UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

TATIANA TAVARES DA SILVA

Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar
a compreensão da teoria evolutiva

São Paulo
2013

TATIANA TAVARES DA SILVA

Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar
a compreensão da teoria evolutiva

São Paulo

2013

TATIANA TAVARES DA SILVA

Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a
compreensão da teoria evolutiva

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação Interunidades em Ensino de
Ciências da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Mestre em Ensino de
Ciências

Área de concentração:
Ensino de Biologia

Orientadora: Prof. Dra.
Maria Elice Brzezinski Prestes

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.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Silva, Tatiana Tavares da

Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva. – São Paulo, 2013.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Unitermos: 1. Biologia - História; 2. Ciência - Ensino; 3. Darwinismo; 4. Evolução; 5. Replicação de Experimentos Históricos.

USP/IF/SBI-081/2013

Nome: SILVA, Tatiana Tavares da

Título: Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

*Aos meus pais, Etelvina e Nelson,
que apesar de nem sempre me compreenderem, me
apoiam bastante nesta caminhada.*

*À minha orientadora Maria Elice Brzezinski Prestes,
por sábias atitudes, valiosas contribuições e amizade.*

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação teve a colaboração de muitas pessoas, de diferentes formas, pois um trabalho científico nunca é solitário.

Agradeço:

Aos meus pais, Etelvina Maria dos Santos Silva e Nelson José Tavares da Silva pelo apoio recebido e por tentar entender as minhas ausências devido ao mestrado. Ao meu irmão Thiago Tavares da Silva e Renata Antunes, por estarem sempre presentes.

A todos os meus familiares (não vou citar para não esquecer ninguém) que me incentivaram a continuar pesquisando.

À Prof. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes por ter sido efetivamente orientadora, amiga e “mãe” acadêmica.

Aos que tornaram possível a aplicação deste trabalho: todos os alunos dos segundos anos em 2012 da Escola da Vila. À diretora da Escola da Vila, Sônia Maria Barreira. À professora Luciana Valéria Nogueira (Lua) e a auxiliar de classe Bruna Rodrigues Ferreira. À equipe do laboratório da Escola da Vila, Cristina dos Santos Silva e Tatiane Braga Afonso. À equipe de informática, Ricardo Luz, Diógenes Matos e Fernando Camargo.

Aos amigos e colegas do Grupo dos Seminários de História da Biologia e Ensino: Alan F. Dantas, Eduardo Crevelário de Carvalho, Fabricio B. Bittencourt, Gerda Maisa Jensen, João Paulo Di Monaco Durbano, José Franco Monte Sião, Luciana Valéria Nogueira, Marcelo V. Gilge, Miler Rodrigo Pereira, Renata Orofino, Rosa Andrea Lopes de Souza, Tatiane Afonso Braga, Taysy Tavares Fernandes, pela paciência, momentos de diversão e reflexões.

Às Prof. Dra. Lilian Al-Chueyr Pereira Martins e Prof. Dra. Maria Elena Infante-Malachias, pelas preciosas colaborações na minha qualificação.

Aos professores que prontamente aceitaram participar da banca de defesa: Prof. Dra. Maria Elena Infante-Malachias, Prof. Dra. Fernanda da Rocha Brando Fernandez, Prof. Dr. Nélio Marco Vincenzo Bizzo, Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani e Prof. Dr. Marcelo Tadeu Motokane.

À toda equipe da monitoria PAE da disciplina de Introdução ao Ensino de Biologia, em 2012, especialmente aos professores: Prof. Dr. Paulo Takeo Sano, Prof. Dr. Hamilton Haddad Jr. e Prof. Dra. Alessandra F. Bizerra, pelas discussões e reflexões na área de ensino.

Aos professores das disciplinas que realizei, pelas informações que auxiliaram na minha formação e no desenvolvimento da dissertação: Prof. Dra. Jesuína Pacca, Prof. Dra. Ermelinda Moutinho Pataca, Prof. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes, Prof. Dra. Suzana Ursi, Prof. Dr. Hamilton Haddad Jr e especialmente à Prof. Dra. Myriam Krasilchik.

Às pessoas que contribuíram com sugestões e críticas construtivas em encontros e congressos: VII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), EFHIB 2012 (Encontro de Filosofia e História da Biologia), 13º Seminário Nacional de História da Ciência e da tecnologia (da SBHC), Darwin Day Ribeirão Preto 2013 e Meeting of the International Society for Philosophy, History and Social Studies of Biology (ISHPSSB).

À Família Garcia: João Garcia, Jeanete Terezinha Alvares Garcia, Cristiane Alvares Garcia e especialmente ao Diego Alvares Garcia, que compartilhou muitos dos momentos do mestrado e me auxiliou com os abstracts e informações históricas da linha do tempo.

À Família Garcia Serpa: Fabiola Alvares Garcia Serpa, Renato Serpa, Clara Serpa e Laiz Serpa, por todo apoio.

À Aline Maria Medeiros Zardi e à equipe do INTERAC, que me ajudaram em momentos bem difíceis.

Aos amigos e colegas, antigos e novos: Monique Estevam de Siqueira, Francislaine Vanessa Caraca, Marilia Silva de Jesus, Adriano Tacilo Ribeiro, Bruna Viviane Ribeiro, Alda Graciele C. dos Santos Almeida, Débora Duarte dos Santos, Laura Nilza Mendes Mahanjane, Maria Leidiana Mendes, Iasmin Marinho, Nádia Catalina Alfonso Vargas, John B. Vilca, Kátia Rangel, Elias Evangelista Gomes, Flávio A. Cardozo e Glaucus Cardoso.

Às colegas e amigas de mestrado, Tassiana Carvalho, Juliana Gomes, Juliana Maia, Hellen Czekster, Cristina Leika Horii, Marianna Meirelles, pelos momentos de aprendizado e descontração.

Aos amigos e colegas da Representação Discente (2012-2013) do Interunidades: Natália Ferreira Campos, Anielli Fabiula Gavioli Lemes e Osvaldo de Souza. Foi muito enriquecedora a experiência!

À CPGI (Comissão de Pós-Graduação do Interunidades) e aos secretários do Interunidades: Thomas, Silvana e Rosana.

Aos meus ex-alunos, que além de me fazerem sentir saudades de estar em sala de aula, me mantinham motivada a buscar um ensino sempre melhor.

À CNPq, por ter financiado parte da pesquisa.

Obrigada a todos que fizeram parte desse momento tão importante pra mim.

“Realizando os mesmos experimentos que Darwin realizou, conseguimos nos pôr no lugar dele, vendo absolutamente tudo que foi visto por ele e tudo que ele confrontou. Assim conseguimos compreender melhor o porquê de tudo e até mesmo compreendendo melhor a teoria, enxergamos coisas que não enxergaríamos apenas decorando a sua hipótese. Eu não possuía a menor ideia que Darwin era um cientista experimental, quando descobri isso fez com que eu acreditasse de forma mais efetiva em sua teoria”. (Trecho de uma produção textual feita por um estudante que participou da pesquisa empírica desta dissertação)

RESUMO

SILVA, Tatiana Tavares da. **Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva**. 2013.172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Esta dissertação, inserida em linha de pesquisa de “História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências” trabalhou com a temática replicação de experimentos históricos. A pesquisa, caracterizada por uma abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino de Biologia foi orientada pelos seguintes objetivos: 1) desenvolver o estudo de um episódio histórico, sobre experimentos de dispersão de sementes e seu papel na teoria evolutiva de Charles Darwin, descritos no seu livro *A origem das espécies*; 2) desenvolver um estudo empírico por meio da elaboração, validação, aplicação e avaliação de uma Sequência Didática; 3) promover a replicação dos experimentos de Darwin como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem da teoria de evolução dos seres vivos; e 4) promover uma abordagem reflexiva de aspectos meta-científicos, particularmente do papel da imaginação e criatividade nas etapas de investigação. O estudo do episódio histórico gerou um material que pode servir de subsídio para o professor que sinta motivado a desenvolver trabalho semelhante em sala de aula, bem como para seus próprios estudantes. Foram produzidos materiais instrucionais e utilizaram-se diferentes estratégias didáticas para a Sequência Didática. O estudo empírico foi aplicado em duas turmas de 2º ano do Ensino Médio, de uma escola particular, na cidade de São Paulo, no primeiro semestre de 2012. Entre as contribuições e desafios dessa pesquisa para a área de ensino de Ciências e História da Biologia, destacam-se: evidências de que a abordagem histórica é motivadora e facilitadora da aprendizagem; a diversidade de atividades propostas foi citada como importante para a aprendizagem e motivar os alunos a pensar sobre o problema de Darwin e elaborarem hipóteses, mas ao mesmo tempo conduzi-los para que as discussões se encaminhassem para uma replicação, como Darwin fez.

Palavras-chave: Charles Darwin, Ensino de Ciências, replicação de experimentos históricos, História da Biologia, evolução.

ABSTRACT

SILVA, Tatiana Tavares da. **Darwin in the classroom: replication of historical experiments to assist in the understanding of the evolution theory.** 2013.172 f. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

This dissertation, inside the research line of “History, Philosophy and Culture on Science Teaching” is about the replication of historical experiments theme. The research, characterized by an inclusive approach of History of Science on the teaching of Biology was guided by the following objectives: 1) develop the study of a historical episode about seeds dispersion experiments and its role on Charles Darwin`s evolution theory, described in his book *The origin of species*; 2) develop an empirical study through elaboration, validation, application and evaluation of a Teaching Learning Sequence; 3) promote the replication of Darwin`s experiments as a facilitating tool on the learning of the theory of evolution of living beings e 4) promote a reflexive approach of metascientific aspects, particularly the role of imagination and creativity on the investigation stages. The study of the historical episode generated a material which could make the teacher feel motivated to develop a similar work in the classroom, as well as his own students. Instructive material was produced and different teaching strategies were used for the Teaching Learning Sequence. The empiric study was applied in two classes of High School, in the city of São Paulo, in the first semester of 2012. Between the contributions and challenges of this research for the teaching of Science and History of Biology, it`s foregrounded: evidence that the historical approach is a motivator and facilitator of learning; the importance of the diversity of activities proposed for learning and to motivate students to think about Darwin's problem and formulate hypotheses, but at the same time lead them so the discussions be guided for replication, as Darwin did.

