro menino consegue chegar. Então vocês percebam que nem sempre o formato externo, com a parte externa, a gente consegue diferenciar o que é uma espécie de outra. Então vai, prossegue! No desenho vocês não percam muito tempo.
267. **Aluna 11:** Mas é pra desenhar isso?
268. **Professora 1**: É, só que você tem, uma duas, três, quatro florzinhas do mesmo tipo. Uma maior, uma menor e quatro, quatro florzinhas e passa. Não perde tempo com isso. Vai pra frente.
269. **Aluna 11**: É diferente...
270. **Professora 1**: Esse que é o objetivo maior, que vocês fiquem confusos.
271. **Aluna 11**: Não é mais essa folha é diferente.
272. **Aluna 12**: A folha da pequenininha.

(conversas paralelas)

273. **Professora:** É isso mesmo, a folha tá diferente, mas o tamanho tá igual.
274. **Aluna 13**: As flores são iguais, mas as folhinhas tão diferentes.

(conversas inaudíveis)

275. **Aluna 13:** É bem parecidas, são primas. E as pétalas, as pétalas são... é... é que essa é mais aberta.

(Conversas paralelas)

Grupo III 3J – para a atividade de observação dos vasos de flores e registro de dados na apostila 1.

276. **Professora 1:** (Fala sobre a próxima aula, a continuação).
277. **Professora 1:** ...por que eu escolhi essas? Elas são parecidas, não são?
278. **Alunos (Grupo):** São.
279. **Professora 1:** Elas são parecidas em quê? Nas pétalas, que ficam como? Com é que ficam essas pétalas?
280. **Aluna 14:** eu acho que é o miolinho.
281. **Professora 1**: o miolo. Então, todas elas têm o miolo com as pétalas. É o miolo mesmo, em torno tem as pétalas. Então, esse é o padrão. Isso vale pra pequenininha, pra amarela, pra vermelha.
282. **Aluna 14:** Pra qualquer flor.
283. **Professora 1**: Desse tipo aqui. Tá?
284. **Aluno 15:** São os miolos.
285. **Professora 1**: Os miolos com as pétalas em volta.
286. **Aluno 15:** Pendurada.
287. **Aluna 14:** Em volta (risos).
288. **Professora 1**: Pendurada não sei (risos), em volta tá!

(Conversas paralelas)

289. **Professora 1:** Quando eu falo indivíduo, é quantas flores ou quantos pezinhos? Não sei. Eu quero saber o que vocês acham.
290. **Alunos:** [...]
291. **Professora 1**: Quantos indivíduos tem ai?
292. **Aluna ?**: Quatro.
293. **Professora 1**: Ok, é uma idéia boa. Você deve ter feito algum padrão pra achar que é quatro. E ele deve ajudar, quantos indivíduos... ele não vai, ele vai falar do ponto de vista de flores.

(Conversas paralelas, conversa com o aluno que trabalha em floricultura)

294. **Professora 1:** O quê que vocês acharam, que são da mesma espécie ou não?
295. **Aluno 7**: São da mesma espécie.
296. **Professora 1**: Ok. Ok, depois eu dou a resposta.

(Conversas paralelas)

297. **Professora 1:** Vocês acham que são indivíduos diferentes? Cada flor é um indivíduo? Ou cada cabinho é um indivíduo? O quê que vocês acham?
298. **Aluna 16:** Acho que cada coisinha desse aqui ó, é um indivíduo.
299. **Professora 1**: Então, o quê que vocês acham? Ela tem razão ou é cada flor?
300. **Aluno 17**: Cada... ela tem razão, o indivíduo é isso aqui.
301. **Professora 1:** Tudo isso?
302. **Aluno 17**: Um, dois, três.
303. **Aluna 16:** Não eu acho ela inteira, esses todos são da mesma raiz.
304. **Professora 1:** São da mesma raiz, ok. Então vai, quantas dá? Uma...

305. **Aluna 18:** só arrancando dá pra ver.
306. **Professora 1**: Não. Num vai arrancar que eu vou dar pra vocês depois, vai ficar aqui na escola.
307. **Aluna 17**: Uma, duas , três, quatro e cinco.
308. **Aluna 18**: Agora essa tá na outra ou é só uma?

(Conversas paralelas)

(Alunos elogiam a aula)

(Conversas paralelas)

Transcrição da aula 2 da sequencia – 3º K – 29-09-2011-3k

3^0 K – discussão da biodiversidade e término da apostila

309. Professora 1: Boa noite gente. Eu tinha prometido que vocês iam dar a resposta, vocês iam construir a resposta hoje. Né? Assim, esta aula é super apertadinha talvez vocês sintam que eu acelere um pouco, e, é por conta do tempo mesmo. Eu tenho uma proposta para vocês, eu acho que ninguém conseguiu chegar neste ponto aqui. Vocês já fizeram a hipótese daquela aula, lembra aquela dos caramujos? Aí ficou aquela dúvida: são ou não são da mesma espécie? Daí, vocês olharam as plantas, eu trouxe de novo aqui, se alguém precisar tirar dúvida pode até vir até aqui. Mas se vocês lembrarem, já deu, a gente já fez esta prática, na primeira segunda-feira. Aí, vocês não precisam fazer o desenho, que é este quadrinho, não percam tempo com esse. Eu acho que seria legal vocês tentarem identificar, a questão 2, semelhança entre as flores tem um padrão que se repete, se não fizeram, se já fizeram a gente vai para a questão 3.

310. Professora 2: Vocês já fizeram a 2?

311. Alunos: Sim/Não

312. Professora 1: Então, quem não fez, tenta terminar, tem que fechar agora né? Fechar a 2, a 4 e a 5 são fundamentais, vocês acham que em cinco minutos vocês conseguem fazer as duas questões? Tudo bem? Aí eu vou falar a teoria para a gente fechar o assunto. Cinco minutos vai! Faz até a cinco! Quem conseguir ir para a frente, vai pode prosseguir. Mas pelo menos até a 5 vocês fazem? Faz em grupo discute**.**

313. **Alunos:** (Discussão em grupos e fazem as questões).

(passam dez minutos)

314. Professora 1: Quem teve tempo de ler a apostila, tem um pouquinho de história. Dessa história de espécie, tudo o que eu falar agora, vai voltar para vocês, porque é uma parte teórica, isso que vocês vão levar de conhecimento sobre biodiversidade ou não. Eu vou fazer um resumo, o que vocês não entenderem pode me interromper na hora. Eu estou planejando uns dez minutos para a gente fazer isso, e com o que a gente discutir agora vocês terminam a apostila, tá bom? A gente fecha a história.

315. Professora 1: Então assim, todo esse processo, que não sei, foi fácil ou foi difícil saber quantas espécies tinha?

316. Alunos: (vários respondem.... mais ou menos)

317. Professora 1: Mais ou menos, é complicado, vocês estavam super seguros?

318. Alunos: Não

319. Professora 1: Todo esse processo que vocês passaram é mais ou menos o que os naturalistas, antes de biólogos, os naturalistas, eles passaram pelo mesmo processo que vocês estão fazendo. Desde a história da humanidade, a humanidade precisava nomear as coisas, dar nomes, pra poder caçar, pra poder trocar, pra poder vender, enfim. Então, a hora que ele dá nome para alguma

coisa está começando a nomear a espécie, mesmo que ele não soubesse que ele estava fazendo isso. Os semelhantes daquela espécie, daquele tipo de ser vivo, eles davam o mesmo nome. Então, o mais comum, pelo que eu olhei nas apostilas de vocês, é que vocês fizeram o mesmo caminho que os naturalistas fizeram. Vocês pegam os semelhantes e agrupam, e fala olha, esses caras, esses seres são da mesma espécie, por semelhança. Quando eu falo semelhança, é semelhança na cor, semelhança no tamanho, etc. Não é isso? Acontece que (começaram) aconteceram um monte de encrencas, para os biólogos e para os naturalistas. Depois de Lineu, Lineu foi no século XVII, ele fez todo sistema de classificação, ele reuniu todos os seres vivos, reuniu assim, reuniu conhecimento de todos os seres vivos que ele conhecia na época, e dividiu em tipos, que ele chamou de... espécies, segundo a semelhança. A ideia principal que se tinha na época, que vem de um filósofo chamado Platão, era de que existia um ser perfeito daquela espécie, vou dar um exemplo, se eu falar para vocês coelho, um coelho, todo mundo já imaginou um coelho? Com orelhas grandes. Branco ou colorido?

320. Alunos: Branco

321. Professora 1: Branco. Narizinho: rosinha, pretinho? Tem rabinho *pomponzinho*, aquelas patinhas estranhas? Tá bom. Existe um coelho perfeito? Todos os coelhos são iguais a esse que vocês imaginaram? Tem variações?

322. Alunos: Tem

323. Professora 1: Muitas?

324. Alunos: Sim.

325. Professora 1: Pode ter o tamanho de orelha diferente, cores diferentes, tamanho do pelo diferente, tamanho do pé diferente. Então, existe uma enorme variação dentro da população de que a gente chama coelhos, mas a variação às vezes fica tão grande. E você fala: será que é um coelho, ou será que já mudou de nome? Será que é uma lebre, será que é um coelho? Será que é diferente? E isso, não é só vocês, os naturalistas ficaram, com mais de trinta conceitos do que é uma espécie, por muito tempo. Hoje na FAPESP, que é a empre... a fundação que financia a pesquisa no estado de São Paulo, publicou, há duas ou três semanas, que descobriram que existem atualmente em voga, no mundo, 26 conceitos de espécies, 26 conceitos, para definir "o que é uma espécie". Dependendo do autor, uma espécie pode ser um conjunto de seres vivos semelhantes, mas que tem uma variação às vezes tão grande que... quando que ele deixa de ser daquela espécie? Começaram a inventar coisas, pode ser que o ambiente importe? Pode, é um conceito ecológico de espécie. Pode ser que outros fatores podem ser levados em consideração? Pode! Que outros fatores começaram a aparecer na história da biologia, o quê que vocês acham? O quê que começou a aparecer?

326. Aluno: A mudança climática.

327. Professora: Mas o quê que eles fizeram para dar nome na espécie? Para resolver este problema, vou colocar este desenhinho aqui. Vocês viram isto daqui? Os cachorros, eles são da mesma espécie? Esse daqui, esse grupinho? Ele

são filhotes da mesma mãe e pai, tem variação? Eles são iguais ou são semelhantes?

328. Alunos: Semelhantes**.**

329. Professora 1: Semelhantes. Eles variam no quê? Cor, tamanho, às vezes um é mais agressivo, outro menos, tem essa variação. Ok? Ali eu tenho mais cachorros variando cor, tamanho, etc. ou outros cachorrinhos, nos pingüins, ou seja, as populações têm uma enorme variação e os biólogos não conseguiam definir o que é espécie, e ainda hoje não conseguem. O que é uma espécie? Por que que é importante dar nome para as espécies? Por que que isso é importante para a gente?

330. Alunos: [...] inaudível.

331. Professora 1: Lembra da história, por exemplo, lembra da história dos caramujos? Se eu souber qual é a espécie exata do caramujo que esta infestando aqui o Brasil, aquela história toda, vai ser importante para a gente saber como combatê-lo?

332. Alunos: Sim.

333. Professora 1: Vai. Isso é uma das importâncias! Por que que é importante dar nome para as espécies? Sabe se é uma espécie a mesma que a outra ou não? Você começa a entender a variação que têm no mundo. E saber se pode usar, se pode afetar o ecossistema, enfim, enfim. Então voltando: o Darwin, já ouviram falar desse nome? Darwin, ele fez uma frase terrível, ele falou assim, tá na página... não sei, página 4, ele falou assim, Darwin no meinhinho do parágrafo, Darwin dizia que o termo espécie era um termo arbitrário, cunhado apenas por mera conveniência para designar um grupo de indivíduos muito semelhantes entre si. Ele não acreditava nesta entidade espécie, porque é muito difícil de definir o que é. Um biólogo do século passado, chamado Mayr, fez um conceito muito legal para saber se uma espécie é a mesma que a outra, ele falou o seguinte, a gente pode considerar um indivíduo sendo da mesma espécie que o outro se eles forem semelhantes, mas se eles conseguirem cruzar, reproduzir, e deixar descendentes férteis. Descendentes que tenham capacidade de viver na terra. Se eles conseguem cruzar e deixam descendentes férteis a gente pode falar que eles são da mesma espécie. Vocês acham que é uma definição tranquila?

334. **Alunos:** Sim

335. **Professora 1**: Como é que eu usaria essa definição para as plantinhas, pra eu saber se essa margarida é da mesma espécie da margaridinha? Por essa definição do Mayr, como é que eu faria?... Faria o cruzamento delas, e se elas cruzassem e fizessem sementinhas, e as sementinhas brotassem, elas são ou não são da mesma espécie?

336. **Alunos:** Sim

337. **Professora 1**: Seriam, apesar de serem bem diferentes. Tudo bem? Quantas...Quantos conceitos de tipos de espécie existem hoje? 26, em voga no mundo atual, a definição biológica, que eu acabei de falar para vocês, é usada por muitos biólogos, muitos, eu que quase é, era quase a maioria. Tem uma melhor, que é um conceito de espécie do ponto de vista evolutivo, que usa o

ancestral comum, mas ai é difícil da gente usar. Então, as escolas, o vestibular, e muita gente usa esse conceito de espécie que o Mayr falou. Por quê? Porque é mais fácil de usar. Se eles cruzarem e deixarem descendentes férteis, eles vão ser da mesma espécie, por quê? Por que só olhando as características é difícil, saber, vamos agora tentar fechar a questão das florzinhas? Vocês acham que essas plantinhas, são ou não são da mesma espécie? Grupos: são ou não são? Eu vou contar pra vocês se são ou não são pela definição biológica, mas se alguém usar uma outra definição, não vai valer o que eu vou falar, tudo bem?

338. Aluno: Deixa eu perguntar? Os cachorros, cachorro então é uma espécie?

339. Professora 1: Perfeito, cachorro, os cachorros eles têm uma enorme variação, sim ou não?

340. Alunos: Sim.

341. Professora 1: A gente tem muitas raças de cachorro. Eles são ou não são da mesma espécie?

342. Alunos: Sim.

343. Professora 1: Olha. Vocês estão chegando no ponto mais importante, guarda isso, principalmente você que fez a pergunta, aí você me lembra, porque nós vamos ter uma aula só sobre os cachorros! Mas olha, o cachorro, os cachorros, se a gente tentar cruzar um dobermann, com um chihuahua, eles conseguem reproduzir em ambiente natural? Não conseguem mais, por que a cópula é quase impossível entre um macho e uma fêmea de qualquer um dos dois. Agora, se eu pegar o óvulo, de um chihuahua e o espermatozoide e fazer *in vitro*, no laboratório, será que ainda vai surgir filhotinho de cachorro? Deve surgir. Então eles ainda, ainda, não são de espécies diferentes. Mas eles estão quase... sendo espécies diferentes. O quê que teria que acontecer para eles serem de espécies diferentes? É *a seguir cenas dos próximos capítulos*, como nas novelas. Então, os cachorros são da mesma espécie, e alguém, eu não sei se foi nesta classe. Ser humano, lembra da história de raça de ser humano, existe raça? Existe uma enorme variação gente, nós somos diferentes, mas para a biologia o mais importante é a variação como padrão. A história de coelho perfeito, ser humano perfeito, cachorro perfeito, margarida perfeita, não existe. Para a biologia o que existe, sempre, é o quê? Variação. Guarda isso. Não existe ser um igual ao outro, será que isso tem alguma importância? É *a seguir cenas dos próximos capítulos*.... ok. Vamos para as margaridonas, margaridonas e margaridinhas ....será que conseguem ainda se reproduzir? Em ambiente natural elas foram tão... é... as pessoas que cuidam de plantas, elas fazem tantas modificações que no ambiente natural que talvez elas já não conseguissem. Mas se eu polinizar uma com a outra, eu consigo fazer sementinhas, então, essas duas... **são** (com ênfase) da mesma espécie. As de cores diferentes, vocês viram que tinha margarida branca, rosa e outra, elas **são** da mesma espécie. É a variação que fica. Tinha uma que era muito grande que é e essa daqui que tem as folhinhas um pouquinho mais pontudas, é a gérbera. A gérbera é outra espécie, essa é bem diferente. E tinha uma outra que tá murcha, a maioria de vocês..., essa daqui ó. Essa daqui, outra espécie, é a Zínia. É uma nova espécie, diferente. Então,

quantas espécies tem nesse vaso?