Keywords: Charles Darwin, Science Education, replication of historical experiments, History of Biology, evolution.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	4
2 USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO E EXPERIMENTOS HISTÓRICOS	9
2.1 Uso de experimentos no ensino de Ciências e de Biologia	9
2.2 Experimentos históricos	14
2.2.1 Contribuições das replicações de experimentos históricos	15
2.2.2 Estudo histórico necessário para a replicação e o papel do experimentador.....	16
2.2.3 Tipos de replicação de experimento histórico	18
3. CHARLES ROBERT DARWIN (1809-1882) E ALGUNS ASPECTOS DE SUA TEORIA EVOLUTIVA	21
3.1 Charles Robert Darwin	21
3.1.1 Retratando Charles Darwin	22
3.2 Cinco ideias centrais da teoria evolutiva de Charles Darwin, segundo Ernst Mayr.....	28
3.3 Episódio histórico sobre a distribuição geográfica dos vegetais: hipóteses sobre a origem comum.....	30
4. METODOLOGIA.....	35
4.1 Universo da pesquisa	35
4.1.1 A escolha da escola.....	36
4.1.2 Perfil da professora.....	36
4.1.3 Perfil da Escola da Vila, dos alunos e do currículo	37
4.2 Sequência Didática	39
4.2.1 Sobre a elaboração da Sequência Didática.....	41
4.3 Pré-testes realizados	41
4.3.1 Pré-teste 1 da Sequência Didática com graduandos em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo	41
4.3.2 Pré-teste 2 da Sequência Didática com pós-graduandos e membros do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP	45
4.3.3 Pré-teste 3 com a professora que aplicou a Sequência Didática.....	47
4.3.4 Realização preliminar dos experimentos	48
4.3.4.1 Primeira parte do experimento da Sequência Didática.....	48
4.3.4.2 Segunda parte do experimento da Sequência Didática.....	56
4.3.4.3 Contribuições de uma pós-graduanda para a realização preliminar dos experimentos.....	60
4.4 Materiais instrucionais.....	62

4.5 Aplicação da Sequência Didática	63
4.5.1 Sequência Didática inicial	63
4.5.2 Sequência Didática aplicada	63
4.6 Sequência Didática aplicada: aula a aula	64
4.6.1 Aula 1	65
4.6.2 Aula 2	65
4.6.3 Aula 3	66
4.6.4 Aula 4	66
4.6.5 Aula 5	67
4.6.6 Aula 6	68
4.7 Instrumentos de coleta de dados e avaliação das atividades realizadas	68
4.8 Uma nova proposta a partir da prática	69
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	71
5.1 Análise das produções textuais	71
5.1.1 Hipóteses iniciais	71
5.1.2 Produção textual coletiva	74
5.1.3 Categorias criadas a partir da análise da produção textual individual dos estudantes	74
5.2 Análise a partir das anotações da pesquisadora	76
5.2.1 Assuntos emergentes no discurso dos alunos em sala de aula, sobre a Sequência Didática	76
5.3 Opiniões e experiências da professora que aplicou a Sequência Didática	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
APÊNDICE A. Sequência didática proposta para a aplicação em sala de aula	87
APÊNDICE B. Biografia de Charles Darwin, contexto histórico, científico, social e cultural utilizado na Sequência Didática	101
APÊNDICE C. Texto: As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr	105
APÊNDICE D. Tradução do artigo de Darwin: Does sea water kill seeds? (A água do mar mata sementes?). Por Tatiana Tavares da Silva e Maria Elice Brzezinski Prestes	107
APÊNDICE E. Termo de consentimento utilizado antes da aplicação da sequência didática	111
APÊNDICE F. Uma nova proposta de sequência didática	113
APÊNDICE G. Nova proposta de Biografia de Charles Darwin, contexto histórico, científico, social e cultural	127
APÊNDICE H. Nova proposta de termo de consentimento livre e esclarecido	131
APÊNDICE I. Questionário elaborado para avaliar as opiniões e experiências da aplicação da Sequência Didática, para a professora Luciana Valéria Nogueira	133
ANEXO A. Texto: As cinco teorias de Darwin. Por Dráuzio Varella	135

ANEXO B. Trecho do capítulo XII de <i>A origem das espécies</i> . Por Charles Darwin	138
ANEXO C. Correspondências entre Darwin e naturalistas, de 1855. Excerto de <i>Origens: cartas seletas de Charles Darwin</i>	141
ANEXO D. Algumas questões da avaliação trimestral de Biologia. Por Luciana Valéria Nogueira	151
ANEXO E. Orientação para realização da 2ª Etapa do Fechamento da SD do Darwin. Por Luciana Valéria Nogueira.....	155
ANEXO F. Orientação para realização da 3ª Etapa do Fechamento da SD do Darwin. Por Luciana Valéria Nogueira.....	157
ANEXO G. Hipóteses dos alunos para os problemas propostos.....	159
ANEXO H. Produções textuais: Síntese da Sequência didática.....	165
ANEXO I. Questionário utilizado para avaliar as opiniões e experiências da aplicação da Sequência Didática, para a professora Luciana Valéria Nogueira	170

1. INTRODUÇÃO

Um dos temas mais relevantes do currículo de Biologia no Ensino Médio é a teoria evolutiva dos seres vivos. Essa teoria é uma das ideias mais profundas e abrangentes dos últimos dois séculos, afetando todas as esferas do pensamento moderno e pós-moderno. A teoria da evolução permite compreender questões cruciais de nosso cotidiano, “como a conservação da biodiversidade ou as consequências do uso indiscriminado de antibióticos” (Santos, 2002, p. 9). Além disso, a evolução é o conceito mais importante de toda a Biologia, como a anuncia o biólogo evolucionista Ernst Mayr (1904-2005). A própria identidade da Biologia como uma ciência genuína, de *status* independente e autônomo em relação a outras ciências da natureza, como a física e a química, está assentada no paradigma evolucionista.

O conjunto de ideias e teorias que os evolucionistas atuais defendem guarda similaridades às propostas originais e independentes de dois naturalistas do século XIX: Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913). Darwin e Wallace se ocuparam com a questão da origem das espécies e, ao estudar a enorme diversidade animal e vegetal, conceberam o mecanismo de “seleção natural” como o principal, mas não exclusivo agente de modificação das espécies. Assim, o estudo da teoria evolutiva está atrelado ao que Darwin e Wallace desenvolveram.

Nesta dissertação, inserida em linha de pesquisa de “História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências”, será abordado o tema do ensino da evolução dos seres vivos na escola básica. Sem perder de vista as contribuições de Wallace, o trabalho se desenvolverá, mais particularmente, sobre o livro *A origem das espécies*, publicado em 1859, por Charles Darwin.

Por seu papel central na Biologia, a teoria evolutiva é integrante do currículo de biologia no Ensino Médio. Nos *Parâmetros Curriculares Nacionais* +, “a origem e a evolução da vida” constituem um dos seis temas estruturadores do ensino de Biologia. O mesmo ocorre na *Proposta Curricular do Estado de São Paulo* ao enfatizar também a importância desse componente curricular, que constitui um dentre os sete temas propostos para o estudo da Biologia no ensino médio. Em ambos os documentos, a origem e evolução da vida é apresentado como um dos temas:

[...] mais instigantes para o ser humano, que, desde sempre, tem procurado compreender as origens da vida, da Terra, do Universo e dele próprio. São conteúdos com grande significado científico e, sobretudo, filosófico, pois abrangem questões polêmicas, envolvendo várias interpretações sobre a história da vida, como, por exemplo, a de que seu surgimento foi decorrência de um acidente ou, de modo oposto, de um projeto inscrito na constituição da própria matéria. Nessa medida, permitem aos alunos

confrontar diferentes explicações sobre o assunto, de natureza científica, religiosa ou mitológica, elaboradas em diferentes épocas. (PCN+, 2002, p. 50; Proposta Curricular do Estado de São Paulo, 2008, p. 46-47)

Contudo, são muitas as dificuldades para que o ensino de evolução seja efetivamente desenvolvido nas escolas. O pensamento evolutivo deve permear todo o conteúdo das diferentes subáreas das ciências biológicas, quando, na prática escolar, ele acaba sendo tratado apenas como um módulo separado, geralmente no final do terceiro ano. Nos dois documentos acima citados, efetivamente, é o último dos temas propostos, assim como em geral ocorre nos livros didáticos. Em decorrência dessa organização, o assunto acaba não sendo contemplado nas aulas, por falta de tempo de cumprir todo o currículo. Além disso, há o problema da aceitação da teoria evolutiva em função do conflito com as crenças religiosas dos alunos e dos próprios professores.

Assim, o cenário constituído pelo papel nuclear da evolução na organização do pensamento biológico e da biologia contemporânea, por um lado, e as dificuldades relatadas na literatura brasileira da área de ensino de ciências para a sua efetiva integração no currículo, por outro, motivaram o desenvolvimento desta pesquisa. Motivada pelo apelo de levar Darwin à sala de aula, a pesquisa caracterizada por uma abordagem inclusiva da História da Ciência no ensino de Biologia foi orientada pelos seguintes objetivos:

- 1) Desenvolver o estudo de um episódio da história da Biologia, os experimentos de dispersão de sementes e seu papel na teoria evolutiva de Charles Darwin, descritos no seu livro *A origem das espécies*.
- 2) Desenvolver um estudo empírico por meio da elaboração, validação, aplicação e avaliação de uma Sequência Didática de abordagem inclusiva da história da ciência no ensino, aplicada em turmas de 2º ano do ensino médio de escola particular do município de São Paulo.
- 3) Promover a replicação dos experimentos de Darwin como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem de conteúdo científico, a teoria da evolução dos seres vivos.
- 4) Promover uma abordagem explícita e reflexiva de aspectos meta-científicos da ciência, particularmente do papel da imaginação e criatividade e as etapas da investigação científica.