344. Aluno 2: Três

345. Professora 1: Três, mais isso é importante? Isso é o mais importante?

346. Aluno: E essa amarelinha?

347. Professora 1: Essa amarelinha é da mesma espécie, é o crisântemo.

348. Aluno : Crisântemo.

349. Professora: é. Tudo da mesma espécie! Posso fechar? Pessoal do terceiro. Biodiversidade, vamos fechar o assunto. (**pede atenção: 27:33**) Exatamente, sobre os caramujos. O quê que é biodiversidade? Vamos melhorar nosso conceito. O que é biodiversidade? Diversidade biológica em que nível? Ó, isso é biodiversidade? Olha pra cá. Isso aqui é um monte de abelhinha, elas tão..., tá longe para vocês, mas elas estão todas iguais? Será que elas são da mesma espécie?

350. Aluno: São.

351. Professora: São. Tem biodiversidade?

352. Aluno: Sim.

353. Professora: Tem. É de espécies diferentes ou é da mesma população? Mesma população, assim como os seres humanos e os cachorros. Na mesma população pode ter biodiversidade. Tudo bem? Diversidade de indivíduos na mesma espécie. Quase ninguém fala isso, todo mundo pensa que é só em número de espécies diferentes, não é só isso que é biodiversidade. Aqui, eu tenho algas, algas que vivem lá no fundo do mar, mesma população de algas com cores diferentes, tamanho diferentes. Abelhas, a gente já falou, aqui são orquídeas, ervilhas existem muitos tipos. Ou seja, a biodiversidade pode ser no nível de população. O que é população? Conjunto de indivíduos da mesma espécie. Eles são... por padrão eles são diferentes ou são iguais?

354. Alunos: (Vários respondem, mas não se distingue o que dizem)

355. Professora: Iguais... iguais ou diferentes ou semelhantes?

356. Alunos: Semelhantes.

357. Professora: Nunca, na biologia, eles vão ser iguais. Os famosos caramujos, o que vocês agora falariam? Dá pra eu dizer, no que eu tinha dado pra vocês, dá pra eu dizer que eles são da mesma espécie? Não sei se eles cruzam, não sei se eles fazem reprodução, eu, na minha conclusão, eu falaria olha, professora ou pesquisadora, depende, se eles cruzarem, deixarem descendentes férteis eu posso considerá-los da mesma espécie. Mas eu já vou dar a resposta pra vocês. Eles são da mesma espécie, todos, **é** (com ênfase) a mesma espécie. Eles ocupam ambientes diferentes, e se vocês pegarem uma definição ecológica, vocês podem considerar de outra espécie, tá? O que mais? Biodiversidade, vamos tentar definir? Variedade das formas de vida em vários níveis, quais níveis? Dentro a mesma espécie, dentro de um ecossistema e até na genética. Vocês já tiveram genética no primeiro semestre. Então sabem que o DNA vai ser tão diferente que eu posso classificar também a biodiversidade no nível de genética. Quais são os níveis de biodiversidade? População, ecossistema, que é o número de espécies, e a genética. Fechou isso? O que é uma espécie? Conjunto de indivíduos que

podem se reproduzir e deixar descendentes férteis. Estimativa a gente tem. Cerca de cinquenta milhões de espécies, até agora dois milhões no Brasil. Tem uma biodiversidade microbiológica. E aí a gente vai pra uma outra questão problema. Mas por enquanto, vocês vão terminar, fecha a apostila, podem prosseguir, tenta responder agora. Vamos ver se vocês conseguem...

358. (Conversas paralelas enquanto os grupos finalizam a apostila).

Transcrição da aula 3 da sequencia – 3º K – 10 de Outubro de 2011

A aula tem duas partes: a retomada da biodiversidade intra-específica e do pensamento populacional e a questão-problema sobre a importância da biodiversidade.
A professora entrega a apostila feita na aula anterior estão sentados em grupos de cinco a sete pessoas. Na sequência professora faz a chamada. Há uma demora em refazer os mesmos grupos (aproximadamente 5:35).

Parte A: Apresentação da professora da proposta: finalização da apostila de biodiversidade e proposta da questão-problema:

"Vimos que o padrão que existe nas populações (entre os indivíduos) é a variedade e não a igualdade entre os seres. Que tipo de vantagens (ou desvantagens) você acha que essa variedade intraespecífica poderia trazer para a vida em nosso planeta?"

Professora inicia a aula:

359. **Professora 1**: Boa noite de novo.
360. **Alunos** (em uníssono): Boa noite.

361. **Professora 1**: A gente vai desvendar vários mistérios. Um deles é aquela história da biodiversidade, que vocês começaram a ter na outra aula, lembra? O que a gente viu na outra aula pra começar a entender biodiversidade em nível de população? Lembra das *florzinhas*?

362. **Aluna:** Sim.

363. **Professora1**: Elas eram todas iguais, ou diferentes?

364. **Alunos da sala**: Diferentes.

365. **Professora 1:** Mesmo assim, algumas delas...

366. **Alunos da sala**: Eram da mesma espécie.

367. **Professora 1**: Eram da mesma espécie. Porque a gente viu que o conceito de espécie tem a ver com a reprodução, lembra disso? Vocês ficaram de terminar essa apostila. Então, só pra lembrar, deixa eu ver se tá aqui a apostila, vocês fizeram uma hipótese no começo da apostila que era sobre os caramujos, certo? A maioria de vocês falou que os caramujos eram de espécies diferentes porque eles têm características diferentes. Se vocês pegarem a penúltima página desta apostila, dá uma olhada, tá escrito conclusão, parte 6, conclusão, questão 6, acharam?

368. **Aluno:** Sim

369. **Professora 1:** Então, vocês viram a questão de espécie, vocês viram muitas coisas pra chegarem a entender o que é uma espécie e o que não é. Vocês vão tentar fazer estas três questões em conjunto e a mais difícil, a que o pessoal teve mais dificuldade na outra aula, é a última. Dá uma olhada a última, como tá construída, vira na página 6, por favor. Última, última. A última, última é conclusão geral da questão da biodiversidade. Ele começa a frase assim: "já que observamos que", como assim, já que observamos é... já que...

370. **Professora 1:** ... nós vimos, o quê? O que vocês viram de dados na última aula?"

371. **Aluna:** Flores.

372. **Professora 1:** As flores, vocês podem falar também dos caramujos. O que vocês viram lá, que eles são diferentes, que eles têm algumas características semelhantes, mas eles são diferentes..., ...já vimos que eles são diferentes! Mas que eles não conseguiam... nós não conseguíamos saber da reprodução deles. Sabíamos? Só depois de entender o conceito de espécie, não é? Então olha, já que observamos que as flores eram assim ou assado, vocês vão completar, como entendemos que o conceito de espécie é conjunto de seres que se...

373. **Aluna:** Reproduzem.

374. **Professora 1:** ...que podem se reproduzir e deixar... descendentes férteis, vocês têm que colocar aí o conceito. Então a nossa hipótese foi rejeitada ou parcialmente aceita. Por que rejeitada, porque a maioria tinha colocado que os caramujos eram de espécies... diferentes. Vocês vão colocar que a hipótese foi aceita ou foi rejeitada, pois os caramujos...

375. **Alunos:** São da mesma espécie.

376. **Professora 1**: Por que eles são da mesma espécie apesar de diferentes?...

377. **Aluno:** Porque... [...]

378. **Professora 1**: Porque os que estudaram o caramujo viram que eles podem...

379. **Alunos:** Reproduzir....

380. **Professora 1**: Tudo bem? Tem que escrever isso. Deu pra entender agora como é que fecha? Depois que vocês responderem essa apostila, vocês entregam a próxima, que é uma questão única. Não sei se vai dar tempo, a gente vai fechar com isso daqui ó, eu vou entregar uma outra folhinha com uma questão só. É uma nova questão problema. Nós vimos que o padrão que existe nas populações, população são indivíduos da mesma espécie, é a variedade e não a igualdade. Concordam ou

não?

381. **Aluna:** Sim.

382. **Professora 1**: Tá. Que tipo de vantagens ou desvantagens você acha que essa variedade intraespecífica, dentro da mesma espécie, poderia trazer pra vida do nosso planeta? Quer dizer, no planeta inteiro o que a gente encontra é a variedade dentro da mesma espécie, isso traz, trouxe, ou traria algum benefício na vida da terra? Se vocês acham que sim, discutam, porque às vezes, em grupo, saem ideias legais. Eu posso passar e ajudar vocês, mas tentem discutir, essa resposta vai ser em grupo. Não é individual, tá? Bom trabalho, podem fazer primeiro essa apostila, depois o restante.

Os alunos, reunidos em grupo, finalizam as questões da apostila 1 (biodiversidade) e depois fazem a hipótese, numa folha à parte, da questão-problema sobre a importância da biodiversidade para as espécies.

Alunos: Felipe, Mayra, Denise e Danilo. 3º K.

Parte B: Alunos reunidos em grupos discutem as questões, finalizam a apostila 1 e elaboram a hipótese sobre a vantagem da biodiversidade intraespecífica.

Grupo I – 3ª K

383. **Aluna 2**: Óóhh, vamos lá. Óóhh, já que observamos que, vou pegar as flores, as flores são da mesma espécie, porque elas podem reproduzir e deixar descendentes férteis, porém tem semelhanças, mas não são iguais, porque a... variedade é gigantesca dentro de uma espécie, ou seja, população.

384. **Aluno 1**: {não entendi} mas essa população é...

385. **Aluna 1:** ... espécie....

386. **Aluna 2**: Da mesma espécie!

387. **Aluno 1**: ... mesma espécie. {Parece que um interrompeu a fala do outro}

388. **Aluna 2**: Hu-hum, e o que eu acabei de falar? Foi.

389. **Aluno 1**: {não entendi}. Então, mas...

390. **Aluna 2:** Eu falei que elas eram parecidas.

391. **Aluno 1**: {não entendi}.

392. **Aluna 2:** Acabei de falar que, ..., não, elas são semelhantes, não são iguais, mas é... são todas da mesma espécie.

393. **Aluno 1**: {não entendi} {Só dá para ouvir o timbre da voz do aluno; provavelmente ele está bastante afastado do gravador}.

394. **Aluna 2**: Eu e você somos da mesma espécie, mas você é diferente de mim.

395. {Risos}.

396. **Aluna 2**: Não é? Não somos da mesma espécie? {não entendi}. ... a variedade humama(?). {Risos}.

397. {**Alunos** conversam sobre outra questão, mas não consegui identificar qual e nem qual era o tema}

398. {Muito barulho na sala}

399. {27min00}

400. **Aluna 1**: ... {não entendi} pode deixar assim mesmo?

401. {Conversas paralelas}

402. **Professora 1:** Turma! ... {não entendi} ... trabalhinho sobre a biodiversidade. Está terminando?

403. **Aluna 2**: Não.

404. **Professora 1**: Não? Dois minutos para eu entregar a outra questão.

A professora caminha pela sala e vai passando por diferentes grupos durante a atividade.

Grupo IV – 3ª K – finalização da apostila sobre biodiversidade e elaboração de hipótese sobre a importância da biodiversidade.

405. **Professora 1**: ... qual que é a importância disto? [...] evolução. A variedade, como ela está ligada à evolução? O que uma coisa tem a ver com a outra?

406. **Aluna 1:** Calma aí. Acredito ser de muita importância a variedade para o planeta.

407. **Aluna 1**: (A aluna 1 lê sua resposta) Acredito que seja de muita vantagem a variedade para o planeta, pois a variedade cria um ciclo onde os indivíduos, mesmo sendo da mesma espécie não fazem as mesmas coisas, ou melhor, eles se adaptam ao meio que vivem, que podemos chamar de evolução.

408. **Aluna 1**: Lê aí! (para a aluna 2).

409. **Aluna 2:** Eu ainda não terminei. Pára com isso!.

410. **Aluna 1**: Lê.

411. **Aluna 2:** Eu não.

412. **Aluna 1:** Vai.

413. **Aluna 2:** Não! Lê você então!

414. **Aluna 1**: Da, D.!

415. **Aluna 2**: Ah!

416. **Aluna 1**: Acredito que a vantagem seria a cura de al...al... algo gerado...

417. **Aluno:** Algum gene.

418. **Aluna 1:** ... algum gene (risos) ou câncer, no qual poderia ser um defeito no DNA que poderia ser corrigido...

419. **Aluno:** A outros seres.

420. **Aluna 1:** ... a outros seres com a diversidade. Há também a vantagem em que cada indivíduo consegue ou sobreviver a cada ambiente que tra...ria o benefício e ciclo do planeta...

421. **Aluna 2**: Eu não terminei.

422. **Aluna 1**: Tem mais coisa aqui, não é só isso.

423. **Aluno**: Mas ela falou que [...]

424. **Aluna 1**: ... não é, mas é para terminar.

425. **Aluno:** ... para terminar depois.

426. **Aluna 1:** ... cada tem uma função diferente, não é?

427. **Professora 1**: Por quê?

428. **Aluna 1:** Porque... cada um se adapta num ambiente.

429. **Professora 1**: ... O que aconteceria se todos comessem terra(?).

430. **Aluna 1**: Como assim?

431. **Professora 1**: Qual seria o problema?

432. **Aluno**: Um dia a terra ia acabar.

433. **Professora 1**: Por quê?

434. **Aluno:** Porque todos estão comendo a terra...

435. **Aluna 1:** Precisa de uma...

436. **Aluno:** Precisa de alguma coisa para repor.

437. **Professora 1:** Para ocupar aquele espaço?

438. **Aluno:** Isso.

439. **Professora 1:** Tá. [...] vamos ver o que é esta coisa que você está falando. Vou fugir um pouco do raciocínio,

440. **Aluna 2:** ... mas tem uma parte da Biologia que a gente não estudou onde a professora explica que o ciclo do planeta é composto por...[...] que se você tirar um desse que come esse, aí se você tirar esse... vai... acabar com a cadeia alimentar.

441. **Professora 1:** ... Mas esses exemplos são espécies diferentes. Dentro da mesma espécie, não deveria ser tudo igual? Você tem animal que come terra e hãã..., animal que come a minhoca, tem as plantas que produzem alimentos para a minhoca, que aí vai cair na terra e ela vai comer...

Professora vai até outro gruo. Durante a aula a professora está circulando entre os grupos de alunos e interagindo com eles. (17:08 a 36:26). A professora faz uma intervenção, pois tem um aluno respondendo sozinho – tenta fazer com que se integrem no grupo. Nessa aula foram recolhidas as autorizações para a pesquisa.

Grupo VII 3ª K – finalização da apostila de biodiversidade e elaboração da hipótese da vantagem da biodiversidade.

Grupo 7 (Victor)

442. **Professora 1**: Posso ajudar?
443. **Aluna 2:** Vai. Temos um padrão...entre os indivíduos é a variedade e não a igualdade de uns seres, que tipo de vantagens ou desvantagens você acha que essa variedade intraespecífica poderia trazer pra vida do nosso planeta?
[...] (inaudível)

444. **Professora 1:** Não... vai, pensa que nem... é um enigma que vocês precisam desvendar. Por que todo mundo, ou todos os seres, ao invés de eles serem todos iguais, são diferentes, mesmo dentro da mesma espécie?
445. **Aluna 2:** Não sei essa resposta...
446. **Aluna 3:** Por que muda o DNA.
447. **Professora 1:** Tudo bem, só que calma! Mas qual a função disso, não podia ser... por exemplo, ao invés de você ter um monte de margarida igual, não seria mais fácil ser todas iguais, da mesma cor? Mesmo tamanho, mesma cor?
448. **Aluna 2**: Seria...
449. **Professora:** Por que a natureza faz todas diferentes? Um pouquinho diferentes, cores diferentes, tamanhos?
450. **Aluna 4:** *Que nem* os humanos.
451. **Professora 1:** Como a gente, que nem os cachorros, que nem os caramujos....
452. **Aluna 2**: Pra gente saber o nome de cada, pra gente poder dar o nome da espécie.
453. **Professora 1:** Ahhm?
454. **Aluna 2:** Pra gente poder nomear.
455. **Professora 1:** Mas, esquece o ser humano. Se a gente não estivesse aqui e tivesse lá, só os outros animais e seres na natureza, *diferentinhos*, tem uma função? Por que na natureza é assim?
456. **Aluna 3**: Pra gente saber qual que é qual!
457. **Aluno 4:** Pra gente poder sobreviver....
458. **Professora 1**: Não. Esquece que o ser humano existe...
459. **Aluna 3:** Não mas [...] (inaudível)
460. **Professora 1**: Pra **eles** (com ênfase da professora) saberem qual é qual?
461. **Aluna 3**: Pra gente saber qual planta...
462. **Professora:** Não, mas isso se o ser humano existir. Tira o ser humano da Terra, continua sendo diferente eles, não continua? Pra quê?
[...] (inaudível)

463. **Professora 1:** Mas pra que precisa da variedade pra fazer novas espécies? Precisa de variedades pra novas espécies? Se já tem todas aí! Não? Uma idéia. Coloca aí não tenho idéias.
464. **Alunas:** Ah, não, não vou por isso!
465. **Professora 1:** Pra quê será que elas são diferentes? Margaridas e os caramujos, por quê que são diferentes?... Tem alguma vantagem?
466. **Aluna 2**: Deve ter.
467. **Professora 1:** Deve ter, bom, começou bem. Qual seria uma? Vê uma idéia, do

grupo.
468. **Aluna 2**: Então, é que já tinha outras espécies.
469. **Professora 1:** *Ahh*, elas tão numa discussão *mó* legal.
(Varias conversas – 38:54)

470. **Professora 1**: Mas ela tem uma pergunta legal, é difícil mesmo, se me fizessem essa pergunta na época que eu estava na escola, eu não saberia responder, sério! Mas eu preciso provocar em vocês esse pensamento porque senão vocês não entendem o que acontece. Tenta ver uma idéia, por que é que todo mundo é diferente.
471. **Aluna 2:** para não se confundir, professora.
472. **Professora 1**: Não. É uma outra coisa, vai além. Para não se confundir é a melhor idéia? Ninguém mais tem nenhuma idéia? V....(professora pede para um aluno responder)
473. **Aluna 2**: Não é a melhor idéia, mas é uma hipótese.
474. **Professora 1**: Sim. Mas é uma hipótese.
(Conversas)

475. **Professora 1**: *Vamo* lá. Se você pegar um peixe... pescada, você já viu pescada? Todas as pescadas são do mesmo tamanho, da mesma cor? Elas são da mesma espécie? Tem diversidade? Tem um monte de tipo de peixe no mundo, não tem? Por quê? Qual a vantagem de ter diversidade dentro da mesma espécie?
476. **Aluno 5:** Eu acho que com a diversidade se adéqua ao habitat do ser.
477. **Professora 1**: É uma idéia. Por que com a diversidade ele consegue se adequar?
478. **Aluno 5:** É que dependendo como ele fica, se for caça ou predador, entendeu? Conforme ele vive.
479. **Professora 1:** Uma ideia boa, parabéns V! Escreve, ajuda ela a escrever.

A professora se afasta e se dirige a outro grupo, deixando que o grupo 7 tente responder a questão.

Grupo V – 3ª K para finalizar a apostila de biodiversidade e elaborar a hipótese sobre a vantagem da biodiversidade.

480. **Professora 1**: Saíram da encrenca ou ainda *tão* na encrenca?

481. **Professora 1:** "essa variedade pode trazer vantagens [...] pode acabar resultando em praga sem controle, pode resultar em animais com certo problema", mas então, a diversidade gera praga?

482. [...] (inaudível)

483. **Professora 1**: Então a natureza não deveria te diversidade?

484. **Aluno 7**: Depende. Deveria porque um alimenta o outro, cadeia alimentar.

485. **Professora 1**: O quê que tem a ver cadeia alimentar com a diversidade?

486. **Aluno 7:** Um vai precisar do outro pra sobreviver.... (42:22)

487. **Professora 1**: Um vai precisar do outro pra sobreviver, pode completar. Depois vocês vão descobrir novas coisas, mas é por aí. Pense se são espécies diferentes ou dentro da mesma espécie.

Grupo II – 3ª K – Hipótese da importância da biodiversidade

(Outro grupo) Grupo II (Felipe)

488. **Professora 1**: E aí, F., esmerilhou? (Professora lê a resposta do aluno). Ok, mas você tá vendo os seres vivos como utilidade pro ser humano. Mas eu vou provocar você. Se o ser humano não existisse, extingue o ser humano da Terra, continuaria existindo os seres vivos?

489. **Aluno 8:** Sim.

490. **Professora 1:**Tá. Eles continuariam tendo variedade? Eles teriam variedade? Qual a vantagem pra eles?

491. **Aluna 9:** A evolução.

492. **Professora 1:** O quê que tem a ver a variedade com a evolução?

493. **Aluno 8:** Pode ser a melhora da espécie.

494. **Professora 1:** Mas o por quê que a variedade, quer dizer que... vamos supor, os seres humanos, nós não temos variedade? A gente tá evoluindo? Isso é evolução? *Tá* surgindo uma nova espécie de ser humano? Vocês tão forçando, pode pensar mais. *Tá* quente. *Tô* só provocando, *to* fazendo o advogado do Diabo. É que eu quero que vocês pensem mais a questão. Mais aprofundadamente. Quer dizer que, você pensou na utilidade do ser humano, ok, mas independente do ser humano eles não continuariam sendo diversos? Continuariam. Qual que é a importância disso? Ela falou a evolução. Mas a variedade como que ela tá ligada com na evolução? Quer dizer, como qual que é a relação de uma coisa com a outra?

495. **Aluna 10:** Reprodução.

496. **Professora 1**: Reprodução deve ligar os três, ah!

497. **Aluna 9:** Por exemplo, se você tem a variedade nos três...

498. **Professora 1**: Da mesma espécie?

499. **Aluna 9:** ... da mesma espécie, eles vão se reproduzir...(risos) bom né... ele vão se reproduzir e com isso vai gerar uma outra espécie, isso seria evolução deles.

500. **Professora 1:** Mas gera uma nova espécie com a reprodução dentro da mesma espécie?

501. **Aluna 9:** É capaz que sim.

502. **Professora 1**: Por quê? De onde?

503. **Aluna 10:** Não é uma nova espécie.

504. **Professora 1:** Não é uma nova espécie, ele *tá* se reproduzindo. Olha que drama!

505. **Aluna 9**: e se ele não for fértil pra aquela espécie?

506. **Professora 1**: Se começar a não ser fértil, quando começa a não ser fértil?

507. **Aluna 9:** Não sei. Eles podem ser não tão bons assim e fazer uma coisa que não é tão boa assim... (risos)

508. **Professora 1**: Então, é assim, você tá perto do pensamento, tá muito perto, a minha provocação é pra você chegar e ver que tem uma confusão, tá faltando um elemento pra te ajudar, que eu espero que a aula contribua. Mas é por essa... por esse raciocínio.

509. **Aluna 9**: Professora agora eu quero saber!

510. **Professora 1:** É claro que sim, mas as "cenas são dos próximos capítulos", se não você não vai querer vir mais. Eu só vou explicar na próxima.

511. **Aluna 10**: Se, por exemplo, o gene for defeituoso, aí tem a variedade e corrige esse defeito.

512. **Professora 1:** A variedade corrige o gene defeituoso?

513. **Aluna 9**: Não, não corrige...

514. **Vários alunos** falam ao mesmo tempo...(45:32)

515. **Professora 1**: Ok, é uma forma... se ele for muito defeituoso, muito, pode ser quer ele não se reproduza. Ser muito defeituoso. Certo? Por que às vezes tem defeituoso que consegue se reproduzir.

516. **Aluna 9:** Por exemplo o câncer, se alguém pegar um câncer, daí ele [...]

517. **Professora 1**: Mas você, tá bom, quer dizer que você tá falando que a variedade vem da diferença genética. Tudo bem, e aí às vezes essa diferença genética causa problemas.

518. **Aluna 9**: Ou soluções.

519. **Professora 1**: Ou soluções. E a solução vai ser reproduzir e a... o ruim? Parou? Vai, tá faltando um elemento igual o dela.

520. **Aluna 9**: Então, nesse caso é a forma que eu contei pra ela de não ser fértil, ele não é fértil pra poder reproduzir.

521. **Aluna 10:** E o que acontece com ele?

522. **Professora 1:** E aí o quê que acontece com ele?

523. **Aluna 9**: Não pode ter filho vai lá e... (Risos)

524. **Aluno 8:** Faz artificialmente.

525. **Professora 1:** Faz artificial. Na espécie humana, se você for levar tudo pra espécie humana dá o maior *bode*, porque, por exemplo, a gente na espécie humana que é excelente, não é uma crítica, a gente mesmo como pessoas que tem problemas, defeitos assim, eles hoje em dia se casam tem filhos e tal, né? Então, você não consegue pensar assim! É melhor vocês pensarem no animal, com defeitos que nascem, ou plantas. Pega cachorro que é mais próximo, ou caramujos, ou margaridas, que dá pra pensar. Mas é assim, eu vou dizer uma coisa pra vocês, essa questão, quem fez, quem tinha essa questão na cabeça foi uma pessoa muito famosa, então, vocês estão passando por um problema que alguém muito famoso passou e, portanto, não é fácil de responder. Se eu tivesse na idade de vocês e tivesse que responder essa questão, teria dificuldade, também não saberia.

526. **Aluna 9:** Por que assim, o que a gente *tava* debatendo é, se você trouxer para o nosso cotidiano, cotidiano, a gente pode observar nessa questão de que a variedade seria uma coisa boa porque ela traz benefícios pra gente.

527. **Professora 1:** *Pro* ser humano.

528. **Aluna 9:** Para o ser humano.

529. **Professora 1**: Mas é isso que eu vou falar pra ele, tanto que eu não quero nem que ele apague que tá certo. É uma hipótese que ele tem, mas você não pode pensar só no ser humano. Por que a questão é *pro* ambiente, é *pro* planeta. Se a gente não existisse continuaria tendo variedade? Continuaria, não é pra gente, a gente usa variedade, mas...

530. **Aluna 9**: Mas o que seria vantajoso *pro* ambiente? Por exemplo, por que as pessoas, o ser vivo, se todos fizessem a mesma coisa, como que ia ter um ciclo pra isso evoluir?

531. **Professora 1**: Escreve isso. Mas daí você está falando de espécie diferente já.

532. **Aluna 9:** Não, mas dentro da mesma espécie, se eu pegar os caramujos, é... os caramujos não fazem exatamente a mesma coisa de acordo com o ambiente que eles vivem.

533. **Professora 1**: Isso! Vai tá ótimo, perfeito, vai, prossegue.

534. **Aluna 10:** Se adaptou ele e...

535. **Aluna 9:** A adaptação foi uma evolução deles.

536. **Professora 1**: Então escreve isso. Tem uma coisinha que depois... é ainda bem né, que eu vou explicar depois, mas é... vocês tão muito próximos. Gostei, o grupo é muito bom mesmo, parabéns, escreve, eu quero ver escrever tudo isso.

537. (Discussões prosseguem no grupo)

538. **Professora 1**: Diga.

539. **Aluno 7:** Ó, a hipótese que eu comecei...(50: 31), eu vou ler. A importância da variedade e igualdade dos seres está no fato de que eles se adequaram ao ambiente em que vivem, ou seja, esses dois fatores permitiu que um e outros indivíduos possam desenvolver habilidades diferentes, a única desvantagem é que isso gera uma desigualdade que nos permite compreender a cadeia alimentar.

540. **Professora 1:** Por que você vê uma desvantagem? Por quê ...

541. **Aluno 7:** A desvantagem é que uns conseguem...

542. **Professora 1:** Você colocou a desvantagem só por que eu *tava* perguntando? Ou normalmente você não colocaria?

543. **Aluno 7:** Não colocaria desvantagem. Mas tá perguntando.

544. **Professora 1:** Então tira. Eu achei que você respondeu só por que *tava* falando desvantagem. Então vamos voltar lá pro comecinho, você colocou a...

545. **Aluno 7:** A questão de se adequar ao ambiente em que vive, por exemplo, a variedade permite com que eu, exemplo, tenha maior imunidade ao calor e ao frio do que ela, por exemplo.

546. **Professora 1**: E...

547. **Aluno 7:** E isso é bom pra mim.

548. **Professora 1**: Certo...

549. **Aluno 7:** Pra um indivíduo...

550. **Professora 1:** Legal, legal, *tá* bom, entendi.

551. **Aluno 7**: É uma vantagem.

552. **Professora 1:** É uma vantagem muito importante, pra quê?

553. **Aluno 7:** *Prá* eu sobreviver.

554. **Professora 1:** Quase. Tá faltando um tantinho que eu espero que a aula resolva pra você, mas eu acho que tá bem o teu o deles, acho que tá muito legal. Tem mais uma coisa.

555. **Aluno 7:** Tem mais uma coisa.

556. **Professora 1:** Tem mais uma coisa mas eu não quero que.. eu acho que você chegou, assim, você refletiu, se você quiser tirar a desvantagem, por que se você não vir isso mesmo na desvantagem, por que eu achei que ficou... você...

557. **Aluno 7:** Na cadeia alimentar mesmo, eu coloquei, só que eu não colocaria se não perguntasse.

558. **Professora 1**: Então, eu acho que você não precisa. Você pode não ver desvantagens. Tem uma desvantagem que depois eu vou explicar, me lembra, é provável que eu esqueça de falar da desvantagem. Porque não é uma coisa que o pessoal pensa, mas... é eu achei que não tá... a questão da cadeia você... lê pra mim de novo. Por que você acha que é uma desvantagem?

559. **Aluno 7:** Na verdade eu pensei nisso com um conflito entre os seres, por

exemplo.

560. **Professora 1**: Ah, uma competição.

561. **Aluno 7:** Exatamente, pensei num conflito. Por que o que acontece, tudo bem, você precisa se alimentar, mas não necessariamente daquilo, por exemplo.

562. **Professora 1:** Tá, mas então coloca aí. Então tá bom, então é uma desvantagem. Tudo bem.

563. **Aluno 7:**[...] (inaudível)

564. **Professora 1:** Certo... porque você tá falando assim, a desvantagem é que...

565. **Aluno 7:** [...] (inaudível)

566. **Professora 1:** É. Então, eu não sei se... reflete e vê se... eu entendi agora a desvantagem.

567. **Aluno 7**: na verdade, pra mim, ficou mais a questão de conflito entre os seres.

568. **Professora 1:** Entendi, se você quiser deixar. Você pode deixar. Vê o que você sente no seu coração, não precisa ter desvantagem, se você não acreditar que ela exista mesmo. Mas tem uma desvantagem, que eu não tinha pensado nisso, depois eu vou conversar um pouquinho mais com vocês sobre isso. Tem a ver com competição. Mas sempre vai levar a uma vantagem: a competição, o conflito, sempre leva o benefício de algum.

569. **Aluno 7**: Que permite o desenvolvimento.

570. **Professora 1:** Então eu não sei se vale a pena você... ou deixa, e coloca mas será que é isso mesmo? Pode ir, a gente vai voltar nessa hipótese.

571. **Aluno 7:** Obrigado professora.

Professora chega a outros grupos.

Grupo VIII – 3ª K – Finalização da apostila de biodiversidade e elaboração da hipótese sobre a importância da biodiversidade.

572. **Aluna 11**: ó, por exemplo, se, tem a minhoca, aí, com a biodiversidade ela fica com a pele mais impermeável e se reproduzir (54:22) pro bem do

planeta né?

573. **Professora 1**: *Tá*, da biodiversidade, você *tava* falando da minhoca.

574. **Aluna 11**: É...Não, por exemplo, minhoca...

575. **Professora 1:** Você tem um monte de tipos.

576. **Aluna 11**: é, por exemplo, cada uma faz uma função diferente, não é? Seria uma vantagem pro planeta.

577. **Professora 1:** Sim, por quê?

578. **Aluna 11:** Porque cada um se adaptou ao ambiente.

579. **Professora 1:** De novo, é a adaptação.

580. **Aluna 11**: É, aí...

581. **Professora 1:** Isso evita o quê? Mas e se elas vivessem todas na terra? Comendo terra, todos nós, todos comendo terra, na Terra? Qual era o problema? Qual seria o problema?

582. **Aluno 8:** Como assim? (55:06)

583. **Professora 1:** Por quê?

584. **Aluno 8**: Por que se todos estão comendo terra...

585. **Professora 1**: Você precisa de uma diferença...

586. **Aluno 8:** Precisa de uma outra coisa pra repor.

587. **Professora 1**: Pra ocupar aquele espaço?

588. **Aluno 8:** Isso.

589. **Professora 1**: Tá, e adaptação que você tá falando.

590. **Aluna 9:** Não sei se eu vou fugir um pouco do raciocino, mas tem uma parte da biologia que a gente estudou, onde a professora explica que o ciclo lá do planeta é composto por tais (55:32), se você tirar um, esse come esse, se você tirar esse vai desestruturar, e acaba com a cadeia alimentar.

591. **Professora 1:** Mas ainda são de espécies diferentes, nós estamos falando dentro da mesma espécies. Por quê que eles são... não deveria ser tudo igual? Então você tem as minhocas que comem terra, e as... os pássaros que comem as minhocas, e você tem as plantas que vão produzir o alimento pra minhoca,

cair na terra, e ela poder comer.

592. **Aluna 11:** Olha assim ó, você é professora, aí tem outro que é jardineiro. Aí pode ser uma espécie de animais assim...