O livro *A origem das espécies* de Darwin contém o seu “longo argumento” a favor da evolução dos seres vivos. Darwin mostra que a diversidade biológica é o resultado de um processo de descendência com modificação especialmente pelo mecanismo da seleção natural.

Darwin desenvolve seu argumento ao longo de catorze capítulos, nos quais expõem extensos e detalhados exemplos de suas observações e experiência, discutindo as variações no estado doméstico e na natureza, luta pela existência e seleção natural, leis da variação, dificuldades da teoria, o instinto, o hibridismo, os registros geológicos e a sucessão geológica dos seres vivos, as afinidades mútuas dos seres vivos e a distribuição geográfica. Este último tema é abordado em dois capítulos, sendo um deles, o capítulo XII, o que foi selecionado para este trabalho. O capítulo “Distribuição geográfica” trata da preocupação do naturalista em encontrar evidências sobre o modo de dispersão de sementes e explicar a ocorrência de uma mesma espécie vegetal em territórios diferentes e distantes um do outro. Darwin acreditava que ao fornecer uma explicação para esse fenômeno, estaria fortalecendo sua teoria evolutiva baseada na origem comum dos seres vivos, contrariando outros estudiosos da época que acreditavam na origem múltipla das espécies.

A escolha desse tema foi inspirada em um documentário produzido pela BBC, no episódio *Dangerous Ideas* (Ideias perigosas) da série *Darwin's Garden* (No jardim de Darwin) e foi objeto de proposta interdisciplinar em Programa da TV Escola (Prestes, 2009)¹. Nesse episódio, o apresentador e entomologista Jimmy Doherty, baseado nas anotações de Charles Darwin, refaz experimentos e testa hipóteses realizadas pelo naturalista para fornecer evidências às suas teorias. Os experimentos históricos relatados por Darwin nesse capítulo são simples e podem ser reproduzidos facilmente pelos alunos, sem necessidade de um laboratório com equipamentos sofisticados. Podem ser realizados em sala de aula regular, com uso de materiais simples e baratos.

Iniciativas como esta, que promovem atividades práticas e experimentais na escola, são consideradas atraentes tanto por professores quanto alunos. Contudo, “uma das críticas mais frequentes nas discussões sobre o ensino de ciências refere-se ao pequeno número de trabalhos que envolvem algum tipo de experimentação, tanto em sala de aula como em ambientes de laboratório” (Zancul, 2011, p. 65). Segundo Jaime Carrascosa e colaboradores (2006), a atividade experimental é bastante significativa para o processo de ensino e

¹ “Em março de 1996, o MEC lançou oficialmente a TV Escola, com o objetivo de estimular a formação continuada, o aperfeiçoamento e a valorização dos professores do ensino fundamental [...]. Visava aperfeiçoar a socialização de conteúdos e otimizar a reciclagem de professores, sobretudo em regiões mais distantes do país. [...] Ao lado de outras iniciativas públicas, como as TVs educativas, e não governamentais, como o Canal Futura (da Fundação Roberto Marinho) e a TV Senac (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial), a TV Escola se insere num amplo processo de renovação do ensino, no qual, a televisão, como veículo, tem um papel destacado. Neste processo, o espaço escolar tradicional tende a ser flexibilizado, com os conteúdos e programas gravados em vídeo e transmitidos via satélite, adquirindo uma função didático pedagógica central (Napolitano, 2007, p. 27).

aprendizagem de ciências e constitui uma das mais importantes linhas de pesquisa em Didática das Ciências (Carrascosa et al, 2006).

Por sua vez, a história da ciência é uma ferramenta muito útil para a didática das ciências, pois pode ser utilizada tanto como conteúdo quanto como estratégia facilitadora para a compreensão de conceitos, modelos e teorias (Martins, 2007). Além disso, a História da Ciência é importante elemento motivador, podendo contribuir para tornar o ensino de ciência mais interessante e, com isso, facilitar a aprendizagem (Martins, L. 1998, p. 18). Salienta-se ainda que a abordagem da História da Ciência em sala de aula fornece aos alunos elementos para conhecer o processo gradativo da construção do conhecimento, bem como para adotar uma visão crítica da ciência (Martins, L. 1998, p. 18; Martins, R., 2006).

Através do contato com pesquisas realizadas em épocas passadas, o aluno toma ciência não apenas do resultado final de um experimento ou do conhecimento gerado a partir desses resultados, mas identifica o processo que o guiou. Levar os alunos a refazer os passos da investigação de Darwin constitui em alternativa motivadora para que os alunos discutam e planejem protocolos experimentais, levando em consideração a escolha do objeto a ser investigado, controle de variáveis, desenho experimental, entre outros. A reprodução de experimentos feitos por cientistas do passado permite, especialmente, desenvolver no aluno as capacidades de observação, planejamento e execução de experimentos. Nesse trabalho, é importante relembrar o alerta de Derek Hodson de que os professores de ciências devem cuidar de propiciar aos alunos uma compreensão da natureza e dos objetivos dos experimentos, evitando reforçar mitos sobre o papel dos experimentos no desenvolvimento do conhecimento científico, vistos como meios de estabelecimento de “verdades” (Hodson, 1988). Em outras palavras, deve-se combater a ideia de que observações e experimentos “provam” uma dada teoria. Desde as críticas de David Hume no final do século XVIII, considera-se que os dados da observação e da experiência apenas corroboram as teorias, no sentido de fornecer evidências sobre elas, e não de “demonstrá-las” ou de “comprová-las” (Chalmers, 1993).

A reprodução de experimentos históricos dá a oportunidade de reviver a ciência na prática, além de permitir uma forma de aprender mais sobre a ciência e a natureza da ciência (Allchin, 2004). Nesse sentido, o episódio aqui tratado, habilita os professores a discutirem com seus alunos um aspecto importante da ciência que é o da interação ou interdependência entre a teoria e o experimento: os experimentos fornecem evidências para a construção da teoria, e a teoria determinará quais experimentos podem e devem ser realizados (Hodson, 1988). O aluno poderá perceber que para a construção de uma teoria, não é preciso,

necessariamente, um laboratório com aparelhos sofisticados. Trazer Darwin para a sala de aula, convidando os alunos a seguirem alguns de seus passos de pesquisa é um caminho também para desmitificar a imagem de cientista como uma pessoa superdotada, que vive isolada, de avental branco, manipulando aparelhos em um laboratório (Pozo & Crespo, 2009, p. 18).

A pesquisa foi desenvolvida, simultaneamente, em diferentes frentes. Iniciou-se pelo estudo do episódio histórico, segundo metodologia de pesquisa em História da Ciência e seguiu-se pelo estudo do uso de replicação de experimentos históricos, contextualizados em relação às aulas práticas e experimentais de Biologia. O contexto teórico e prático da elaboração de sequências didáticas foi analisado juntamente com o estudo de metodologia de pesquisa empírica em ensino de ciências, com ênfase em abordagens qualitativas.

Para a redação do texto final da dissertação, foi selecionada, como tema do próximo capítulo, a discussão sobre o uso de experimentos em geral nas aulas de Biologia do ensino médio, com base na literatura especializada. Foram feitas considerações sobre a importância da experimentação no ensino e as dificuldades e os obstáculos a serem superados. Essa discussão é complementada com o caso particular de replicação de experimentos históricos em sala de aula, dos quais são apresentadas referências conceituais e discutida a sua importância e contribuições ao ensino de ciências.

O capítulo três desta dissertação versa sobre Charles Darwin e sua teoria evolutiva. A fim de subsidiar a utilização do episódio em questão em sala de aula, o capítulo inicia com uma breve biografia científica do naturalista. Contém também uma discussão sobre as “cinco teorias” de Darwin (Mayr, 2005; Mayr, 2006; Meyer e El-Hani, 2005). Por fim, é particularizado o capítulo XII de *A origem das espécies*, que contém os experimentos de dispersão de sementes.

Os capítulos quatro e cinco apresentam a pesquisa empírica realizada. O capítulo quatro trata da descrição das várias etapas que incluem a elaboração, pré-testes e aplicação da Sequência Didática em turmas de 2º ano do Ensino Médio, de escola particular do município de São Paulo. O capítulo cinco fornece os resultados obtidos e a avaliação da aplicação da Sequência Didática.

Ao final, são apresentadas considerações gerais sobre a pesquisa realizada, indicando algumas das contribuições e identificando desafios deste tipo de pesquisa para a área de interface entre a história da ciência e o ensino de ciências.

2 USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO E EXPERIMENTOS HISTÓRICOS

2.1 Uso de experimentos no ensino de Ciências e de Biologia

Quanto à aprendizagem, é interessante que se tenha uma diversidade de modalidades didáticas, no ensino de Ciências ou em qualquer curso, para atender aos diferentes estilos de apreensão do conhecimento por parte dos estudantes. Os trabalhos práticos em sala de aula constituem estratégia de ensino considerada de grande motivação para a maioria dos estudantes (Krasilchik, 2009, p. 252). Dentre as diferentes modalidades de aulas práticas de Ciências e Biologia, encontra-se aquela que faz uso de observações diretas de seres vivos e de experimentos.