593. **Professora 1:** Cada um faz uma coisa porque são...

594. **Aluna 11**: Diferentes...

595. **Professora 1:** Perfeito, tá bem pro lado da ecologia. É uma boa idéia, já escreveu? É uma boa idéia.

Transcrição da aula 4 da sequencia – 3º K – 17 de Outubro de 2011

A professora faz a chamada inicia a parte sobre a "*evolução bem diante de nossos olhos*", isto é, sobre o caso da evolução dos lagartos. Depois da apresentação sobre os lagartos, os grupos se reunirão e farão a discussão para a elaboração da hipótese para a questão-problema "Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese".

Parte A: Apresentação da professora para a classe

(Conversas paralelas – até 4:13)

596. **Professora 1**: Dando continuidade àquela proposta que a gente começou com biodiversidade, vamos recapitular alguma coisa: biodiversidade, qual que é o padrão, na mesma espécie: é a diferença ou é a igualdade?

597. **Alunos**: Diferença.

598. **Professora 1**: Diferença. Tem uma diversidade dentro de uma população de mesma espécie, é isso?

599. **Alunos**: Isso.

600. **Professora 1**: Depois a gente viu que eu fiz uma pergunta difícil de vocês responderem: qual era a importância dessa biodiversidade dentro da mesma espécie? Não seria mais fácil a gente ter todos os seres todos iguais? E aí, vocês responderam algumas coisas. Eu dei alguma lida e vocês *tavam*, assim, falando que seria *bom, que sempre é bom* a diversidade, mas ainda não chegaram, (ainda bem), na conclusão final. Então dando continuidade, nós vamos falar um pouquinho desse assunto chamado evolução. Vocês já ouviram falar em evolução? O que é evolução pra vocês?

601. **Aluno ?**: Transformação.

602. **Professora 1:** Vai. Transformação. Transformação de quê?

603. **Aluno 1**: Do ser. Se adaptando ao ambiente...

604. **Professora 1:** Dos seres. Se adaptando ao ambiente ou... por exemplo, eu posso falar que um país tá evoluindo quando ele melhora economicamente? Posso, isso é um conceito de evolução. Uma pessoa evoluiu por que ela estudou, tem um bom trabalho, tá ganhando bem, isso pode ser também

evolução? Pode. Só que a gente vai pegar um conceito agora ligado à ciência. O quê seria evolução do ponto de vista científico, da biologia? Ele falou em transformação e alguém falou adaptação ali, não é?

605. **Alunos:** Sim

606. **Professora 1:** Alguém falou aí.

607. **Professora 1:** Recordando, eu acho que vocês já sabem isso, que a evolução é um processo de, alguém falou transformação ao invés de modificação, sinônimo, é um processo de modificação das espécies, então, dos seres vivos. Tem evolução pra país, tem evolução pra ser humano, mas aí não é evolução biológica, a gente tá falando da biológica ao longo do tempo. Então, quando uma espécie se transforma ao longo do tempo eu falo que ela tá passando por uma evolução e o processo que dá origem a novas espécies na terra. Dá origem a novas espécies, nossa, será que nós temos novas espécies surgindo agora? Alguém já viu? Será que dá pra gente observar a evolução acontecendo nos dias de hoje, em 2011? Sei lá, algumas pessoas pode ser que acreditem... pode ser que acreditem que as espécies evoluíram, se transformaram, e ocuparam o planeta terra ao longo do tempo e que isso demorou milhões de anos, algumas religiões acham que demora pouco tempo, mas a gente não vai misturar a ciência com religião. A gente vai falar só do ponto de vista da biologia, respeitando as crenças. Mas o ponto de vista biológico a gente acredita que houve uma modificação das espécies e eu acho que vocês imaginam que isso demorou muito tempo pra acontecer na terra, ou não?

608. **Alunos:** alguns afirmam que sim (alguns com a cabeça)

609. **Professora:** *Tá*, dá pra acontecer surgir novas espécies hoje? Vocês já viram?

610. **Alunos:** (Comentários.de alguns alunos). “Tudo é possível” (alguém falou) e outros comentários (um aluno comenta que viu no programa de TV que surgiu uma nova espécie num país)...

611. **Professora 1**: É uma coisa rara de acontecer, boa? Ele viu uma reportagem que falou de uma nova espécie em tal país. Será que é uma coisa rara de acontecer? Vocês já viram? Nós vamos fazer uma viagem imaginária, a gente vai... se fosse biólogos pra ver a evolução acontecendo a gente teria que pesquisar. O biólogo, muito dos biólogos, eles têm que ir até o campo, até a natureza, pra poder observar se tá nascendo ou não uma nova espécie. Infelizmente eu não tenho como levar vocês *pra* uma ilha pra fazer essa observação, nos vamos fazer uma observação na tela. Então olha, vou contar uma história pra vocês que é verídica, porque foi feita por cientistas, e vocês

conseguem vários dados desses. (Professora se dirige à tela do projetor e mostra as imagens aos alunos). A história se chama "Os lagartos de Pod Mrcaru". Mrcaru, eu vou falar Macaru pra ficar mais fácil, é uma ilha que fica aqui nessa região da Croácia, já ouviram falar? Croácia, perto da Itália. E perto da Croácia tem várias ilhotas, ilhas pequenininhas, uma ilha que a gente consegue ver o começo e o fim dela facilmente. E aí, o que aconteceu, quais são os dados dos biólogos, vocês vão se imaginar biólogos agora, quando foram lá nessa ilha? Então, em 1971 existia na ilha Pod Kopiste, está escrito aqui, em Pod Kopiste tinha um tipo de lagartinho pequenininho, meio verde, que cabe na mão de uma pessoa, e esse lagartinho se chamava *Podarcis sicula* e ele se alimentava principalmente de insetos. Essa espécie de lagarto não existia numa outra ilha, que se chamava Pod Marcaru. E ai o que fizeram com os cientistas em 1971, os pesquisadores pegaram cinco pares de lagartos, macho e fêmea, cinco pares, cinco machos e cinco fêmeas, e levaram pra nova ilha em Pod Marcaru. Certo? O quê que vocês acham que *podia* ter acontecido com esses cinco lagartos? Primeira hipótese.

612. **Alunos:** Vários alunos respondem ao mesmo tempo...

613. **Professora 1:** Primeira coisa?

614. **Aluno ?:** Podia ter morrido.

615. **Professora 1:** A primeira coisa que podia ter acontecido é eles terem morrido. Não tem comida, não tem uma... um predador, são só cinco pares, eles podiam ter morrido! Essa é a primeira hipótese que a gente faria. Em Pod Macaru não existia insetos! Mais grave ainda, né? A maior tendência é eles terem morrido, então, eles tentaram se reproduzir, não tinha muito inseto e tiveram os filhotinhos. Em 2008, os pesquisadores voltaram pra essa ilha. Então passou 37 anos. O que vocês acham que aconteceram com esses animais?

616. **Alunos :** Vários respondem ao mesmo tempo – [...](inaudível).

617. **Professora 1:** O quê?

618. **Alunos:** [...] (inaudível)

619. **Professora 1**: Uma outra espécie... Sei lá. Igual? Se adaptou?

620. **Alunos:** (Vários comentam...ouve-se "é...se adaptou..." mas há outros comentários concomitantes)

621. **Professora 1**: Vamos lá. Quando chegou... quando chegaram os pesquisadores eles encontraram muitos lagartos da mesma espécie, do *Podarcis sicula*, que era a que tinha na Pod Kopiste, na primeira ilha,

descendentes dos cinco casais. Como é que eles sabiam que eram os descendentes? Eles fizeram a análise genética. Eles pegaram o DNA, compararam e viram que tinha a mesma origem. Será que teriam diferenças importantes no corpo, na alimentação? Será que deu tempo pra fazer alguma modificação nesses lagartinhos aí, em 37 anos?.(vários alunos comentam inaudível – um aluno fez um comentário que a professora responde...).. Muito graves, talvez não. Tivesse lá uma variedade, mas era bem parecido com o original, é isso?

622. **Alunos:** Sim.

623. **Professora 1:** O quê que acontece? Eles encontraram diferenças bastante marcantes. Quando eu falo marcante, *pro* biólogo, *pro* cientista, tem que ser significativamente, estatisticamente válido, não pode ser um pouco de diferença. Tem que ser uma diferença que todos os pesquisadores consigam ver. Aí, eles encontraram diferenças anatômicas significativas na cabeça e no intestino deles (vou contar por que) e diferenças ecológicas: na alimentação e no território. O que eles encontraram? Primeira coisa, o lagartinhos que só comiam ou comiam muito mais insetos, vocês sabem ler gráficos? Numa boa? Médio, mais ou menos? Ó, (a professora mostra o gráfico da mudança dos hábitos alimentares dos lagartos, comentando com os alunos) esses "três" aqui era a base da alimentação da primeira ilha, em pretinho, matéria vegetal, eles comiam muito ou pouco?

624. **Alunos:** Pouco.

625. **Professora 1:** Pouco. Eles comiam muitos insetos, estavam bem adaptados a comer insetos. E comiam bem pouquinho resto de seres vivos. Primeira coisa, vocês tão vendo que os lagartinhos eles têm uma variedade na alimentação, mesmo aqui nessa ilha? Tá ó, variou aqui na parte do ponto de vista ecológico. Na segunda ilha, o quê que eles passaram a comer? (alguns alunos respondem, inaudível). Muito vegetal, pouquíssimo inseto, que eles encontravam e continuou basicamente o mesmo resto. Mudou então ecologicamente a forma de alimentação? Mudou. O quê mais que mudou? Os lagartos de Pod Macaru tinham cabeça maior que o da população original, por quê? Por que vocês acham que fica com a cabeça maior, ficou com a cabeça maior? Alimentação ou Inteligência?

626. **Aluno:** Alimentação...então vamos parar de comer...

(Risos)

627. **Professora 1**: Alimentação ou inteligência? Vai turma! Cabeça do lagarto aumentou, por quê?

628. **Alunos:** Alimentação.

629. **Professora 1:** Alimentação, mas o quê que tem a ver cabeça com alimentação? Mas o quê que tem a ver cabeça maior com adaptação a vegetais? *Pra* comer vegetais, a força muscular e os dentes têm que ser muito mais fortes dos dentes dos que têm dieta carnívora. *Pera* aí professora, os carnívoros têm lá as garras bem afiadinhas, mas ele não precisa mastigar muitas vezes, porque alface e outros vegetais são muito mais duros. Se vocês pegarem a cabeça da vaca, do ruminante, do cavalo, dos elefantes, que são herbívoros, eles têm dentes e músculos super fortes. Não que o cérebro acompanhe, o cérebro continua um pouco menor, mas a cabeça e a musculatura da boca é maior. Então, os lagartinhos da nova ilha tinham cabeças bem maiores que a do outro, em 37 anos aumentou bastante a cabeça. E outra coisa que aconteceu é válvula cecal, o que é válvula cecal? Não sei se vocês se lembram, no segundo ano, se vocês estudaram, os animais que têm uma dieta vegetariana, como as vacas, como os cavalos, que são ruminantes, eles têm um intestino e o estômago super maior, já ouviram falar nisso? É muito maior. Por que é maior? Porque precisa de ajuda de bactérias pra poder digerir a celulose que é dura, nós não temos enzimas para digerir isso facilmente. Os herbívoros eles têm o intestino maior e tem uma válvula chamada válvula cecal, que ajuda a digerir isso. No caso do ser humano, nós somos onívoros, nós não temos a válvula cecal, quem têm a válvula cecal é só o herbívoro estrito, tá? Os lagartinhos da primeira ilha não tinham a válvula cecal, depois de 37 anos na segunda ilha, eles começaram a ter um intestino diferente. Então teve modificação onde? Na cabeça, no intestino e a terceira modificação que foi bem importante é o seguinte, os lagartinhos da primeira ilha eram muito territorialistas, sabe o que é territorialista? Eles defendem o território, não deixa de outra família entrar, eles eram bastante agressivos. Na segunda ilha, como não tinha predador, a densidade populacional aumentou muito de lagartinho, e ai eles deixaram de ser territorialistas. Ok? Então, em 37 anos, as diferenças foram marcantes?

630. **Alunos:** Sim.

631. **Professora 1:** Foram. Surgiu uma nova espécie?...

632. **Aluno 1:** É uma diferença.

633. **Professora 1**: É um diferença. Mas é uma nova espécie?

634. **Alunos:** Não.

635. **Professora 1**: Por que não?

636. **Alunos:** (vários discutem e comentam...alguns dizem “são da mesma

espécie”).

637. **Professora 1**: É essa a definição de espécie?...

638. **Aluno:** Não.

639. **Aluna: E**les conseguiam se reproduzir?

640. **Professora:** A gente só saberia se eles são da mesma espécie se a gente fizesse o quê?... Se eu pegasse a primeira ilha, eles continuaram existindo, os da primeira ilha, tá? Eles continuaram se reproduzindo e existem até hoje. Se eu pegasse o da primeira ilha e os da segunda ilha, deixasse livre pra eles tentarem se reproduzir, se eles se reproduzissem e os filhotes deles ainda fossem férteis a gente poderia dizer que eles são da mesma espécie. Lembra? Então com certeza eles são da mesma espécie? Depende, depende, é possível então, eu já vou dar a resposta pra vocês, eu já vou dar a resposta pra vocês.

641. **Alunos:** [...] (inaudível)

642. **Professora 2**: Fala.

643. **Professora 1:** Então, assim, as diferenças que a gente viu já é pra surgir uma nova espécie? Isso já seria uma nova espécie? Eles ainda são da mesma espécie, como é que eu posso dizer pra vocês que são? Porque eles fizeram análise genética, é bastante parecido ainda, apesar dessas diferenças. Agora se colocar eles na mesma ilha, será que eles conseguem se reproduzir sozinhos?

644. **Aluno 1**: Reproduzir?

645. **Professora 1**: É. Da primeira com a da segunda.

646. **Aluno 1:** Ia ser difícil.

647. **Professora:** Ia ser difícil por quê?

648. **Aluna 2:** Sei lá, porque o jeito deles é diferente.

649. **Professora 1**: O jeito deles é diferente em quê? O que a gente falou que eles têm diferente em comportamento?

650. **Aluno 1:** Territorialismo.

651. **Professora 1:** Territorialismo. Então talvez, eu não sei se eles fizeram essa pesquisa, mas é provável que se eles colocassem eles juntos talvez já não tivesse quase a reprodução, e a gente estaria vendo surgir uma nova espécie. Ok? Depois de poucos anos, com algumas modificações eles já não

conseguem mais se reproduzir. Pode ser que consigam e ainda é da mesma espécie. Mas é assim que a gente veria surgir uma nova espécie. Deu? Vou dar outro exemplo é... os elefantes, todos vocês conhecem aquela presa de marfim que ele tem? Grandona? Muito bem. Tá acontecendo um fenômeno, também de trinta anos pra cá, interessante, que nos elefantes africanos, eles fizeram um gráfico, eu não trouxe pra vocês porque eu achei que não ia dar tempo, mas assim, em poucos anos as presas dos elefantes africanos está diminuindo muito de volume. Eles estão nascendo com presas muito, muito, menores. Os elefantes asiáticos já nascem quase sem presa, quase nenhum mais tem presa de marfim. Então tá tendo uma diferença importante também nos elefantes. Pode ser que um dia seja uma nova espécie? Pode ser? O quê será que faz surgir uma nova espécie? O quê será que faz surgir a evolução? A evolução biológica, o quê que vocês falaram que era a evolução biológica? Transformação, ao longo do tempo, de espécie pra formar novas espécies. Muito bem. A minha pergunta pra vocês, a pergunta de hoje é: qual é o mecanismo, qual é a força responsável por provocar as modificações das populações de diferentes espécies? Qual é a força que faz surgir modificações nas diferentes espécies, como a dos lagartos, ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Qual é a força?

652. **Aluno 1**: Climática...

653. **Aluno 2:** Alimentação...

654. **Professora:** Será que o clima mudando a gente vai mudando o corpo, a alimentação?

655. Vários **alunos** (respondem...alguns falam): de acordo com a necessidade.

656. **Professora 1:** De acordo com a necessidade. Tá bom. Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies?

657. **Alunos:** Sim.

658. **Professora 1:** Então estão surgindo novas espécies hoje?...

659. **Alunos:** Sim

660. **Professora 1:** Sim, podem surgir?... Pode. *Tá* bom, surgiram. *Pra* ocupar todo o ambiente, hoje em dia, vocês sabem que existem milhões de espécies, né? Bactérias, caramujos, etc. O que fez surgir todas essas espécies no planeta Terra? Pode ser o mesmo mecanismo que fez surgir essas modificações nos lagartos? Que mecanismo é esse? Que mecanismo é esse? Vocês sabem ou não? Que silêncio é esse? (Pede ajuda para distribuir a

apostila aos alunos...) Esse silêncio é de quem... hoje eu vou poupar você de muita apostila, só essa folha. Eu quero que vocês discutam, vocês são melhores em tudo, vocês trocam boas idéias, discutam, e vejam qual é, qual vocês acham que é o mecanismo que faz surgir essas diferenças. Tudo bem?

(Os alunos vão fazendo os grupos e começando a discutir...)

Parte B: Grupos de alunos discutem a questão-problema e elaboram a hipótese.

A professora entrega a folha para os alunos responderem sobre o mecanismo que faz produzir espécies. A professora passa nos grupos estimulando e interagindo com os alunos. A questão-problema é: *"Qual é o mecanismo (qual é a força propulsora) responsável por provocar as modificações nas populações de diferentes espécies (como as dos lagartos) ao longo do tempo, fazendo surgir diferenças tão marcantes em poucas décadas? Esse mesmo mecanismo poderia fazer surgir novas espécies (de lagartos, por exemplo)? Explique sua hipótese".*

661. **Aluno 3**: Por causa do clima frio os japoneses ficaram com o olho puxado, [...] (inaudível) ficaram muito brancos *por causa que* era muito frio.
662. **Professora:** Então...
663. **Aluno 3:** E o pessoal da África é...
664. **Professora 1**: Isso que vocês dois tão falando é super parecido com uma pessoa que veio antes de Darwin. E ele falou a mesma coisa que vocês. Que as espécies se modificam quando eles vão se acostumando, se adaptando a novos lugares, conforme a necessidade. É isso? Vê se alguém discorda, se vocês acham que é isso mesmo... mas é uma idéia legal. *tá*? Escreve direitinho. Vê se ninguém discorda.

(Conversas e discussões)

(Em outro grupo, estimula a participação de todos...)

665. **Professora 1**: Qual é a resposta então?

(Conversas paralelas)

666. **Professora 1:** Vocês conseguem pensar qual é o mecanismo que faz modificar e surgir novas espécies. Qual é?
667. **Aluno 4**: Vai mudando o clima (Não entendi – 23:48)
668. **Professora 1:** É?

(Várias conversas)

669. **Aluno 4**: ..Inclusive, tem uma vez eu vi, tem uma família que mora na Antártida lá.... eles tem o pulmão maior pra que eles tem mais dificuldade de respirar e eles

mais gordura no corpo para aguentar o frio.

670. **Professora 1:** Ok. Então, para isso isso, tudo qual é o verbo que eu vou usar? O que eu vou usar? Vou falar que os seres vivos vão se adaptando, vão se acostumando?

671. **Aluno 5:** Mutações.

672. **Professora 1:** Com mutações eles vão se adaptando ao ambiente, é uma boa idéia, é uma idéia de um dos cientistas. Podem escrever, muito bem. Na verdade eu vou ensinar uma coisa nova pra vocês. Mas esse é o... vocês precisa passar por esse caminho se não vocês não entendem o outro, parabéns. Podem ir.

(Conversas e discussões nos grupos)

Grupo II – 3ª K – Elaboração das hipóteses sobre o mecanismo de evolução das espécies.

673. **Aluna M.**: porque ele falou assim, da cadeia alimentar. Só que pelo que ela explicou, tudo leva à necessidade. *Pra* vaca comer, ela vai... se acabou o capim, ela vai se adaptar a comer outra coisa...

674. **Professora 1:** M. o que significa se adaptar? Por que vocês usam muito o termo "que tem que se adaptar", o quê que significa se adaptar? Bom tudo bem, eu estou fazendo uma viagem e o avião cai na Sibéria, eu não tenho roupa suficiente pra agüentar aquele frio...

675. **Aluna M.:** eu vou aprender a me virar, vou aprender qualquer meio que eu tenha, nem que eu tenha que comer a carne do cara que caiu com o avião porque eu quero sobreviver.

676. **Professora:** continua em cima disso.

677. **Aluna 6:** [...] (inaudível) ...que eu tenha que comer o cara que morreu ... eu vou comer por que eu quero sobreviver.

678. **Aluno 7:** É. [...] (inaudível)

679. **Professora 1**: A lá.

680. **Aluna 8**: *Pra* mim é diferente.

681. **Professora 1**: Vocês estão no caminho certo.

682. **Professora 1:** Continuem em cima disso.

(Em outro grupo)

683. **Professora 1**: O quê é que faz surgir uma nova espécie?

684. **Aluno:** Se adaptando ao ambiente

685. **Professora:** aí ele vai lá e se acostuma e mudo o corpo, aí surge uma nova espécie. Se eu pegar um conjunto de vacas, levar *pro* Polo Norte, aquele conjunto vai se adaptar a comer...

686. **Aluna 9**: Às vezes tem a diversidade dentro da espécie.

687. **Professora 1**: E...?

688. **Aluna 9**: A diversidade dentro da espécie...

689. **Professora 1:** E...
690. [...] (inaudível)
691. **Professora 1**: Quase. Você tá no caminho. E... tem a ver com isso!. Vai prossegue! Eu não falei que quando vocês falam é legal?

Professora incentiva o grupo, vários alunos discutem ao mesmo tempo. Depois dirige-se a outro grupo e pergunta se precisam de ajuda.

Outro grupo:

692. **Professora 1:** O que faz surgir uma nova espécie? Vai pensando.... !
693. **Aluno 10**: Que com a mudança de habitat não tão radical *pra* ele poder se adaptar.
694. **Professora 1**: O que é se adaptar?
695. **Aluno 11**: ... *Tá* num lugar quente depois num lugar frio, se você não conseguir se adaptar aí ele vai morrer de frio.
696. **Professora 1:** E aí ele morre. Eu vou dar um exemplo, vocês acham que seria assim, o ser humano vai morar lá na Antártida, é possível que o ser humano criasse mais gordura, um pulmão maior, essas coisas, pra ele se adaptar lá?
697. [...] (Inaudível).
698. **Professora 1:** *Tá* bom, então vamos mudar de animal... A vaca, a gente pega uma boiada, ela come grama, a gente leva pro meio da floresta. Aquele grupo consegue se adaptar?
699. **Aluno 11**: Sim
700. **Aluno 10:** A vaca consegue.
701. **Professora 1:** Consegue? E como que surge uma nova espécie? Como que ele faz pra se adaptar? Muda a cabeça, muda o intestino é isso? Ele vai se acostumando...?
702. **Aluno 10:** Vai se acostumando
703. **Professora 1:** Em função da necessidade?
704. **Aluno 12:** Mas não rapidamente, né, vai demorar um tempo.
705. **Professora 1**: Vai demorar um tempo, umas décadas, [...] (inaudível) é isso? *Tá*. Essa é uma idéia, ninguém discorda? Vocês tão chegando, de verdade, num ponto que a ciência chegou, ééé, pra explicar a evolução da espécie. Vocês estão passando pelo pensamento de um dos cientistas, *tá*? É legal. Tenta escrever, agora, isso. Articula as ideias! É uma ideia. Eu só queria ver se não tinha outra, eles quase estavam indo por um caminho diferente e você manteve ou não?

(Em outro grupo)

706. **Professora 1:** Vocês já fecharam a questão?
707. **Aluno 13**: Estamos vendo se pega mais alguma coisa.
708. **Professora 1**: Não teve nenhuma discordância?
709. **Aluno 14:** Não.
710. **Professora 1:** Quer dizer que se eu pegar um grupo de vacas que come pasto, coloco lá na floresta, elas vão se adaptando, vão modificar o corpo até formar uma nova espécie, é assim?
711. **Aluno 13:** Depende, viu, acho que muita coisa depende de muita coisa, né?
712. **Professora 1:** Depende de quê? Levei lá os 5 grupos que nem o lagartinho. Mas eu levei 5 casais, que nem o Noé fez. Levei 5 casaizinhos, deixei lá, ela come pasto. Levei lá pro meio da floresta. Daí ela vai se acostumando vai comendo... é isso?
713. **Aluno 13:** Eu acho que sim.
714. **Professora 1**: Aí vai modificando em função da necessidade.
715. **Aluno 13**: É, a gente colocou necessidade.
716. **Professora 1**: ok.

Em outro grupo.

717. **Professora 1:** Qual o consenso?
718. **Aluno 14:** É que na verdade é uma pergunta que não tem uma resposta.
719. **Professora 1**: Tem.
720. **Aluno 14:** Que existem vários...
721. **Professora 1:** Qual é um deles? Fala um.
722. **Aluno 14**: Nós chegamos ao consenso de que seria a adaptação. Adaptação ao ambiente.
723. **Professora 1**: Como é que ele se adapta?
724. **Aluno 15:** Pela necessidade.
725. **Professora 1**: Tá. Pela necessidade, vocês escreveram necessidade? É uma palavra muito importante. Então a necessidade faz ele se adaptar. Então, eu vou dar um exemplo bem drástico. Se eu pegar cinco casais de vaca, boi e vaca, levar *pra* floresta amazônica, deixá-los lá durante cinqüenta anos, eu vou ver modificações deles, comendo lá em função da necessidade? Por exemplo, é isso?
726. **Aluna 16**: É *que nem* a gente *tava* falando aqui, a gente tá num avião e a gente cai numa floresta, a gente vai ter que se adaptar na alimentação também.
727. **Professora 1:** Ok, mas tem modificação *pra* surgir uma nova espécie humana se a gente for *pro* meio do mato, parar de viver na cidade?
728. **Aluna 16:** Sim. Se você for definir, o novo pessoal agora é vegetariano.
729. **Professora 1**: Ok.
730. **Aluna 16:** Só se for pra matar...
731. **Professora 1:** Ok, depois eu vou contar uma coisa, vocês tão passando por um pensamento importante na história da ciência. Eu não quero dizer que vocês não

estão sozinhos. Tem um nome isso que vocês estão passando, é bem legal. Mas a gente vai descobrir que tem uma coisa a mais.

732. **Aluno 14**: Porque na verdade, éééé...eu até *tava* falando pra elas, vocês vão me crucificar pelo que eu vou falar...existe uma teoria, que eu soube, que existiu um gato que morre ao lado de um prato de salada e é isso que eu fico com um pé atrás de responder, né? Por que na verdade, é verdade, o gato não vai comer, não vai passar a comer a salada.

733. **Professora 1:** Você foi o único da sala que conseguiu discordar do pensamento dominante, já deu um passo a mais! É verdade, se você pegar os cinco casais, de boi e vaca que eu te falei e levar *pra* floresta, é muito provável que eles morram. Eles não conseguem comer ali as árvores, não é tão rápido assim. Entendeu, tem que ter uma coisa antes. É, você tem razão. Qual é o mecanismo que faria ele se adaptar? Será que é o costume? Será que é a necessidade?

(Outro grupo)

Grupo 3ª K

734. **Aluno 14:** Vê se ficou legal?

735. **Professora 1**: (Leu a resposta – 36:52) Ó, legal. Você *tá* além, você *tá* falando olha, vai ter mutação, e aí ele vai se adaptar. Foi um passo além. Agora, será que a mutação ocorre em função da necessidade? É isso que nós vamos discutir.

736. **Aluno14**: Sim.

737. **Professora 1:** É isso que nos vamos discutir. Perfeito, você tá... você tá cometendo um erro mas eu não posso dizer qual é. Mas é perfeito esse seu pensamento, você tá exatamente no caminho pra chegar no pensamento Darwinista. Parabéns.

Transcrição da aula 5 da sequencia – 3º K – 17 de Outubro de 2011

Nessa aula a professora vai apresentar os dados como evidências da seleção natural: a seleção artificial. Para isso, apresentará a atividade prática sobre "Como produzir novas raças de cachorros". Primeiro a professora retoma a aula anterior, relembrando a hipótese que produziram. Depois, explica a atividade prática.

738. **Professora 1**: Segunda-feira foi legal, você lembra o quê que a gente colocou? Os dados dos lagartos, lembra? Das duas ilhas? O quê que aconteceu com os lagartos? Ficaram iguais? A gente levou cinco casaizinhos pra nova ilha, o quê que aconteceu?

9. [...] (alunos respondendo, mas inaudível).

740. **Professora 1:** É sim, a gente viu, a gente discutiu o conceito de evolução, que evolução é uma, é uma...? Você pode falar assim que o país evoluiu esse ano, e evolução em geral significa melhoria. Mas pra biologia, evolução é a transformação de uma espécie ao longo dos anos e a geração de novas espécies. E a pergunta que a gente fez foi: se vocês conheciam o conceito de evolução e a maioria conhece, que é essa modificação de gerar novas espécies, e se já tinha visto ser gerada uma nova espécie, a outra era, se alguém já viu aparecer uma nova espécie nos dias de hoje, e a maioria falou que não. E aí a gente passou um exemplo, de uns lagartos que viviam em uma ilha, lá perto da Croácia, e não viviam em outra ilha, portanto não tinha essa espécie de lagarto. Uns cientistas, em 1971, uma coisa assim, pegaram cinco casaizinhos, macho e fêmea, e levaram pra uma ilha que não tinha lagarto, e visitaram a ilha agora em 2008, o quê que você acha que aconteceu, sobreviveram ou morreram?

741. **Alunos:** Sobreviveram.

742. **Professora 1**: Mais normal é que eles estivessem morrido, porque o habitat é diferente, não tem... podia não ter comida pra eles, podia ter um predador horroroso, uma nova doença, sei lá. A primeira hipótese é sempre que eles tivessem morrido, mas, pra surpresa dos pesquisadores, eles encontraram os lagartinhos lá, e eles viram que eram muito parecidos com os lagartos da ilha um que ainda *tava* vivendo, *tavam* lá, só que tinha modificações importantes, eles tinham uma cabeça bem maior do que os ancestrais deles, que ainda estão vivos nas outras ilhas, e que o intestino tava diferente, tinha desenvolvido uma coisa que é típica de herbívoro, e que eles mudaram, do ponto de vista ecológico, antes eles eram territorialistas, nessa nova ilha eles deixaram de ser territorialistas, e eles... ah?

743. (Aluno pergunta algo...inaudível)

744. **Professora 1:** Então, eles tiveram uma mudança comportamental, que é muito difícil de ter. Porque a parte do comportamento, apesar de eles não vivem em sociedade, mas as relações ecológicas mudar assim em pouco tempo é difícil. Provavelmente, porque a densidade populacional aumentou muito e não tem predador. Então aí, eles tiveram que começar a conviver uns com os outros sem se matar, como

eles faziam lá no, no... primeira ilha. E eles passaram a ser herbívoro, aliás, herbívoros, eles eram mais carnívoros e passaram a ser mais herbívoros nessa outra ilha, porque não tinha os insetos que eles comiam antes. E aí eles, ... a mordedura ficou mais forte, a cabeça ficou maior, justamente pra morder mais. E aí, minha pergunta é, primeiro, as espécies se transformaram? A espécie se transformou ao longo do tempo? Sim? Formou uma nova espécie? Será que sim ou será que não?

745. (Alunos respondem juntos...inaudível).

746. **Professora:** É a mesma espécie?

747. **Aluno 1:** É.

748. **Professora 1**: É? Como que a gente sabe? Como é que a gente sabe se um indivíduo é da mesma espécie que o outro?

749. **Aluno 1:** Quando cruza e...

750. **Professora 1**: Ai, deixa descendentes férteis. Então assim, se a gente largasse os da... os novos lagartinhos junto com os antigos lagartinhos, será que eles ainda se reproduzem? Num ambiente natural, talvez não, porque como os primeiro são territorialistas, pode ser que eles comecem a brigar com aqueles outros, não sei. Pode ser que ainda se reproduzam. Mas se passar daqui a uns trinta anos, se tiver mais modificação, ele crescerem, sei lá, ter outras modificações, pode ser que eles não consigam mais nem se reproduzir. Nem se a gente pegar o óvulo de um o espermatozóide do outro no laboratório e fazer a inseminação, então, tá nascendo uma nova espécie, então é assim que nasce uma nova espécie. Entendeu? Agora, essa transformação... aconteceu um transformação, a gente pode dizer que tá quase... pode ser que esteja surgindo uma nova espécie. E a minha pergunta da outra aula foi, e aí, qual é o mecanismo que faz surgir uma nova espécie? O quê que aconteceu de mecanismo que faz surgir essa modificação ao longo do tempo? E aí, o pessoal discutiu e fez a hipótese, entendeu? O quê que você acha.que é..

751. [...] (inaudível)

752. **Professora 1**: Então, mas aí se você mudar de habitat, você vai mudar? Vai fazer uma nova espécie?

753. **Aluno 1:** Depende, com o passar dos anos você vai se adaptando àquele meio que você vive.