Uma definição geral de experimentação que possa atender às ciências naturais como um todo é difícil de ser estabelecida, devido às especificidades dos objetos de estudo da Física, da Química e da Biologia. Até mesmo no âmbito das Ciências Biológicas não há um denominador comum conforme discutiram Martha Marandino e colaboradores:

A experimentação biológica adquire certo caráter polissêmico porque se refere a diferentes atividades práticas com o fim de subsidiar a produção de conhecimentos nessa área. Assim, diversas expressões aplicam-se e contrapõem-se a uma definição generalista do termo, uma vez que o conjunto de disciplinas que compõem as Ciências Biológicas é diversificado e se assenta em pressupostos teórico-metodológicos singulares. (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 106)

Retomando as “duas Biologias” referidas por Ernst Mayr, a Biologia funcional (de causas próximas) e a Biologia evolutiva (de causas remotas), as autoras propõem que a experimentação biológica seja entendida como:

[...] atividades de pesquisa científica que envolvem tanto o trabalho laboratorial quanto trabalhos de campo, os quais se desdobram em práticas de classificação e de identificação de espécies. [...] Os trabalhos laboratoriais – comumente chamados nos meios universitários de “experimentos de bancada” – são acompanhados por protocolos de observação e de transformação para os quais a indumentária do pesquisador – jalecos, óculos de segurança, luvas – assim como as aparelhagens, utensílios e reagentes são indispensáveis. (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 107)

Contudo, os métodos ligados aos processos de produção dos conhecimentos científicos guardam distinções relevantes com o método *didático* de experimentação. No ensino, ocorre uma adaptação do conhecimento científico no ambiente escolar, ocasionando até mesmo uma simplificação ou padronização de procedimentos e etapas sucessivas. Os estudantes precisam ser alertados de que a ciência não segue tal tipo cristalizado de roteiro, que resulta em conclusões esperadas, corretas e incontestáveis (Marandino; Selles e Ferreira, 2009, p. 103).

Deve-se notar que os objetivos dos experimentos no ensino de Ciências também são diferentes daqueles relacionados aos experimentos científicos no âmbito da produção de conhecimentos. A experimentação didática não tem como foco a formação de cientistas, mas pretende proporcionar aos estudantes vivências culturais que permitam estabelecer relações com os conhecimentos escolares de ciências (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 107).

Na verdade, há uma grande diversidade de objetivos apontados pelos professores para as atividades experimentais, bem como diversas são as abordagens que as orientam na educação científica. Considera-se que os objetivos devem ser definidos de acordo com cada realidade e contexto escolar (Barberá; Valdés, 1996, p. 366; Hodson, 1994).

Derek Hodson defende que o trabalho experimental na escola serve para ilustrar e representar abstrações ou conceitos pré-existentes. Sendo assim, deve auxiliar na exploração e manipulação de conceitos que se tornam manifestos, compreensíveis e úteis (Hodson, 1988, p. 63).

Em obra muito referenciada na área de ensino, *Prática de ensino de Biologia*, cuja primeira edição é de 1983², Myriam Krasilchik identifica algumas das funções atribuídas às aulas de laboratório, baseando-se em artigo de 1982 de Avi Hofstein e Vincent Lunetta:

1. Despertar e manter o interesse dos alunos;
2. Envolver os estudantes em investigações científicas;
3. Desenvolver a capacidade de resolver problemas;
4. Compreender conceitos básicos;
5. Desenvolver habilidades.

Vinte anos depois, os autores atualizaram a discussão, acrescentando mais duas funções das aulas experimentais:

6. Desenvolver o hábito do pensamento científico;
7. Compreender a Natureza da Ciência (Hofstein; Lunetta, 2002, p. 38).

Outros autores chamam a atenção para potencialidades que podem ser desenvolvidas nos alunos mediante a experimentação, tais como, “desenvolve a curiosidade; possibilita discussões; demanda reflexão; elaboração de hipóteses e espírito crítico; ensina a analisar resultados e expressá-los corretamente; favorece uma melhor percepção da relação entre a ciência e tecnologia” (Carrascosa et al, 2006, p. 159).

Para serem efetivas na melhoria do ensino de Ciências, as atividades experimentais não devem ser trabalhadas como algo à parte das aulas teóricas. Uma atividade experimental

² Diversas edições revistas e ampliadas, até a 4ª edição de 2004, que já tiveram quatro reimpressões, garantiram sua manutenção como obra de referência para a área.

significativa, que possibilite ao aluno ser agente do conhecimento, deve ser relacionada às aulas teóricas, emergindo de algumas questões que elas despertam.

São necessárias etapas como discussões em grupo para o planejamento experimental, coleta de dados, análise de dados e registro dessa análise por meio da construção de tabelas, gráficos e relatos que expressem os resultados obtidos (Rosito, 2008, pp. 197-198). Em outras palavras, o experimento não deve ser algo que seja restrito à manipulação de materiais e instrumentos, mas que tenha um tempo dedicado à reflexão e a integração do trabalho prático com a discussão, análise e interpretação de dados obtidos (Rosito, 2008, p. 203; Krasilchik, 2009, p. 252).

Deve-se tomar cuidado, quando a concepção das práticas de laboratório é a de ser a solução de todos os problemas do Ensino de Ciências, ou seja, quando são aceitas de forma acrítica (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 101). Nesses casos, a efetividade da experimentação didática é questionada (Hofstein; Lunetta, 1982; Hodson, 1994). Por exemplo, ensinar ciências não é somente fornecer “receitas” para a realização de exercícios de laboratório, sem que haja discussões para a análise de procedimentos e resultados (Krasilchik; Marandino, 2007, p. 53; Hofstein; Lunetta, 2002 p. 47; Hodson, 1994, p. 304). Alguns pesquisadores consideram o trabalho prático convencional como desperdício de tempo e recursos, uma vez que, segundo eles, não trariam contribuições pedagógicas significativas, pois restringem a imaginação, a curiosidade, a criatividade, a investigação e o raciocínio (Cerri; Tomazello, 2011, p. 71). A crítica parece fazer sentido quando aquela interação entre a aula teórica e a prática não é atendida.

É necessário discutir a relevância do trabalho, esclarecer as dúvidas sobre os problemas de pesquisa e, principalmente, incentivar a participação dos estudantes na elaboração de hipóteses, planejamento de experimentos e análise dos resultados (Carrascosa et al, 2006, p. 161; Cerri; Tomazello, 2011, p. 71). Se não há discussão de aspectos importantes para a construção do conhecimento, a atividade se torna pouco significativa para o ensino.

Os professores de Ciências devem proporcionar aos alunos uma compreensão da natureza e dos objetivos do experimento para evitar o reforço de alguns equívocos sobre o papel dos experimentos no desenvolvimento do conhecimento científico. Por exemplo, são mitos muito comuns: o método experimental corresponder ao método universal da Ciência, ou seja, de que todo conhecimento científico deriva da experimentação; a observação e o experimento fornecem dados objetivos, confiáveis e independentes de teorias; os cientistas

podem resolver controvérsias e estabelecer “verdades”, por meio de experimentos decisivos (Hodson, 1988, p. 53-55).

Resultados que corroboram o exposto por Hodson foram obtidos em pesquisa empírica qualitativa junto a 148 alunos de três turmas de 3º ano do Ensino Médio de uma escola particular do município de São José dos Campos. Foi aplicado um instrumento de pesquisa composto de um texto didático elaborado a partir do capítulo 12 de *A origem das espécies*, de Charles Darwin. O tema do texto é relacionado à distribuição geográficas das plantas e a dispersão das sementes. Após a leitura do texto, os alunos eram convidados a responder um questionário com cinco questões: duas questões fechadas tinham caráter de interpretação de texto, em que o aluno devia assinalar as alternativas que identificavam a hipótese de Darwin a respeito da origem comum das espécies e da resistência das sementes ao contato com água do mar; três questões meta-científicas, sobre características dos experimentos científicos em geral e de sua relação com a teoria, de seu status de verdade e imutabilidade, de sua reprodutibilidade e de seu papel universal na ciência. Os resultados obtidos na questão semiaberta, sobre o conhecimento científico ser ou não inteiramente derivado de experimentos, mostraram que 57% dos alunos consideram que experimentos servem para “provar” conhecimentos, apenas 25% relacionam os dados empíricos com aspectos teóricos, apenas 11% valorizam a reprodutibilidade dos experimentos, desconsideradas respostas incoerentes (Silva; Prestes, 2011).

A teoria e a experimentação possuem uma forte relação: os experimentos auxiliam na construção da teoria e a teoria determina os tipos de experimentos que poderão ser realizados (Barberá; Valdés, 1996, p. 370; Hodson, 1988, p. 57). Mas é necessário ultrapassar uma visão do empirismo ingênuo. Os problemas e as respostas não vêm das práticas e dos experimentos, mas precisam de uma estreita ligação entre teoria e prática, pois as respostas são construções do pesquisador e a experimentação é uma estratégia de teste de hipóteses e de reconstrução de teorias e conhecimentos (Moraes, 2011, p. 86). Quando se tem como um dos objetivos evitar que os alunos possuam uma visão distorcida sobre o papel dos experimentos deve-se realizar discussões e trabalhar questões sobre a Natureza da Ciência no ensino.

Utilizando os experimentos no ensino é possível aprender ciência, através da realização de possíveis percursos de cientistas, tentando enfrentar os mesmos problemas que eles se depararam e possivelmente encontrar soluções parecidas. Para isso, parte-se do pressuposto que os estudantes são dotados de capacidades intelectuais próximas às dos cientistas (Pozo, 2009, p. 252). Com isso, os estudantes se sentem importantes, algo bastante positivo para a autoestima do aluno e para a aprendizagem de aspectos da Natureza da

Ciência, deixando de enxergar os cientistas como “gênios”, isto é, seres absolutamente incomuns e distantes de sua realidade.