754. **Professora 1:** A maioria falou mais ou menos isso.

(Conversas paralelas – 9:23)

755. **Professora 1:** Então, hoje, a gente vai começar a desvendar o mecanismo que faz

essa transformação, essa geração de uma nova espécie, porque na verdade, e eu deixei todo mundo curioso, isso que você falou, que a maioria falou, é uma coisa que ah... um outro cientista já falou na história da ciência. Então assim, só que tem uma novidade, que não é bem assim, entendeu? Não é bem isso que acontece. Mas hoje vocês vão começar a desvendar os mistérios de como surge uma nova espécie, como ela se modifica, o quê que tem a ver a biodiversidade com tudo isso.

(Conversas paralelas – 10:48)

756. **Professora 1:** Pessoal, falando um pouquinho, retomando um pouquinho, o que que nós fizemos? A gente viu aquela aula de biodiversidade, com as plantinhas. Viu aquela questão dos padrões. Depois nós fizemos uma pergunta, por que que é importante a biodiversidade? Por que é importante ter diferença na mesma espécie? E aí vocês fizeram uma hipótese. E ainda não chegamos a uma conclusão, do por que que isso é importante. Segundo, a gente começou a ver que algumas espécies, evoluem, que a gente tinha dados de evolução, lembra da última aula, segunda-feira, que a gente tava até brincando que era meio uma novela? Vocês viram que pode aparecer uma nova espécie nos dias de hoje? Pode, os lagartinhos, cinco casais foram pra nova ilha, aí aqueles cinco casais novos se modificaram, tiveram modificações no corpo e no comportamento, ainda são da mesma espécie da outra ilha, mas, daqui a alguns anos, pode ser que?.... já não consigam mais se reproduzir, tantas as diferenças que eles passam, lembraram? Tudo bem? E hoje, o que nós vamos fazer? Eu tinha prometido a alguns grupos, a algumas pessoas, que hoje a gente ia começar a desvendar o mistério. E o mistério começa com uma palavra chamada seleção. Pra eu falar de seleção, eu vou falar de seleção artificial. O que é seleção artificial? Vocês já devem... todos vocês conhecem cavalos, cachorros, gatos, essas espécies de animais que são domésticos, vocês sabem nessas espécies de animais tem muitas raças. Sim ou não?

757. **Alunos:** Sim.

758. **Professora 1:** Muitos tipos de raças. No caso de cavalo, tem cavalo que é trotador, tem cavalo que é pra corrida, tem cavalo que pula obstáculos, cada tipo de cavalo tem uma forma de corpo diferente, por isso são de raças diferentes. Gatos: têm muitos tipos de raças. Cachorros, muitos tipos de cachorros. E assim por diante. Tem várias espécies de vários animais que tem muitas raças. Ah... vegetais, quando o ser humano cultiva vegetais, ele também *tá* fazendo um monte de variedade *pro* uso próprio. Por exemplo, vocês todos já viram um couve... aquela couve manteiga que a gente faz pra comer com feijoada? Couve manteiga. Vocês sabiam que é da mesma espécie do brócolis? É a mesma espécie que o brócolis do ninja, é a mesma espécie que aquela couve de Bruxelas, aquela pequenininha que agora começou a aparecer. Todos esses são da mesma espécie. Bom, como é que apareceu... apareceram tantas raças de cachorro, como é que apareceram tantas variedades de vegetais? Foi a natureza que fez? Não, foi o ser humano. Como que o ser humano faz isso? Ele faz uma espécie de seleção, ele faz uma espécie de... ele vai esculpir o animal que ele quer, do jeito que

ele quer. É o que a gente chama de seleção artificial. Eu vou dar um exemplo, se vocês quisessem criar milhos, mas com grãos maiores e mais doces. Se você tivessem com uma plantação de milho, o quê que vocês fazem? Vocês mudam a temperatura, mudam o adubo, etc, e já vai vir milhos mais doces? O que vocês fazem?

759. **Aluno 2**: Fecundar a semente.

760. **Professora 1:** Fecundação in vitro, precisa? Pode ser, mas você vai fecundar o que com o que? Você tem uma área que você quer plantar o melhor milho, você tem dez pés de milhos, aí você quer um...

761. **Alunos**: alterar os genes...os genes...

762. **Professora 1:** Precisa mudar o gene? Não precisa. Os seres humanos faziam isso, ó, há centenas de anos! O que eles fazem?

763. [...] (inaudível)

764. **Professora 1:** Se vocês quisessem um novo milho, uma nova variedade de milho, ah?

765. [...] (inaudível)

766. **Professora 1**: O que eu excluo? Quando vou reproduzir, alguém falou ali em reprodução, acho que você mesmo, né? Se eu fosse reproduzir, eu pegaria dos dez, não tem a variedade ali, de milhos? Quem que eu escolho pra reproduzir? O milho quer for maior e mais doce, pego o maior e o mais doce dos dez, cruzo, com é que vão sair os "filhotes" (professora faz o gesto com os dedos de "entre aspas") dessa planta? Milhos maiores e mais doces. E aí, esses... eles vão ter mais pés de milhos, mais "filhotes". O que eu cruzo de novo? Maiores e mais doces. E assim eu vou fazendo a seleção artificial, e vou tendo uma variedade de milho maior e mais doce. Eu vou fazendo uma espécie... uma nova raça, não tem raça entre planta, tá? Mas eu vou fazendo uma variedade de planta do jeito que eu quero, só com o cruzamento, não precisa nem da engenharia genética pra fazer isso. Os seres humanos descobriram isso há centenas de anos. Eu tenho aqui uma foto de plantas (professora aponta na tela do projetor) usadas na agricultura, todas essas plantas que vocês estão vendo, dá pra enxergar? Pequena essa foto, né? Todas as... frutas que vocês vêem hoje na feira, elas foram sendo moldadas pelo ser humano pelos cruzamentos. Eles querem uma beterraba mais doce, eles fazem o cruzamento de beterrabas mais doces, e assim por diante. No caso de pombos, hoje em dia não se faz mais isso, mas na Inglaterra, há muito tempo, eles eram apaixonados por pombos, e eles faziam todas as variedades que vocês podem imaginar. Inclusive a de pombo correio. O que eles faziam pra ter pombos só branquinhos? O que eles fazem? Selecionam uma característica e cruza. Vai nascer dois pombos branquinhos, um mais pretinho e um mais misturado. O que ele faz na segunda geração, cruza de novo os branquinhos, e assim por diante até que os filhotes sejam só brancos. E se eles quisessem um malhadinho com uma pintinha preta na

cabeça? Tenho que escolher os filhotes que mais se aproximam disso. Se eu mudar o ambiente dele vai nascer a pintinha preta na cabeça dele? Não, eu só vou conseguir fazer isso cruzando com o que já tem. Tudo bem? Nas variedades que já tem. Deu pra entender? Mesmo? Ali eu tenho o gado, vocês sabem... não sei se vocês conhecem, tem várias raças de gado. E hoje em dia, a vaca leiteira que produz muito leite que é a nelore, ela [...], a quantidade de litro de leite de hoje em dia, 2011, é muito maior do que há dez anos precisou... É legal fazer engenharia genética, eu não sou contra, mas precisou fazer engenharia genética pra isso? Não, você vai cruzando, aquelas vacas que dão mais leite. Elas valem, inclusive, muito mais, e aí o óvulo dela o espermatozóide boi que deu os filhotes que dão mais leite têm mais valor no mercado. Tudo bem? Eu seleciono uma característica e faço eles se reproduzirem. Entenderam mais ou menos seleção artificial? Vamos ver outro exemplo. Vamos ver outros. (Professora aponta na tela mais imagens). Aqui, olha só que foto mais assim, eu acho chocante. O milho selvagem encontrado, se tiver ainda milho selvagem em alguma floresta, em alguma região, ele é assim ó, os grãos são minúsculos, pequenos, olha a espiga que pequena, fininha, bem verde. Hoje em dia, essa coisa exuberante, não teve engenharia genética, aí, foi cruzamento. Eles pegavam desses daqui, os primeiros agricultores que plantaram esse milho, eles começaram a escolher as plantas, o milho que fosse maior e eles iam cruzando só os maiores, e iam descartando os que eram muito verdinhos, muito fininhos. E aí as próximas gerações vão sendo do jeito que ele quer. Como é que chama esse nome? Seleção...

767. **Alunos:** artificial.

768. **Professora 1**: Quem faz?

769. **Alunos**: O ser humano.

770. **Professora**: O ser humano. Vou explicar o exemplo da raposa mas... não sei se já explico e eu explico do cachorro. Raposas: esse senhor que tá nessa foto, deixa eu ver se eu tenho a data aqui, que é Dimitri Belyaev, na década de 60, lá na Rússia, ele fez uma experiência, com seleção artificial. Vocês sabem que raposa é um bicho selvagem, ele não é domesticado e eu não sei se vocês sabem que, lembra da história da variedade? Os bichos tem uma distância que eles deixam o homem se aproximar, um ponto de fuga, certo? Alguns são mais dóceis, na ninhada das raposas, alguns vão ser mais dóceis, vão deixar os homem se aproximar um pouquinho mais, e outros são muito agressivos, eles vão embora e são agressivos com ser humano que se aproxima. Esse Dimitri, na década se 60, ele conseguiu fazer em quinze gerações a domesticação das raposas, as raposas vinham comer na mão dele. Ele domesticou as raposas. Como é que ele fez isso?

771. **Alunos:** Cruzando.

772. **Professora:** O quê que ele foi cruzando?

773. **Alunos:** Filhotes.

774. **Professora:** Então, ele tinha lá os filhotinhos, ele pegava os mais carinhosos da primeira geração, cruzou, os outros ele não deixava cruzar, não me perguntem o que eles fez com os outros que eu não sei, não sei se matou, se jogou na natureza, espero que tenha liberado na natureza. Mas enfim, ele pegava então os mais dóceis, cruzava; segunda geração, terceira geração, em quinze gerações, que é mais ou menos rápido, ele já tinha domesticado, tá? Que é difícil ter raposa domesticada. Vocês imaginam com é que foi com o cachorro, de onde veio o cachorro?

775. **Aluna:** Da ...do selvagem.

776. **Professora:** Do selvagem, qual é o selvagem do cachorro? O lobo. Com é que vocês acham que foi a domesticação do lobo?

777. **Aluna:** (resposta inaudível).

778. **Professora:** Então, teve uma mescla aí, eu não vou contar uma parte da verdade, porque senão eu já conto toda a história e não pode. Mas o que aconteceu é o seguinte, os lobos, que se aproximavam das aldeias, provavelmente os lobos se aproximavam das aldeias, e começaram a se aproximar dos lugares onde o ser humano coloca lixo. Tudo bem? E começavam a comer, dos lobos que tivessem o ponto de fuga menor, que deixava o homem se aproximar, e que o homem começava a andar um pouquinho mais perto, começou essa aproximação, e aí o ser humano foi domesticando, foi cruzando só aqueles que fossem mais dóceis, mais carinhosos, que tivessem esse ponto de fuga menor. E aí surgiu o cachorro. Que eu não sei se vocês sabem, mas tem uma discussão danada, lembra que eu falei que tem 26 conceitos de espécies no mundo, os taxonomistas, que são os biólogos que estudam isso, dizem que na verdade o cachorro ainda é da mesma espécie que o lobo, é *Canis lupus*, não é nem *Canis familiaris*, porque quando eu estudei, eu aprendi *Canis familiaris*, cachorro, *Canis lupus*, lobo, não se cruzam, então são de espécies diferentes. Alguns taxonomistas ainda acham que eles são da mesma espécie, outros acham que não. Eu continuo achando que eles são de espécies diferentes. Por causa daquele conceito, se eu largar um lobo com um cachorro na mata, eles naturalmente não vão se cruzar. Se eu pegar o espermatozóide de uma fêmea, lobo, e um macho, cachorro, e tentar no laboratório cruzar, talvez eles procriem e façam descendentes férteis. Talvez. E aí o pessoal começa achar que eles podem ser da mesma espécie, tudo bem? Deu pra entender como é que surgiu o cachorro? Ótimo. O quê mais, os seres humanos podem ser bons selecionadores, né? Os animais também podem? Os animais podem selecionar?

779. **Alunos:** respostas inaudíveis pela classe.

780. **Professora:** Os seres humanos selecionam coisas que ele quer, não é? E os animais, será que eles podem selecionar coisas dos outros seres vivos? Vou deixar essa pergunta para a próxima aula, tá bom? A seguir cenas dos próximos capítulos.

Mas hoje vocês vão fazer uma atividade legal, é mais ou menos divertido! Vocês vão fazer raças de cachorro. Vocês vão ser criadores. Vocês vão criar uma raça de cachorro, nova. Cada grupo vai criar uma. Por isso que a gente tinha dividido em grupos. Eu vou explicar...

781. (Eles ficaram bem agitados...Inaudível)

782. **Professora 1**: Pessoal, eu vou falar uma coisa que assim, eu ia deixar pra depois [inaudível], eu também acho que além do cachorro não ser da mesma espécie que o lobo, se vocês pegarem essas várias raças de cachorro que têm, Poodle com Doberman, Poodle com Pitbull, sei lá, cachorros de tamanhos muito diferentes, a reprodução no ambiente natural é quase impossível porque a cópula é quase impossível pelo tamanho mesmo, o tamanho, principalmente se a fêmea for muito maior que o macho. Eles não conseguem mais copular, mesmo se gente deixar no ambiente um macho e uma fêmea. Então, *tá* quase surgindo uma nova espécie aí. Aí os taxonomistas vão brigar com a gente, mas a gente *tá* do lado do Darwin, ele também acha isso uma besteira. Continuando, ó. Eu trouxe aqui, vocês vão pegar essa apostila, e tem ali a foto daquelas couves, tudo isso daqui, brócolis ninja, couve manteiga, brócolis normal, aquele mais compridinho antigo, couve de Bruxelas, todos esses eram... são a mesma espécie [inaudível]. Só que ela foi tão domesticada pelo ser humano, ele fez tantos cruzamento, que ele conseguiu essa variedade. Tem gosto diferente, textura diferente, folha diferente é o máximo! Você nunca falaria, olhando você fala que não é da mesma espécie. Couve-flor também é, não deu tempo de colocar a foto dela, mas é da mesma espécie, mesma espécie. Vamos lá, então o que vocês vão fazer? Deixa eu voltar aqui, tá ruim isso, só pra gente fechar o conceito, seleção artificial acontece quando as pessoas, o ser humano, escolhem os indivíduos que vão acasalar, baseando-se em características que eles esperam que a cria vai herdar, isso é certeza? Ela vai herdar com certeza? Não, às vezes não parecem com os pais, hein, tem um problema aí! Mas ele tá esperando que a cria vai herdar aquelas características. Isso pode ser também chamando de cruzamento seletivo. Vocês podem ver em livro, ao invés de seleção artificial, vocês podem ver cruzamento seletivo. Para ocorrer essa seleção artificial são necessárias duas variáveis: tempo e a variabilidade. E dois fenômenos: a seleção e a herança. Vou explicar: variação, *pra* eu fazer a seleção artificial, os seres que são filhos lá, dos pais, aqueles seres que nasceram, eles têm que ser iguais ou diferentes?

783. **Alunos:** Diferentes.

784. **Professora:** Diferentes, se eles fossem todos iguais eu ia conseguir escolher alguma coisa?

785. **Aluno:** Não.

786. **Professora:** Eu *tô* começando a responder aquilo que teve em uma das questões que eu respondi pra vocês. O por que era importante a variabilidade dentro de uma

mesma espécie, lembra que eu fiz uma pergunta assim? Então presta a atenção. Se os filhotes, os nossos filhotes, dos animais e das plantas fossem todos iguaizinhos aos pais, daria para selecionar alguma coisa? Não. Então eu preciso de variação, muitas dessas diferenças vocês já sabem, o porquê que tem diferenças nos filhotes? Por causa dos genes, os genes são diferentes, tem lá o DNA do pai e da mãe que se recombinam, lembra disso? E herança, os traços genéticos são levados dos pais e passados aos filhos, eu acho que isso aí vocês sabem tranquilamente. Seleção, na seleção artificial indivíduos com características favoráveis, ao que eu quero, são colocados pra reproduzir na esperança que essas características sejam transmitidas. E o tempo? Gente, a raposa foi domesticada em quantas gerações?

787. **Alunos:** quinze.