Mas mesmo sendo tantas as funções, conforme apresentadas acima, os trabalhos experimentais no ensino muitas vezes não ocorrem. Os motivos mais apontados são: falta de tempo para trabalhar todos os conteúdos previstos, ausência de laboratórios e equipamentos, falta de apoio técnico para preparação e manutenção do material (Krasilchik, 2009, p. 251). São citados também a carga didática excessiva dos professores (que dificultaria para o professor pela questão de tempo uma preparação adequada de aulas práticas), falta de formação do professor, desvalorização de aulas práticas por algumas instituições de ensino pelo fato de não serem consideradas para a preparação do vestibular (Arruda; Laburú, 2009, p. 59). A insegurança de professores em ministrar as aulas e a falta de controle sobre os alunos no laboratório, além da ideia recorrente de que a aula prática não tem a ver com o conteúdo programático são também fatores apontados para a ausência do trabalho experimental no Ensino de Ciências (Marandino; Selles; Ferreira, 2009, p. 108-113; Zancul, 2011, p. 66-67).

Diante de tantas dificuldades, é necessário fomentar algumas estratégias que possibilitem uma mudança nesse quadro. Uma alternativa seria a de fornecer exemplos, aos professores, de experimentos que podem ser realizados na sala de aula regular, com a utilização de materiais acessíveis e de baixo custo. Isso deve ser visto, inclusive, como algo que pode contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos estudantes (Rosito, 2008, p. 206; Zancul, 2011, p. 66; Cerri; Tomazello, 2011, p. 76). Contudo, o investimento em materiais e equipamentos de laboratório permanece um requisito fundamental para o ensino significativo de Ciências.

Outro aspecto que deve ser considerado no planejamento de aulas práticas e de experimentos diz respeito ao levantamento de questões pelos próprios estudantes, uma qualidade esperada antes, durante e após a realização de experimentação em sala de aula. Durante esse processo, os alunos poderão se deparar com resultados não previstos, o que desafiará sua imaginação e raciocínio (Krasilchik, 2011, p. 86). Nesse sentido, mesmo um experimento que “dá errado”, isto é, que chega a um resultado diferente do esperado, é uma oportunidade pedagógica: o professor pode motivar os alunos a descobrirem por que os dados encontrados foram diferentes do esperado, através da elaboração de novas hipóteses para sua interpretação (Krasilchik, 2009, p. 252). As discussões dos resultados são tão importantes quanto a realização do experimento em si, pois auxilia na compreensão e aprendizagem dos conceitos trabalhados.

A utilização da História da Ciência, por meio de experimentos históricos é uma alternativa de se trabalhar com os questionamentos dos alunos e a vivência de métodos científicos suscitados por problemas da ciência do passado.

2.2 Experimentos históricos

Experimentos históricos são os experimentos que emergem do estudo da ciência do passado (Chang, 2011, p. 317). Uma primeira questão que se coloca refere-se ao termo empregado para o assunto, pois a literatura apresenta algumas variações, tais como, “reprodução”, “reconstrução”, “repetição” e “recriação” (Chang, 2011, p. 319) ou ainda “história experimental da ciência” (Kragh, 2001, p. 177). Nesta pesquisa, optou-se pelo uso do termo “replicação”, adotado também por Dietmar Höttecke (2000) e Hasok Chang (2011), conforme será discutido nesta seção.

A replicação de experimentos históricos é uma ferramenta há muito utilizada pelos historiadores da ciência, consistindo em “método suplementar para a interpretação de textos” (Belloni *apud* Kragh, 2001, p. 177). Contudo, há historiadores que rejeitam a replicação histórica em princípio, pois consideram não ser possível repetir uma experiência passada, porque os instrumentos e o contexto pertencem a um passado “que só é acessível ao tipo de investigação que designamos histórica” (Greenaway *apud* Kragh, 2001, p. 177). Helge Kragh, por sua vez, considera que os “experimentos do passado podem ser estudados com ajuda de uma reprodução experimental (moderna)”, até porque “uma parte significativa das ciências consistiu sempre em experiências ou outro trabalho empírico semelhante” (*ibid.*, p. 178). Kragh contrapõe-se ao argumento de Greenaway, destacando a especificidade do objeto de estudo da história da ciência, a própria natureza. No caso particular da história da ciência, portanto, é possível acessar os instrumentos e o contexto do passado:

[...] dado que as leis naturais são independentes do tempo ou, por assim dizer, ahistóricas, o elo entre a situação experimental e o resultado objetivo será válido para todos os períodos históricos. Podemos utilizar o *nosso* conhecimento das leis da natureza para invalidar relatos históricos; não acerca dos pensamentos e ações dos seres humanos (que constituem a verdadeira essência da história), mas acerca dos fenômenos em relação aos quais os pensamentos e ações estavam ligados. [...] Se o relato [...] [da fonte primária] é suficientemente pormenorizado e compreensível, o historiador pode repetir hoje a sua experiência e analisar o respectivo produto, usando métodos atuais. Se a experiência reconstituída for uma reprodução exata da original, podemos ter a certeza de obter o mesmo resultado que o que foi obtido [...] [no passado]. Obtemos, assim, conhecimento acerca de uma questão histórica por meio de uma experiência. O conhecimento do passado através deste processo só é possível porque, em última análise, as ideias de que

nos ocupamos na história da ciência são ideias sobre aspectos concretos da Natureza. Outras formas de história não possuem essa capacidade. (Kragh, 2001, p. 178)

2.2.1 Contribuições das replicações de experimentos históricos

O trecho acima de Helge Kragh remete também à questão de que podemos obter conhecimento histórico por meio de replicações de experimentos do passado. Nesse sentido, vale a pena considerar as três grandes contribuições dos experimentos históricos indicadas por Chang, aqui descritas com acréscimos de outros autores:

(a) Aprender mais sobre a própria ciência do passado: ao realizar os experimentos históricos é possível se deparar com “dimensões do trabalho científico do passado que não estão disponíveis em suas extensas descrições” (Chang, 2011, p. 321). Em outras palavras, refazer um experimento é um caminho para acessar o “conhecimento tácito” que lhe é subjacente, permitindo preencher as lacunas na descrição dos procedimentos e das habilidades técnicas que, mesmo detalhadamente descritas por texto ou desenho nos originais, são tão complexas que só podem ser realmente compreendidas quando refeitas (Höttecke, 2000, p. 346). Além disso, os experimentos históricos auxiliam a “avaliar as intenções atrás dos textos que cientistas do passado deixaram para nós”. Ou seja, “se a replicação falha, mesmo depois de esforços sérios, isso nos dá motivo para reexaminar as intenções e mesmo a honestidade dos cientistas do passado” (Chang, 2011, p. 321).

(b) Incrementar as concepções sobre a Natureza da Ciência: Apesar de não serem muitos os filósofos da ciência que reconhecem que a replicação histórica pode ser uma fonte útil de ideias, e de haver discordâncias a respeito entre alguns deles, pode-se considerar como certo que “quase invariavelmente” as replicações ensinam aos estudantes e professores a irem além das simplificações excessivas dos manuais de ensino, substituindo a doutrinação das leis científicas por um engajamento mais produtivo com o fazer científico. Além disso, experimentos históricos revelam as interconexões dos fenômenos naturais que são mascaradas pelas divisões disciplinares dos manuais e da prática de ensino (Chang, 2011, p. 322-323).

No ambiente escolar, segundo Douglas Allchin, aspectos da Natureza da Ciência podem ser discutidos por meio da reconstrução de episódios históricos da ciência, lançando mão da criatividade e participação dos estudantes, além do acesso a uma boa biblioteca ou internet (Allchin, 2004 a).

(c) Aumentar o próprio conhecimento científico: os experimentos históricos permitem desenvolver conhecimentos novos, melhores ou diferentes do que a ciência da natureza fornece hoje. Ao desenvolver-se “a ciência deixa algumas questões valiosas para

trás. Alguns fenômenos básicos tornam-se esquecidos, algumas questões básicas deixam de chamar a atenção” (Chang, 2011, p. 323). A retomada desses temas como que esquecidos pode levar à sua elucidação por meio de uma nova investigação e subsequente produção de conhecimento científico novo.

Esta última contribuição da replicação dos experimentos históricos tem potencial de desenvolvimento em grupos de pesquisa que reúnam especialistas da ciência atual trabalhando juntamente a historiadores da ciência³.

Além dessas contribuições, pode-se acrescentar:

(d) Promover o ensino de ciências. A replicação de experimentos históricos tem-se mostrado de tendência de uso crescente entre professores de Ciência (Chang, 2011, pp. 317-318). Em alguns trabalhos de aplicação da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências há uma carência da integração com os aspectos práticos na sala de aula porque a abordagem fica restrita a recursos textuais (Höttecke, 2000, p. 343). Os experimentos clássicos são oportunidades de reviver a ciência na prática (Allchin, 2004).

Robert Dennison (1993) destaca alguns benefícios da replicação de experimentos históricos de Charles Darwin, que são indicações claras dos “passos” dos seus métodos:

- 1) Usar as observações para chegar a uma hipótese por indução; 2) Extrair um conjunto de deduções baseadas nesta hipótese; 3) Testar experimentalmente as deduções; e 4) usar o resultado dos experimentos para julgar a hipótese, que pode ser confirmada ou modificada. (Dennison, 1993, p.51)

Além disso, Dennison apresenta três razões em defesa do uso dos trabalhos experimentais de Charles Darwin, para se ensinar Biologia:

1. Ensinar um conceito específico de um experimento em particular
2. Reiterar o valor de bons métodos científicos
3. Reforçar a importância da teoria evolucionária como um quadro para interpretar todos os aspectos da Biologia (Dennison, 1993, p.51).

2.2.2 Estudo histórico necessário para a replicação e o papel do experimentador

O *Research Group on Higher Education and History of Science* (Grupo de Pesquisa em Educação Superior e História da Ciência) propõe que a replicação histórica seja realizada de modo a possibilitar uma “compreensão dos experimentos em sua dimensão histórica complexa” (Höttecke, 2000, p. 344). Para isso, é necessário que sejam desenvolvidos

³ Chang explora esse tipo de pesquisa com episódios da História da Química, sobre o ponto de ebulição da água, eletroquímica e a célula de Volta (Chang, 2011).

diferentes campos de trabalho historiográfico: a reconstrução do dispositivo, o uso experimental desse dispositivo e o estudo das fontes históricas disponíveis (Heering apud Höttecke, 2000, p. 346). Para atender a esses aspectos, a replicação de um experimento histórico exige que sejam recolhidas informações em fontes diferentes tais como, publicações originais, diários ou cadernos de laboratório, monografias ou minutas de encontros científicos (Höttecke, 2000, p. 345). A necessidade de tal conjunto de informação não é necessariamente evidente no início do processo de pesquisa, mas decorre do trabalho com a própria réplica que está sendo realizada. Em função disso, para que sejam cumpridos os diferentes passos da replicação, Höttecke relaciona as seguintes informações essenciais:

[...] o dispositivo experimental, os ajustes de diferentes componentes do dispositivo, os materiais, os procedimentos durante o experimento, o local em que o experimento ocorreu (dimensões, temperaturas, exposição etc.) ou o tempo (do dia e do ano). (Höttecke, 2000, p. 345)

Em outras palavras, é necessário reunir informações sobre uma série de ações como regular, ajustar, calibrar, gerar a sequência dos diferentes procedimentos, tomar precauções de segurança, ler instrumentos de medida, avaliar (Höttecke, 2000, p. 345).

Algumas replicações podem exigir habilidades técnicas para a construção de equipamentos, por exemplo. É importante que isso seja feito como parte do processo executado no laboratório, pois, o “funcionamento do dispositivo de um experimento é pré-requisito para o sucesso, mas um experimento não expõe todos os seus significados até que um experimentador trabalhe nele no laboratório” (Höttecke, 2000, p. 344).

Essa consideração ganha relevância no ambiente escolar, por alertar para que todo o dispositivo experimental seja desenvolvido em colaboração e participação ativa de todos os envolvidos na replicação, isto é, professor e estudantes. Dessa forma, torna-se possível interpretar os experimentos na “inter-relação íntima entre instrumentos, o espaço onde o trabalho experimental tem lugar e os próprios experimentadores” (*ibid.*, p. 345).

Com isso, Höttecke chama a atenção para uma particularidade da replicação histórica em comparação aos experimentos da ciência e do ensino (Höttecke, 2000, p. 345-346). Está destacando que, na medida em que desenvolvem os seus procedimentos individuais, os experimentadores realmente podem exercer influência sobre o dispositivo experimental ou até mesmo sobre os resultados. Habilidades, expectativas, antecipações dos resultados experimentais e conhecimentos prévios podem determinar os experimentos. Esse aspecto, geralmente, não é levado em conta em um laboratório de ciências ou em um laboratório escolar. Porém, na replicação histórica o experimentador tem que ter ciência de seu duplo

papel, como ator e como observador. Só assim, compreende toda a dimensão da influência que pode exercer sobre o que está sendo realizado.

De fato, durante a replicação histórica em sala de aula, faz-se presente a discussão sobre a escolha dos procedimentos a serem executados, bem como as diferentes possibilidades de sua realização. Tal aspecto deve ser estimado como objeto de discussão explícita entre professor e alunos. Entre outros exemplos de como isso ocorre, pode ser mencionado, na aplicação da Sequência Didática desta pesquisa, momento em que os estudantes propuseram procedimentos novos como o de simular o movimento das ondas do mar, balançando os baldes que continham estruturas vegetais imersas em água salgada. Mais do que mero detalhe acrescentado ao experimento de Darwin, o procedimento permitiu uma discussão sobre outras variáveis atuantes.

2.2.3 Tipos de replicação de experimento histórico

Hasok Chang (2011) apresentou quatro categorias de replicação de experimentos históricos, conforme se segue:

(1) Replicação de experimentos históricos, propriamente dita: é a replicação com elementos o mais próximo possível do experimento original. Ao refazer o experimento do passado, o historiador entra em contato com conhecimentos tácitos, não explicitados nos originais da época, mas que emergem da própria prática experimental. Ao mesmo tempo, a replicação possibilita que o historiador desvende intenções não explícitas pelo autor do experimento histórico. É utilizada para aprender sobre a própria História da Ciência.

(2) Replicação física de experimentos históricos: é a reprodução do fenômeno investigado apenas no sentido físico, ou seja, sem precisar reunir os mesmos materiais e detalhes históricos do original. Mesmo assim, amplia o conhecimento histórico e auxilia na compreensão do que era possível e plausível na época em que os experimentos foram realizados. Na replicação física é esperada a utilização de materiais atuais em substituição aos que foram efetivamente usados no passado. A replicação física é a mais indicada a ser usada no Ensino de Ciências por auxiliar na compreensão de conteúdo científico atual, bem como de aspectos da Natureza da Ciência.

(3) Replicação de experimentos históricos por extensão: é a replicação que surge a partir das anteriores. Ela estende a pesquisa para responder a problemas novos que emergem das observações do experimento original. Esse tipo de replicação também propicia a ampliação do conhecimento histórico, bem como se configura em dispositivo útil no Ensino

de Ciências, uma vez que dá espaço para que os estudantes possam criar novos desenhos experimentais a partir do experimento replicado.

(4) Experimentos complementares à replicação histórica: são os experimentos que servem o propósito de ciência complementar, isto é, levam à ampliação do conhecimento científico atual, a partir da recuperação de resultados experimentais do passado que foram esquecidos ou abandonados. Isso ocorre quando, após a replicação física emergem outros experimentos, que analisam questões novas. Nesse sentido, os experimentos complementares, diferentemente dos três tipos anteriores, que possuem caráter meta-científico, assumem natureza propriamente científica. Além de incrementarem nosso conhecimento sobre a natureza, os experimentos complementares também podem auxiliar na educação científica, especialmente de ensino superior.

Na sequência didática desenvolvida para a parte empírica da presente pesquisa foram utilizadas as replicações 2 e 3, físicas e de extensão, conforme será detalhado no capítulo 4.

No caso da replicação de experimentos históricos o ponto de partida é necessariamente os problemas de pesquisa e hipóteses delineados pelo pesquisador do passado. Na pesquisa empírica desta dissertação, após o estudo de alguns aspectos da teoria de Charles Darwin em sala de aula, foi apresentado aos estudantes um questionamento que o naturalista queria elucidar, sobre a origem comum ou origens múltiplas de espécies vegetais. Após o desenvolvimento das hipóteses dos estudantes, e muitos apresentarem as suas próprias explicações, direcionou-se também a discussão para as hipóteses elaboradas por Charles Darwin e qual delas poderia ser testada no laboratório da escola. Isso se deve ao tempo disponível para a aplicação da sequência didática e da necessidade de um direcionamento para o episódio histórico, para não haver dispersão dos objetivos da pesquisa. Não é questão de restringir a criatividade e a consideração das ideias dos estudantes, pelo contrário. Deve-se expor aos alunos que há ideias muito interessantes, mas que devem ser plausíveis e passíveis de realização com os recursos e condições disponíveis.

Foi observado durante a pesquisa empírica, que para a replicação de um experimento histórico, os alunos não irão criar um problema de pesquisa e devem trabalhar com hipóteses plausíveis ao desenvolvimento do experimento original. Porém, farão as discussões de forma a apresentarem seus próprios argumentos e realizarem análise crítica das etapas do experimento, avaliando as diferentes situações-problema propostas.

Antes de seguir para a Sequência Didática desenvolvida nesta pesquisa para a replicação de experimentos de Darwin, será apresentada, no capítulo 3, uma breve biografia

científica do naturalista, discutindo-se aspectos de sua teoria evolutiva relacionados ao tema particular da dispersão das sementes dos vegetais.

3. CHARLES ROBERT DARWIN (1809-1882) E ALGUNS ASPECTOS DE SUA TEORIA EVOLUTIVA

3.1 Charles Robert Darwin

Charles Robert Darwin é bastante conhecido, tanto na sociedade em geral, quanto no meio escolar. Contudo, nem sempre as informações históricas sobre a obra do naturalista, e o contexto de sua teoria, são apresentadas de forma adequada. Como foi constatado junto aos estudantes que participaram desta pesquisa, há tanto dúvidas quanto interesse e curiosidade sobre as experiências de vida e detalhes das atividades profissionais e científicas de Darwin.

Em função dessa percepção, foi escrita a biografia científica⁴ que se segue. Ela destina-se a oferecer informações gerais que sirvam de subsídio para atividades que possam ser desenvolvidas na escola básica. Foi construída de modo a não conter informações excessivas e desnecessárias, mas de uma forma que o professor ou o aluno possam extrair dados interessantes e relevantes para as discussões pretendidas. Como é característico de uma biografia científica, procurou-se enfatizar os seguintes aspectos:

1. Informações biográficas básicas
2. Formação
3. Atividades científicas
4. Produção científica

Esta biografia poderá ser utilizada pelo professor, para compreender melhor Charles Darwin e ter um material de apoio para a preparação das suas aulas. Também pode ser lida pelos alunos, com o intuito de se informar sobre o naturalista. Há muitas publicações sobre Darwin e o material que o naturalista deixou é bem vasto. Procurou-se selecionar fatos significativos, de fontes confiáveis, principalmente escritos por especialistas em Darwin e História da Ciência.