788. **Professora 1:** Quinze. Quanto mais o animal é complexo, mais tempo demora pra gente conseguir fazer isso. Tudo bem? O cachorro, não se tem notícia de quanto tempo demorou pra domesticar, mas com certeza não foi na segunda geração, deve ter demorado aí umas trinta gerações. Do lobo ir pro cachorro. Tudo bem? Aí, ah!. O que vocês vão fazer, eu trouxe na apostila de vocês vai ter esse exemplo. Só pra mostrar, sabe o fila brasileiro, o fila brasileiro ele tem, existem 400 raças diferentes de cães, todas foram geradas, foram feitas, pelo ser humano e o fila brasileiro vem desse cachorro aqui, que se chama [...] (inaud[ivel), não sei a origem dele, mas os brasileiros que trouxeram esse cachorro aqui, foram cruzando os filhotes até surgir o fila. O fila brasileiro é uma raça criada no Brasil. Uma das poucas, a maioria veio lá do exterior. Agora, presta atenção: um exercício antes de vocês fazerem a raça de cachorro de vocês. Se vocês quisessem fazer uma raça de cachorro nova, que afugentasse urso, vocês conhecessem só essas três raças (professora mostra na apostila e os alunos seguem na tela). Vocês têm só esses três, esse com orelha pontuda, olho verde, pelagem curta e latido medianamente alto, esse tem orelha caída, olhos azuis, pelagem longa e latido mais ou menos alto, orelhas caídas, olhos azuis pelagem longa, e latido alto. Qual vocês começariam pra fazer o cruzamento pra afugentar o urso. O de orelha pontuda influi em alguma coisa?

789. **Alunos:** Sim.

790. **Professora 1**: Por quê? No urso vai dar medo se a orelha tá pra cima ou tá pra baixo?

791. **Alunos:** (tentam responder...inaudível).

792. **Professora:** Acho que não. Olhos verdes ou olhos azuis vai influenciar alguma coisa?

793. **Aluna 3:** Também não.

794. **Professora 1:** Não. Pelagem longa ou pelagem curta? Talvez a longa dê uma aparência um pouco maior, talvez a pelagem aí possa ser importante. Talvez. E

também proteja mais de atrito, a hora que o cachorro tem que fugir do lobo, ele consegue esbarrando nas árvores talvez ele seja mais protegido. Mas qual que é a característica mais importante?

795. **Alunos:** Latido.

796. **Professora 1**: O latido. Então o que vocês cruzariam daí?

797. **Aluno 2**: O segundo e o terceiro.

798. **Professora 1:** O segundo e o terceiro, ou todos? Ou escolheria um?

799. **Alunos:** (respondem juntos...inaudível...)

800. **Professora 1:** É? Vocês não pegariam os machos e fêmeas só desse? Por que vocês têm que cruzar esse com esse?

801. [inaudível]

802. **Professora 1:** Muita gente, é... acaba achando que precisa pegar duas raças diferentes, pra eu pegar duas raças diferentes, vamos supor que a... sei lá que... é que esses dois são iguais, né? A não só o latido é que tá diferente. Mas se tivesse uma outra característica que precisasse pra afugentar, por exemplo, o tamanho. Se esse daqui fosse maior, bem maior do que esse daqui. Aí eu precisaria pegar um macho desse com uma fêmea desse, ou vice-versa, não importa se é macho ou se é fêmea, tá? Aí os filhotes deles tenderiam a ser mais altos e com latido mais alto também. Aí eu precisaria pegar dois. Aqui a gente precisa pegar duas raças? Eu pegaria só aquele e ia selecionando o que têm latido cada vez mais alto. Deu pra entender turma? Então vamos lá. Vamos pro exercício, se não, não vai dar tempo, né? Tem cinco minutos. Olha, deixa eu mostrar o que que vocês vão fazer. Posso só mostrar aí você faz. Não vão levar pra casa, a gente continua, é rapidinho. Vocês vão imaginar que vocês têm uma empresa, e vocês foram contratados pra criar uma nova raça de cachorro. Cada grupo é uma empresa, um cientista, um grupo de cientistas foi na empresa de vocês e falou assim: olha eu quero uma raça de cachorro que seja capaz de dizer quando tem aves aquáticas, sabe gansos e cisnes, eu preciso de um cachorro que avise onde tá o ganso e cisne no lugar, e que faça com que esse ganso e cisne fiquem encurralados num lugar até um cientista chegar. O cientista, ele quer pegar esse ganso e cisne vivo, e não morto, não é pra avançar. É pra estudar as características pra depois soltar na natureza de novo. Então, qual que é o trabalho do grupo de vocês, as raças que vocês já têm no criadouro de vocês são essas daqui ó, A, B, C, D, E e F. Vocês só tem essas, na página três. Aí vocês vão conversar em grupo e selecionar as características que vocês acham que são mais importantes pra atender o pedido do cientista, um cachorro que não mate as aves, ele não pode ser muito agressivo, elas são super assustadiças, elas se assustam facilmente, então o latido também não pode ser muito alto, e ah... mais que ao mesmo tempo consiga ver onde está a ave, mostre e deixe ela lá paradinha, cercada. Tudo bem? Então, vocês vão escolher as características que vocês

acham que são mais importantes, e vão colocar aqui em baixo qual é o macho e qual é a fêmea que vocês usariam das raças que vocês têm, que são aquelas seis da página três, são essas raças aqui. Essas raças são inventadas, elas não existem, tá? Quando vocês escolherem o macho e fêmea, eu vou dar uma moedinha *pro* grupo, vocês vão fazer um acasalamento do macho e da fêmea de cada raça. E aí, com o cara e coroa, vocês vão decidir se a característica vem do pai ou da mãe. Vocês entenderam por quê? Por exemplo, se vocês acasalaram um cachorro que tem um faro super bom, que é o macho, com a fêmea que tem o faro mais ou menos, qual é a característica que vai pro filhote? Pode ser de um pode ser do outro, como é que vocês vão decidir: cara e coroa, vocês vão ter três filhotinhos na primeira geração, tudo bem? E aí vocês colocam aqui macho ou fêmea e qual característica tem. Entenderam né? Bom trabalho!

Transcrição da aula 6 da sequencia – 3º K – 26 de Outubro de 2011

Nessa penúltima aula da sequência os alunos começam a fazer uma síntese, a partir do fechamento da professora. Depois da apresentação pela professora, em PowerPoint, eles reúnem-se em grupos para responder, depois das discussões, suas apostilas.

03. **Professora 1**: A gente vai fazer hoje algumas questões sobre evolução, em conjunto, em equipe, em grupo. E ai antes de passar a apostila pra vocês, eu vou retomar algumas idéias que a gente teve na segunda-feira. Então, a professora M. vai entregar algumas apostilas daqui a pouquinho, é uma por grupo desta vez, daí eu queria que vocês lessem e discutissem as questões e vocês fazem um consenso o que o grupo acha, pra elaborar uma resposta por grupo. Vocês vão entregar esta apostila ainda hoje, e o que, vai acontecer, nós vamos recolher esta apostila e ver quais são as principais colocações que vocês fizeram, o que você entenderam e o que não entenderam. Quando a gente recolher isso vamos olhar o que vocês responderam, pra depois mostrar em que pontos vocês poderiam melhorar, *tá*? E na outra semana vocês vão fazer a apostila individual. Não sei como a M. vai fazer, mas isso vai entrar na nota de vocês então preste atenção na aula de hoje, *ta* bom?

04. **Alunos:** Como?

05. **Professora 1**: Pessoal, eu nem sei se faço prova esse bimestre, porque nós vamos ter que nos estender um pouquinho em cima deste assunto. Essa avaliação de hoje e essa outra avaliação já vão entrar para a nota. Aí talvez eu faça uma prova que vale dez. Eu vou conversar com vocês sobre o que é cada questão, pra facilitar o trabalho, tá? São estas as questões que vocês vão ter que responder hoje em conjunto. A primeira é fácil, vocês já fizeram na primeira aula que a gente teve da sequência. Vocês acreditam que aparecem novas espécies, nos dias, atuais no nosso planeta? É sim ou não. Ai vê o que o grupo acha, se a maioria acha que sim, acha que não, e responde. Durante as últimas aulas, você viu e ouviu falar da possibilidade de surgimento de novas espécies em nosso planeta, explique como que você acha que isso ocorre. A gente falou que surgem novas espécies, eu quero saber como, qual é o mecanismo? Que poderia fazer surgir novas espécies. Vocês lembram que esta questão já tinha em uma apostila, como agente já viu um monte de teoria, eu espero que vocês consigam melhorar esta resposta, qual é o mecanismo que faria surgir uma nova espécie? Vocês estão lembrados? Então tá. Se você não tiver nenhuma idéia de como isto ocorre, lá naquela individual, vocês vão deixar em branco, tá? Se você respondeu não na questão 1, se vocês acham que não existem, não surgem novas espécies ai vocês respondem com xizinho a, b ou c, isso é fácil. Como você acha que surgiu a biodiversidade? Como vocês acham que surgiram as diferentes espécies em nosso planeta? Qual é o mecanismo que fez com que aparecessem todas as milhões de espécies que existem hoje em dia? Tudo bem? Em grupo. Depois, parte 2 está retomando aquela aula prática, lembra desse vasinho, eu fiz da foto que vocês tiveram com estas flores, então estou perguntando

aqui, que tipo de vantagens ou desvantagens você acha que a variedade intraespecífica, você lembram o que é variedade intraespecífica? Aqui tem variedade intraespecífica? Tem, por que eu tenho a mesma espécie, e elas são muito diferentes. [...] Poderia trazer para vida de nosso planeta, qual é a vantagem de ter essa variedade dentro desta mesma espécie, ai vai ter lá as linhas para vocês responderem, na aula de biodiversidade você observa.., você observou as flores no vaso conforme essa figura, vimos que o padrão que existe nas populações entre os indivíduos é a variedade não a igualdade, que tipo de dados você observou? Pra justificar essa afirmação. Qual é o padrão que existe nas populações? Variedade ou igualdade? Variedade. O que você viu alí que é um dado, *pra* falar ... realmente existe variedade? Quais são os dados que você estão vendo aqui para afirmar que elas são diferentes? Tamanho, cor, forma, cheiro, sei lá, *tá*? Que tipo de vantagem ou desvantagens, a gente já viu, desculpa. Na aula prática, a nesta daqui, talvez vocês não saibam, então presta atenção nesta questão. Você conseguem enxergar daí de longe? Eu vou ler tá? Na aula prática que tivemos sobre seleção artificial, vocês lembram da aula dos cachorros?

06. **Alunos:** Sim

07. **Professora 1**: tá. Concluímos que os seres humanos escolhem as rosas mais bonitas e perfumadas, os maiores girassóis, o milho mais saboroso, estimulando a reprodução dos indivíduos que possui características mais interessantes pro ser humano. Vamos retomar o que era seleção artificial. Se eu quiser um milho mais gostoso, o que eu tenho que fazer com os indivíduos? Eu pego os mais bonitos daquela população, e cruzo, e ai os descendentes devem ter as populações dos mais bonitos, dos mais gostosos, e etc, e vou fazendo os cruzamentos. Tudo bem? Isto é seleção artificial. Com isso, preservam-se os genes que produzem as características mais atrativas. Quando tem um milho mais gostoso, mais saboroso, o que tá ativo ali são os genes, vocês lembram o quê que é gene? Material genético, DNA, então pra ele ser mais atrativo mais gostoso, o gene dele que tá melhor. Tudo bem ou não? A genialidade de Darwin foi perceber que a natureza poderia desempenhar o papel de agente seletor, o ser humano escolhe as melhores características, a natureza pode escolher as melhores características de uma população?

08. **Alunos:** Pode.

09. **Professora 1**: Pode, como? Me dá um exemplo. Uma população de girassóis, ou de milho, qual poderia ser uma característica que a natureza escolhe? O mais saboroso. O que seria? O mais resistente a praga pode sobreviver mais? Pode. Oi?

10. **Aluno ?**: O que for melhor pra ela.

11. **Professora 1:** O que for... Mas o que é melhor para a natureza? No caso do milho...

12. **Aluna:** o mais resistente.

13. **Professora 1**: O mais resistente à praga, e o que vai acontecendo, os novos milhos, os novos indivíduos vão sendo mais resistentes. Que está selecionando ai é a... natureza, e não o ser humano. Aí a gente fala em seleção...

14. **Alunos** em uníssono: Natural

15. **Professora 1**: Aí, perfeito. Os seres humanos já conheciam a seleção artificial muito antes de Darwin, mas foi ele quem se deu conta de que a seleção pode ser feita automaticamente, pela sobrevivência, somente quem sobrevive se reproduz e transmite seus genes para a próxima geração. Elabore uma forma de utilizar a seleção artificial para obter uma raça de cachorros de pelos brancos, e uma forma de seleção natural para a mesma característica, não entenderam esta, né? O grupo vai fazer um exercício pra mim, vai falar assim: se vocês quisessem criar uma nova raça de cachorro de pelos branquinhos, como é que vocês teriam que fazer? *Facinho*. Essa é *facinho*. Se fosse pela seleção natural, o que a natureza teria que fazer para obter estes cachorros de pelos branco? A natureza. Como que teria que ser a história, fala!

16. **Aluno:** [...] (inaudível)

17. **Professora 1**: Onde que isto aconteceria de pelo branco?

18. **Aluno ?:** Na neve.

19. **Professora 1**: Na neve, perfeito. Daí, ia selecionando pelos predadores, deu para entender? Vocês vão criar uma história, mais ou menos assim, tá? Você ouviu a história dos lagartos [...] cujas populações se modificam em algumas décadas. E isto pode acontecer com mais diferentes espécies do planeta, qual é o mecanismo que faz isto acontecer com as espécies? Questões sobre os Lebistes, eu preciso explicar, se não, não vai dar. Gente, para ver se vocês entenderam mesmo evolução e seleção natural. A gente trouxe outra atividade. Vocês já, *tá* meio fora de foco, na apostila esta um pouco melhor, vocês já viram estes peixinhos? Em aquário, ele é mais ou menos conhecido. Eles se chamam Lebistes, e eu não sei se dá para vocês verem, tem dois aqui que são meio pardos, de uma cor só. E esse, esse e esse daqui atrás, e este que são coloridos e tem manchinhas, *tá* dando pra ver? Então eu tenho quatro coloridos manchadinhos, e dois com a mesma cor, parecem pardos. Esses dois são fêmeas, elas não são coloridas, e estes quatro são machos, os machos nessa espécie são mais atrativos do que as fêmeas. Hamm, eles vivem na água doce. O que foi feito? Um pesquisador, ele foi fazer uma pesquisa nos rios onde tem este peixe, e ele descobriu uma coisa muito interessante, quando ele navegou lá nos rios, é lá de um lugar chamando Trinidade, ele percebeu que na população de Lebistes, tinha lugar que os lebistes eram mais coloridos, mais manchados, e tinha lugar que os Lebistes machos eram menos manchados, menos coloridos. Lembra da

variabilidade intraespecífica? Então, algumas populações eram diferentes da outra, são da mesma espécie, tá. Em algumas populações, o pesquisador se chama Andler, *tá*, ele é americano, ele é biólogo. Ai, o que ele fez? Ele falou assim, quanto mais coloridos mais as fêmeas são atraídas para se acasalar, quanto mais colorido, mais a fêmea se atrai para se acasalar, com o macho. Portanto, a característica do mancho colorido vai passando para as gerações seguintes, a fêmea tá selecionando machos coloridos, concordam ou não? Ok, acontece que em outras áreas dos rios os machos mais pardacentos, pouco coloridos, embora ainda mais coloridos que as fêmeas, ambos ficavam bem camuflados no fundo do mar, no fundo do mar não, do rio, onde tinha as pedrinhas. Sabe estas machinhas que eles têm? Fazem eles ficarem mais ou menos camuflados nas pedrinhas dos rios. E ai o que aconteceu, no rio, no rio onde tinha mais predação, onde tinha mais predadores, os machos eram menos vistosos, nos rios onde tinha menos predação os machos eram mais vistosos? Ham, qual é a melhor explicação para as diferença encontrados entre os machos da mesma espécie. E aí eu fiz alternativa, *xizinho*, no a e na b você discutem, tá? Eu só vou explicar esse gráfico e vou deixar vocês trabalhando sozinhos. O mesmo. Como no gráfico não sei se vocês vão bem, então a gente vai estudar juntos o gráfico, para depois vocês responderem a questão.

20. **Aluna:** Odeio gráfico (risos de outros alunos).

21. **Professora 1**: Esse Andler, fez uma experiência, uma das, uma das experiências com seleção natural e com evolução foi feita por esse Andler, com esses peixinhos. O que o Andler fez? Ele pegou alguns tanques de água doce, trouxe os lebistes daquele rio de Trinidade, trouxe *pros* tanques, e colocou um monte de lebistes lá. Quando ele colocou os lebistes nestes tanques, ele contou quantas machinhas tinha nos lebistes machos, contou quantas machinhas tinha. No momento zero, a hora que ele colocou os lebistes lá, ele viu que a maioria tinha 10 manchinhas. Tudo bem? Deixou os lebistes lá sozinhos, isso aqui são meses, deixou lá sozinho durante?... Durante?... Quantos meses está aqui?