Da produção científica de Darwin, a discussão será circunscrita ao que Mayr denominou as cinco ideias centrais da sua teoria evolutiva. Também será discutido o estudo

⁴ O termo “biografia científica” é usado aqui no sentido que lhe é dado em publicações que são obras acadêmicas de referência em História da Ciência, tais como os 18 volumes do *Dictionary of Scientific Biography*, editado por Charles Coulston Gillispie (traduzido e adaptado ao português como *Dicionário de biografias científicas*, editado por César Benjamin e disponível em edição virtual com o título *Complete Dictionary of Scientific Biography*) ou o *New Dictionary of Scientific Biography*, editado por Noretta Koertge. Os verbetes destes dicionários são ainda enriquecidos por importante seleção de fontes primárias e secundárias sobre o personagem biografado.

de Darwin sobre a distribuição geográfica de vegetais e os experimentos que visavam compreender os possíveis meios de dispersão das espécies.

3.1.1 Retrato de Charles Darwin

Figura 1. Charles Darwin, em 1880.

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Darwin_1880.jpg?uselang=pt-br#

Charles Robert Darwin (figura 1) nasceu no dia 12 de Fevereiro de 1809, em Shrewsbury, no Oeste da Inglaterra, filho de Robert Waring Darwin (1766-1848) e Susannah Wedgwood Darwin (1765-1817). Como era costume, a casa possuía um nome e era chamada *The mount* (O monte). Charles foi o quinto filho⁵ do casal e o segundo do sexo masculino (De Beer, 1981, p. 565; Browne, 2007, p. 15). Charles Darwin foi assim batizado em homenagem a dois médicos da família: seu tio Charles, que faleceu jovem, quando ainda fazia Medicina e seu pai Robert (Desmond; Moore, 2009, p. 32).

Quando tinha apenas oito anos, no dia 15 Julho de 1817, sua mãe Susannah faleceu. A educação de Darwin continuou sendo feita pelas irmãs mais velhas. Depois da morte da mãe, o garoto começou a frequentar uma escola diurna em sua cidade natal (De Beer, 1981, p. 565). Darwin detestava a “velha e estúpida educação clássica estereotipada” (Desmond; Moore, 2009, p. 420). Mas por ter um desempenho escolar considerado insuficiente pelo pai, Charles Darwin saiu da escola de Shrewsbury, em 1825, antecipando o ingresso no curso de Medicina, na Universidade de Edimburgo. A escolha do curso foi motivada pelos familiares, pois era uma carreira tradicional na família (De Beer, 1981, p. 565).

⁵ Robert e Susanna tiveram seis filhos: Marianne (1798-1858), Caroline Sarah (1800-1888), Susan Elizabeth (1803-1866), Erasmus Alvey (1804-1881), Charles Robert Darwin (1809-1882) e Emily Catherine (Catty) (1810-1866). (Browne, 2011a, p.27)

Darwin não gostava do curso e o que mais era chocante pra ele era assistir a operações realizadas sem anestésicos, o que o fez abandonar a Universidade (De Beer, 1981, p. 565).

Apesar disso, estar na Universidade de Edimburgo foi interessante para estabelecer contatos com o zoólogo Robert Grant (1793-1874) (que conhecia e divulgava as ideias de Lamarck sobre evolução), fazer excursões geológicas com Robert Jameson (1774-1854) e realizar expedições no estuário de Forth para coletar animais marinhos (De Beer, 1981, p. 565).

Em 1827, iniciou o curso de Teologia na Universidade de Cambridge, como preparação para ser pastor anglicano. Obteve o título de licenciado em 1831 (De Beer, 1981, p. 565).

Ainda com essa mudança de Universidade, Darwin não estava satisfeito com a sua formação acadêmica, como pode-se ler em sua autobiografia, escrita em 1876: “Durante os três anos que passei em Cambridge, meu tempo foi tão completamente desperdiçado, com relação aos estudos acadêmicos, quanto em Edimburgo e na escola” (Darwin, 2009, p. 244).

O curso em Cambridge não o agradou, mas como ocorreu em Edimburgo, teve contato com pessoas importantes para a sua carreira como naturalista: Adam Sedgwick II (1785-1873), que ministrava o curso de Geologia e John Stevens Henslow II (1796-1861), que ensinava História Natural. Este último foi o responsável pelo convite à Darwin para participar da tripulação do *H.M.S. Beagle*, navio da frota real inglesa, como naturalista não remunerado (De Beer, 1981, p. 565). Esse convite, para realizar uma volta ao mundo, certamente acarretou uma mudança importante na vida profissional de Darwin.

Não por acaso, o pai de Darwin se opôs ao convite. Ele queria que Charles fosse pastor e se estabelecesse em uma paróquia. Porém, o tio de Darwin, Josiah Wedgwood II (1769-1843), pai de sua futura esposa Emma Wedgwood, conseguiu convencer o cunhado a aceitar e patrocinar a viagem (De Beer, 1981, p. 565).

Em 27 de Dezembro de 1831 iniciou a viagem no *HMS Beagle*, comandada pelo capitão Robert FitzRoy (1805-1865). Essa viagem, que durou cinco anos⁶, foi muito importante para Darwin: fez diversas observações da natureza e dos seres vivos e coletou diversos espécimes. Sem dúvida, essa experiência e conhecimentos biológicos adquiridos durante a viagem foram importantes para a reflexão subsequente sobre a transmutação das espécies.

⁶ A viagem a bordo do *Beagle* foi de 1831 a 1836. Inicialmente estava prevista para durar apenas dois anos, mas foi prolongada.

O *Beagle* atravessou o Atlântico e chegou às costas do Brasil, em 1832, na Bahia e no Rio de Janeiro. Em 1836 voltou à Bahia e ao Recife (Bizzo, 2009, p. 119). Em 1833, explorou o pampa argentino, encontrando fósseis que também foram importantes para a construção posterior de suas ideias evolutivas. No dia 16 de setembro de 1835, o *Beagle* chegou em Galápagos, onde realizou, principalmente, estudos geológicos. No dia 12 de outubro de 1836, Darwin retornou à Inglaterra.

Após as vivências da viagem, Darwin conclui que:

A viagem do *Beagle* foi de longe o mais importante evento da minha vida, e determinou todo meu caráter; [...] Sempre senti que devia àquela viagem o primeiro treinamento real ou educação da minha mente; fui levado a atentar para vários ramos da história natural, e assim minha capacidade de observação melhorou, embora sempre tenha sido bem desenvolvida. (Darwin, 2009, p. 256)

Em julho de 1837, Darwin começou a escrever o *Notebook on transmutation of species* (Caderno de anotações sobre a transmutação das espécies), em que começou a refletir sobre a evolução e modificação das espécies.

Em 1838, leu o *Essay on the principle of population* (Ensaio sobre o princípio da população) de Thomas Malthus, obra que o levou a pensar na luta pela sobrevivência e a elaborar a sua ideia de seleção natural.

Ao publicar *Voyage of the Beagle* (Diário de Viagem do Beagle), em 1839, Darwin ficou ainda mais conhecido na Inglaterra. Nessa época, tornou-se amigo de Joseph Dalton Hooker (1817-1911) e Charles Lyell (1797-1875).

Em 29 de janeiro de 1839, casou-se com sua prima de primeiro grau Emma Wedgwood (1808-1896). Eles viveram procurando investir de modo rentável a fortuna herdada de ambas as partes (Desmond; Moore, 2009, p. 416). Para isso, Darwin leu sobre finanças nos jornais da época, observou os mercados e aconselhou-se com especialistas. Mesmo assim, ainda ficava preocupado, pois a maioria de seus rendimentos era vulnerável às flutuações do mercado de ações (Desmond; Moore, 2009, p. 417). Além disso, ele mantinha criação de animais em uma fazenda. Por fim, deve-se considerar os proventos decorrentes de sua atividade como naturalista, seja como direitos autorais das obras publicadas, seja como produtos agropecuários derivados dos experimentos que realizava.

Darwin e Emma moraram inicialmente em Londres, mas como a saúde de Darwin foi ficando debilitada, mudaram-se em 1842 para o campo, na mansão chamada Down, no vilarejo de Downe, em Kent (a 24 quilômetros de Londres).

Os médicos, na época, não conseguiram diagnosticar os problemas de saúde apresentados por Darwin. Atualmente há diversas interpretações sobre as causas da saúde

frágil de Darwin, desde sintomas físicos a psicológicos (De Beer, 1981, p. 566). Há numerosos trabalhos que tentam explicar os sintomas de Darwin e mencionam desde consequências de engolir nervosamente o ar (aerofagia) até mal de Chagas (Bizzo, 2009, p. 87).

Darwin e Emma tiveram dez filhos⁷. Dentre eles, três morreram ainda na infância. Mas foi marcante para Darwin a morte da filha Anne (Annie), que faleceu com apenas dez anos. Anne faleceu de uma febre semelhante à tifoide (Browne, 2011a, p. 591). A endogamia familiar, também conhecida como casamentos consanguíneos, preocupava Darwin, ao acreditar ter passado a sua debilidade para os filhos. Contando com o seu, eram quatro os casos de matrimônio entre primos de primeiro grau nas famílias Darwin e Wedgwood (Desmond; Moore, 2009, p. 467).

Em 18 de junho de 1858, Darwin recebeu de Alfred Russel Wallace (1823-1913), um texto de oito páginas intitulado *On the tendency of varieties to depart indefinitely from original type* (Da tendência das variedades a se afastarem indefinidamente do tipo original). Esse manuscrito continha, basicamente, uma explicação sobre a origem das espécies muito similar à sua, que fora desenvolvida por vinte anos (Lenay, 2004, p. 87). Pode-se imaginar o impacto que causou sobre Darwin, a leitura de um texto que trazia conclusões semelhantes às suas, sobre a origem das espécies, e que foram obtidas de modo totalmente independente.

Darwin encaminhou o trabalho de Wallace para Charles Lyell que, juntamente com Joseph Hooker e Asa Gray, conheciam as ideias semelhantes de Darwin. Eles sugeriram uma apresentação conjunta dos trabalhos. Assim, o manuscrito de Wallace e um manuscrito que Darwin havia enviado a Asa Gray sobre o tema foram lidos em sessão da Sociedade Lineana de Londres, em 1º de julho de 1858. Os dois manuscritos foram publicados pela Sociedade no dia 20 de agosto do mesmo ano.