22. **Alunos:** 6 meses

23. **Professora 1**: 6 meses, ok. Nesse tempo ele pegou a primeira amostra de lebistes e contou quantas machinhas tinha, quantas machinhas tinha depois de 6 meses?

24. **Alunos**: 12.

25. **Professora 1:** 12 manchinhas, eles tinha se reproduzido e o número de manchinhas dos machos aumentou. Concordam ou não?

26. **Alunos:** Sim

27. **Professora 1:** Vocês já tem uma explicação para isso? As fêmeas começaram a... selecionar os machos, só que nesse momento ele dividiu os peixes em três

tanques. O A, o B e o C. O A ele não colocou nenhum predador, deixou do jeito que *tava*. No B, ele colocou um peixe grandão, mas que não era predador do *lebistes*, ele não comia lebistes, tinha um outro peixe. E no C ele colocou um grande predador de lebistes, que comia o lebistes. O que aconteceu depois de doze meses? O do C diminuiu muito as manchas ficou quase como lá no início, e o do A e do B? Aumentou ainda mais, por que será? É isso que vocês vão discutir nos grupos, tá? Eu não vou falar mais, mas qualquer dúvida vocês me perguntem. Tá bom?

28. **Alunos:** *Tá.*

29. **Professora 1:** presta a atenção classe. Como vocês viram na primeira aula, esse material tem que acabar hoje, a pesquisadora tem que ir embora hoje, são doze minutos, eu falei com a professora N, batendo o sinal, vocês subam para a sala de vocês ela vai dar 15 minutos da aula dela para vocês terminarem.

A professora aguarda para que os alunos se organizem em grupos.

Grupo I – 3ª K

. **Aluna** 1: Com a mudança do habitat , não é?

. **Aluno 2:** A necessidade de alimentação.

. **Aluno 6:** E adaptação.

. **Aluna 1:** Isso. Com a mudança de habitat a necessidade, a necessidade...

Grupo II – 3ª K:

834. **Aluna:** É melhor. Tá e aí?

835. **Aluno1**: E aí?

836. **Aluna1:** Alguém lê a questão mais alto.

837. **Aluno1:** Sim. A primeira é “sim”.

838. **Aluna1:** É coloca “sim” aí. {não entendi}

839. **Aluno1**: É... {não entendi}. Tem que justificar?

840. **Aluna 1**: Tem que justificar.

841. **Aluno1:** A cara, eu não lembro. Não sei.

842. **Aluno2**: Vai. Vai. Qual é a pergunta dois aí... {não entendi}.

843. **Aluno 1**: Dois.

844. **Aluno2**: Lê alto.

845. **Aluna 1:** Leia!

846. **Aluno 2**: Natural. Coloca aí "vias naturais"

847. **Aluno 1:** (Continua lendo a 2ª questão a partir de 'Se você não tiver...')

848. [...] (inaudível)

849. **Aluna 1:** É.

850. **Aluno:** Terminei.

851. **Aluno 1**: Quatro. Você acha que surgiu a biodiversidade no nosso planeta?

852. **Aluna 1:** Como? Como você acha que surgiu a biodiversidade no nosso planeta?

{Risos}

853. **Aluno:** Dá a resposta aí. O que você está falando?

854. **Aluno 2**: ...No nosso planeta é artificial, mas... (inaudível).

855. **Aluna 1**: Não. É natural. O artificial quem faz é o homem.

856. **Aluno:** ... Bota aí...(inaudível) tem natural e...

857. **Aluno 2:** ... Surgiram pois... [...] (inaudível) seleção natural...

858. **Aluna 1**: ... Contribuído.

859. **Aluno 1:** Vai logo. Escreve aí logo, meu.

860. **Aluno**: Será que é isso?

{Risos}

861. (Alunos conversam sobre outros assuntos)

862. **Aluno**: Que dia que vai ser?

863. {Mais conversas paralelas}

864. **Aluno:** Natural e...

865. **Aluna 1:** Artificial quem faz é o homem, não é?

866. **Aluno**: Mas é o homem.

867. **Aluna 1:** Artificial é o homem.

868. **Aluno:** Provavelmente.

869. **Aluna 1**: Colocou?

(questão 2)

870. **Aluno:** ... quando ele está tirando lá...

871. **Aluna 1:** É mesmo?

872. **Aluno 1:** ... também pode ocorrer seleção artificial causada pelo homem.

{Alunos conversam sobre outros assuntos}

873. **Aluno 2**: Ahh. É aquelas coisas: tamanho, cor...

{Os outros do grupo falam mais coisas}

874. **Aluno 2:** Vimos a variedade...

875. **Aluno:** Então escreve.

876. **Aluna 1**: É só falar... mais pouco dessas coisas.

877. **Aluno 2**: Vimos a variedade...

878. **Aluna 1**: Você já falou.

879. **Aluno 2:** Não é... é o seguinte, vimos a variedade, ... não, ... é a cor, o tamanho, hãn..

880. **Aluno 1:** Tamanho, cor.

881. **Professora 1**: Está indo ou está parado?

882. **Aluno:** Está indo.

883. **Professora 1:** Está indo. Estão conseguindo ir bem?

884. **Aluna 1:** Hã-hã.

885. **Professora 1**: Vocês estão mais animados hoje? Estão mais animados do que da última vez.?

886. **Aluno 2:** É....É que estou cansado.

887. **Aluno 1**: Todo dia tenho que trabalhar.

888. {Risos}

889. **Aluno 2:** É por tamanho, ...

890. **Aluna 1**: Cor, folhagem e etc.

891. **Aluna 1:** {Lendo a 6ª questão}.

892. **Aluna 1**: Vamos logo.

893. **Aluno**: Vamos lá.

894. **Aluno 1:** Que tipo de vantagens...

895. **Aluno 2**: Hã?

896. **Alunos 1:** {Aluno lê a 6ª questão para o grupo omitindo o que está escrito entre parênteses}

897. **Aluna 1:** ... Cadeia alimentar, né?

898. **Aluno:** Cadeia alimentar?

899. **Aluna 1:** É...

900. **Aluno 2: É** que as variedades podem trazer novas variedades.

{Risos}

901. **Aluno:** Falta quanto para acabar?

902. **Aluno 2**: São doze.

903. **Aluna 1:** E aí?

{Alunos conversam outros assuntos}

904. **Aluno 2**: Vai, vai. A próxima.

905. **Aluno 1:** {Aluno lê a 7ª questão para o grupo}. Natural é... Natural e artificial para pelos brancos.

906. **Aluno 2:** Calma aí, calma aí. Natural é que nem ela falou, é o cachorro lá na neve.

907. **Aluna 1**: É.

908. **Aluno 1**: O cachorro na neve, mas por quê?

909. **Aluno:** Hã?

910. **Aluno 1**: Por que neve?

911. **Aluno 2**: É.

912. **Aluno 1:** Neve? Camuflagem. Imagine você de branco na neve.

{Risos}

913. **Aluno 1:** Para você pegar um presa... Imagine um cachorro branco na neve ele pega a presa bem mais fácil. Ele pega e HURAU {onomatopeia de um cachorro dando o bote}.

914. **Aluna 2**: Bom.

915. **Aluno 1:** ... eles estão na neve e se camuflam.

{Alunos conversam sobre a questão, inaudível}.

916. **Aluno:** Vamos lá. Seleção natural...

917. **Aluno:** Então..., vamos colocar.

918. **Aluna 1**: Não vamos perder tempo.

919. **Aluno**: Calma aí.

920. **Aluno 1:** Na neve os cachorros se camuflam para...

921. **Aluno:** ... predadores.

922. **Aluno 1**: *Pera, pera, pera*. {Um outro aluno para falar a resposta}

923. **Aluno 1:** Vai, vai. Trinta e quatro minutos que a gente já está...

{Alunos discutem, mas não dá para entender}.

924. **Aluno 1:** Escapar dos predadores. Só?

925. **Aluno**: Só.

926. **Aluno:** Também pode... pode pegar presas, é...

927. **Aluno 1:** É só complemento.

928. **Aluno:** ..cadeia alimentar.

{Conversa paralela entre os alunos}

929. **Aluno:** Seleção artificial.

930. **Aluno 1**: A artificial?

931. **Aluno:** Não é a que vai pegando os branquinhos e separando... {não entendi}

932. **Aluno 1:** ... é feito pelo homem.

Alunos conversam sobre algo}

933. **Aluno:** Você entendeu ou não?

934. **Aluno 1:** Não é natural, é artificial, tá.

{Aluno conversam sobre a questão, inaudível}

935. **Aluno 1:** ... é que ela vai afastando.

936. **Aluno:** ... é que eles vão crescendo e a pele esticando, aí a pinta vai também.

937. **Aluno 1:** Se você fazer uma pinta aqui, depois ela vai estar aqui, oh. É...

938. **Aluno:** Você não sabia disso?

939. **Aluno 1**: Aí ele vai esticando. Calma aí... {não entendi} ele vai aumentando.

940. **Aluno**: Ele vai esticando a pele, não a pinta.

{Risos}

941. **Aluno 1:** A nova pele vai andando então?

{Alunos conversam sobre outros assuntos}

942. **Aluno:** Vamos para a próxima questão, vai.

943. **Aluno 1:** {Aluno lê a 8ª questão omitindo o que está entre parênteses}

944. **Aluno:** Não, não há...

945. **Aluno 1:** Pode criar, só que... *Peraí*. Tipo... Uma aranha(?) vem para cá, essa aranha(?) vem para cá. Essa aranha pode ... [...] (inaudível).

946. **Aluno**: A tá. É verdade.

947. **Aluno 1:** Elas são da mesma espécie. Um vem para este lado do rio outra vem para o outro. Esta vai virar uma nova espécie esta vai virar outra...

948. **Aluno**: Muito tempo de habitação.

949. **Aluno**: É. Outro local.

950. **Aluno 1**: Muda o local.

951. **Aluno**: É. Eles vão mudar totalmente de vida, de tipo de vida...

952. **Aluno:** É verdade.

953. **Aluno 1:** Entendeu agora?

954. **Aluno:** É verdade, é verdade.

955. **Alunos 1**: Só as ideias.

956. **Aluno:** Vamos desenhar aí(?).

957. **Aluno 1:** Vai, me dita por favor.

958. **Aluno:** ... uma, ela forma uma... [...] como é que fala?

959. **Aluno 1**: Qual o mecanismo responsável... .

960. **Aluno:** A mudança...

{Risos}

{Conversas paralelas}

{Barulhos na sala. O grupo não se manifesta por algum tempo}

961. **Aluno:** A 9 é a (a).

{Alunos conversam sobre outros assuntos}

962. **Aluna 1:** É a (a)?

963. **Aluno**: Vamos lá. Tem mais questões e vocês ficam falando aí.

964. **Aluno 1:** Veja a imagem. É essa a imagem.

965. **Aluno**: É mesmo?

966. **Aluna 1**: Lê a pergunta.

967. **Aluno 1**: {Aluno lê apenas as alternativas: primeiro a (a) depois a (b)}

968. **Aluno:** Eu acho que é a (b).

969. **Aluno 1**: Pergunta: ...{não entendi} onde a predação era fraca?

970. **Aluno:** Os machos tinham as cores mais vivas, com manchas maiores, mais brilhantes e numerosas.

971. **Aluno 1**: Qual é a melhor explicação para diferenças encontradas entre os machos da mesma espécie?

972. **Aluno**: É a (b).

973. **Aluna 1**: Tem certeza?

974. **Aluno:** Eu acho que é.

975. **Aluno:** Eu acho que está errado.

976. **Aluno:** Ooh professora...

977. **Aluno 1**: (a) ou (b)?

978. **Aluno:** Foram...

979. **Aluna 1**: É o (a), hein!

980. **Aluna 1:** {Ela lê a 10ª questão para o grupo}. Nossa!

{Alunos comentam a questão - inaudível}

981. **Aluno:** Tinha um que, é...

982. **Aluna 1:** Tem que bolar uma história. Calma aí.

{Barulho na sala}

983. **Aluna 1**: ... um lugar com machos coloridos e um... lugar que tem machos

pardacentos.

984. **Aluno:** O que tinha machos coloridos não tinha predadores e... o que tinha... machos não coloridos tinha predadores.

985. **Aluna 1:** É coloca isso!

986. **Aluno 1:** Repete.

987. **Aluna 1**: É... coloca tipo assim.

988. **Aluno:** O local onde havia machos coloridos... não havia predadores, que é óbvio, não é. O outro local que tinha um monte de predadores...

989. **Aluna 1:** É.

990. **Aluno 1:** Aqui óóh?

991. **Aluno:** ...local onde havia predadores. Primeiro havia. Segundo não havia.

992. **Aluno 1**: Calma aí.

993. **Aluno:** Não havia.

994. **Aluno 1:** Aqui óóh. Local onde havia...

995. **Aluna:** Não havia.

996. **Aluno 1**: Machos coloridos...

997. **Aluno:** O outro local que havia predadores...

998. **Aluno 1:** E no outro local...

999. **Aluno:** Havia predadores

1000. **Aluno 1:** Os peixes eram que cor?

1001. **Aluno**: Peixe não tinha... hã... não eram coloridos.

1002. **Aluna 1:** Para camuflagem.

1003. **Aluno:** Não eram coloridos.

(Professora fala com os alunos sobre o tempo)

1004. **Aluna 1:** E o A? Alguém lembra do A?

1005. **Aluno:** O que?

1006. **Aluna 1:** No tanque A o que foi que ela colocou?

1007. **Aluno:** O que?

1008. **Aluna 1:** No tanque B ela não colou predador.

1009. **Aluno 1:** Lógico que ela colocou.

1010. **Aluna 1**: Ela colocou...

1011. **Aluno**: No A e... no B ela colocou também.

1012. **Aluna 1:** No A ela não colocou nada e no B ela colocou um peixe, mas ele não era predador do... peixinho.

1013. **Aluno:** Ah é.

1014. {Alunos conversam sobre a questão, mas não dá para entender}

1015. **Aluno:** Aguenta aí.

1016. **Aluna 1**: Calma aí, calma aí.

1017. **Aluno 1:** Na A ela colocou o quê?

1018. **Aluna 1:** Colocou nada no A. Eles estavam em fase de acasalamento(?) {não entendi se era 'acasalamento' ou 'isolamento'}. Aí na B também, só que ele colocou um peixe grande, mas não era o predador do peixe pequeno.

1019. **Aluno 1**: Tinha predador no A, não é?

1020. **Aluno**: *Peraí*.

1021. **Aluna 1**: O C diminui.

1022. **Aluno**: Coloca aí, coloca aí, coloca aí.

1023. **Aluna 1:** Diminuiu...

1024. **Aluno 1**: O que você falou?

1025. **Alunas 1:** Falei que as manchas do C diminuiu por causa dos predadores.

1026. Aluno 1: É.

{Alunos continuam discutindo a questão do lebistes, mas parece que já foram para a

12ª}

1027. **Aluna 1**: É aquilo que eu falei. No A e no B continuam as manchas, porque não tinha...

1028. **{Professora**(?) dá um recado geral para a sala}

1029. **Aluna1:** Então, na A e na B teve o aumento das manchas.

1030. **Aluno:** Olha aqui óóh.

1031. **Aluna 1**: Na A e na B teve um aumento nas manchas. E na C...

1032. **Aluno 1: {**Fala alguma coisa referente à resposta, mas não deu para entender}.

1033. **Aluna 1**: ... Do, porque tinha predador {não entendi}... dos predadores. No A,... no A, no tanque. Coloca ponto final. No tanque ponto final. Ah eu vou continuar. Usaram este mecanismo...

1034. **Aluno 1**: O quê?

1035. **Aluna 1:** Usaram este mecanismo para camuflagem. Ponto final, acabou. Fizemos tudo? O que é isso?

1036. **Aluno 1**: Tem outra questão.

1037. **Aluna 1**: São 12. Eram 12 questões.

{Alunos perguntam à professora se é para fazer a questão 13}.

1038. **Aluno:** Vai vamos.

1039. **Aluna 1:** {Aluna lê a questão ao grupo}. Aí é aquela questão lá do... Lembra que ela ...da folha e da abelha? É do mesmo jeito.

1040. **Aluno: {**comenta algo sobre o que a aluna disse}

1041. **Aluna 1:** Eu falei duas vezes já ... da abelha e da flor que... a abelha polinizava a flor que tinha mais néctar.

1042. **Aluno: Ah**, responde a 13 aí.

{Alunos conversam entre si outros assuntos}.

1043. **Aluno:** Respondeu a coisa direito?

{Barulho na sala}.