Darwin continuou a escrever um trabalho maior sobre as suas ideias desenvolvidas sobre as inúmeras observações e experiências realizadas ao longo dos anos. No dia 24 de novembro de 1859 foi publicado o livro *The origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life* (A origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida), sua principal obra. As seguintes edições da obra foram feitas em 1860 (segunda edição, na verdade, uma simples

⁷ Os dez filhos de Charles Darwin e Emma Wedgwood: William Erasmus (1839-1914), Anne Elizabeth (1841-1851), Mary Eleanor (n.1842), Henrietta Emma (Etty) (1843-1930), George Howard (1845- 1912), Elizabeth (Lizzie, Bessy) (1847-1926), Francis (Frank) (1848-1925), Leonard (1850-1943), Horace (1851-1928) e Charles Waring (1856-1858) (Browne, 2011a, p. 27).

reimpressão), em 1861 (terceira edição), 1866 (quarta edição), 1869 (quinta edição ampliada) e 1872 e 1876 (sexta edição) (Browne, 2007, p. 163)⁸.

Assim como Darwin, Wallace também leu Thomas Malthus e *Os princípios de Geologia*, de Charles Lyell (Bowler, 1989, p. 185). As obras contemporâneas aos dois provavelmente motivaram a escrever ideias semelhantes.

Ambos os autores estavam preocupados com a questão da origem das espécies e propuseram o mecanismo de seleção natural. Ambos consideravam que a variabilidade existente “entre os indivíduos de uma espécie (animais e plantas) e sua transmissão aos descendentes” era um fator importante da modificação das espécies (Carmo, 2006, p. 94). Também ambos consideravam que “a seleção artificial feita pelo homem nos animais e plantas” era relevante para a compreensão do processo evolutivo tal como ocorria na natureza (*Idem*). Também aceitavam o papel da luta pela existência no processo evolutivo, sendo ainda mais severa entre indivíduos de uma mesma espécie. Consideravam que o isolamento geográfico pode ser importante, mas não necessário, para a formação de uma nova espécie. Os dois consideravam que:

[...] a seleção natural ou sobrevivência do mais apto era o principal meio de modificação das espécies. Para eles, ela era decorrente do grande poder de aumento dos organismos existentes na natureza. Além disso, a atuação da seleção natural é sempre no sentido de preservar as variações que tenham utilidade para a espécie. (Carmo, 2006, p. 95)

Mas havia algumas divergências entre os dois, especialmente quanto a alguns pontos relacionados à atuação da seleção natural. Wallace considerava, por exemplo, que a seleção sexual seria restrita aos resultados diretos da luta e combate entre os machos, enquanto Darwin considerava que a seleção sexual ocorria quando a fêmea escolhia um macho em função de suas cores ou habilidades. Darwin admitia que os efeitos produzidos através do uso e desuso eram herdados e tinham muita relevância para o processo evolutivo, enquanto Wallace os considerava muito pequenos e irrelevantes (Carmo, 2006, p. 95).

Desse episódio, é importante destacar alguns aspectos que exemplificam o modo pelo qual o conhecimento científico é produzido e difundido. Efetivamente, Wallace concebeu suas

⁸ Depois da publicação de *A origem das espécies*, Darwin escreveu muitos livros expandindo diferentes aspectos da obra. Entre eles: *The Variation of Animals and Plants under Domestication* (Variação de animais e plantas sob domesticação), de 1868; *The Descent of Man* (A descendência do homem), de 1871; e *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (A expressão das emoções no homem e nos animais), de 1872. Outras obras importantes publicadas pelo naturalista foram: *Fertilization of Orchids* (Fertilização das Orquídeas), de 1862, *The Variation of Animals and Plants under Domestication* (Variações em animais e plantas sob domesticação), de 1868, *Insectivorous plants* (As plantas insetívoras), de 1875, e *Power of Movements in Plants* (Poder de movimento nas plantas), de 1880. O livro *The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms* (A formação de mofo vegetal pela ação de vermes), de 1881, foi publicado seis meses antes de sua morte.

ideias sobre a origem das espécies de modo independente de Darwin, indicando que o conhecimento é construído sobre o que é partilhado pelo conjunto de estudiosos de uma dada época. Além disso, sabe-se que a contribuição de Wallace é relevante para a história da teoria evolutiva, de modo que ele deveria ser lembrado, junto com Darwin (Carmo, 2006, p. 93).

Além disso, o episódio mostra que a interação constante com colegas e amigos contradiz a visão distorcida comumente difundida de Darwin como um cientista recluso, isolado (Browne, 2011a, p. 24). O episódio mostra ainda que a interação com os pares delineia o modo pelo qual os trabalhos são difundidos dentro dessa comunidade, como nas reuniões promovidas pelas associações científicas.

Darwin faleceu em 19 de abril de 1882, provavelmente em decorrência de um ataque cardíaco.

[...] As notícias que nos chegam dizem que ele tinha estado sofrendo de fraqueza do coração, mas continuou trabalhando até o fim. Ele caiu doente na terça-feira com dores no peito, desmaios e náusea. A náusea durou até quarta-feira, e culminou na morte, no período da tarde. Sr Darwin permaneceu plenamente consciente até um quarto de hora antes de expirar. (Trechos do obituário do jornal *The New York Times*, noticiando o ocorrido no dia 19 de abril de 1882 apud Nélío, 2009, p. 234)

Consta em seu atestado de óbito a causa de morte “Síncope de Angina Pectoris”, que é a cessação gradual do coração (Browne, 2011b, p. 668).

Sobre o reconhecimento do seu trabalho, Darwin recebeu pessoalmente durante a reunião comemorativa do aniversário da Royal Society, em 30 de Novembro de 1853, a “Ordem Filosófica do Cavaleiro”, a Medalha Real. Foi uma homenagem aos três livros de Darwin sobre a geologia da viagem do *Beagle*, além de sua pesquisa sobre os invertebrados (Desmond; Moore, 2009, p. 428; De Beer, 1981, p. 576).

Darwin também foi eleito membro da Royal Society em 1839, quando tinha 29 anos de idade. Segundo De Beer (1981) recebeu de três universidades estrangeiras o título honorário de doutor, além de ter sido eleito por 57 das mais importantes sociedades eruditas estrangeiras como membro honorário ou correspondente. A Academia Francesa de Ciências somente outorgou este título a Darwin em 1878. Recebeu do governo prussiano, a cobiçada Ordem do Mérito. Embora não tenha recebido da Inglaterra o título de “*Sir*”, em 1864, ganhou a importante medalha Copley, concedida pela *Royal Society* (Darwin, F., 1887, p.249), pelas pesquisas que desenvolveu em geologia, zoologia e botânica fisiológica. Ao falecer, recebeu homenagens na cerimônia de seu enterro (De Beer, 1981, p. 576).

3.2 Cinco ideias centrais da teoria evolutiva de Charles Darwin, segundo Ernst Mayr

Para uma proposta de leitura a ser feita em uma das aulas da Sequência Didática apresentada na presente pesquisa foi redigido um texto (APÊNDICE C) que sintetiza o que Mayr denominou as cinco ideias centrais da teoria evolutiva de Darwin⁹. Optou-se pela elaboração desse texto para que alunos da rede pública de ensino do Estado de São Paulo pudessem discuti-lo e compará-lo com texto publicado junto a atividades do *Caderno do aluno* (3º bimestre do 3ºano do Ensino Médio) fornecido pela Secretaria de Educação, “As cinco teorias de Darwin”, de Dráuzio Varella (ANEXO A). Embora a Sequência Didática aqui proposta tenha sido aplicada em escola privada, cujos alunos não utilizam esse material, a discussão e comparação dos dois textos mostrou-se proveitosa, como será discutido no capítulo 4. Os alunos puderam perceber diferenças entre um texto de divulgação científica e um texto acadêmico. Identificaram também alguns equívocos no texto de divulgação, o que foi importante para incentivar o desenvolvimento de uma visão crítica dos materiais que chegam ao ambiente escolar.

Em síntese, Mayr chama a atenção para o fato de Darwin referir-se ao seu conjunto de ideias evolutivas no singular, como “minha teoria”. Mas, segundo discute o evolucionista Mayr, o paradigma de Darwin consistiria de várias teorias independentes (Mayr, 2005, pp. 113-114; Mayr, 2006, p. 35). Seriam cinco, segundo esse autor: **evolução propriamente dita, descendência comum, gradualismo, multiplicação de espécies e seleção natural** (Mayr, 2005, p. 115).

A **evolução propriamente dita** é a teoria de que ocorrem mudanças nas espécies, pois o mundo não é constante e os organismos são modificados ao longo do tempo. Essa teoria sustenta as outras quatro teorias evolucionistas, pois os outros elementos presentes nelas não poderiam ser explicados e nem fariam sentido se a evolução não fosse um fato.

A **teoria de descendência comum ou origem comum**, que foi escolhido como aspecto central para as discussões com os alunos nesta pesquisa, é aquela em que cada grupo de organismos descende de uma espécie ancestral, ou seja, houve uma origem única, mas de acordo com o seu ambiente, houve adaptações diferenciadas. As espécies surgem de espécies preexistentes, que tiveram a sua origem no passado, de outras espécies (Meyer; El-Hani, 2005, p. 35).

⁹ Essa proposta de Mayr foi originalmente publicada em um artigo científico, de 1985, e foi retomada em livros posteriores, como o *Biologia, ciência única*, publicado em português em 2005. Diogo Meyer e Charbel El-Hani (2005, p. 34) corroboram a visão de Mayr, de que a “teoria darwinista da evolução” é um conjunto de teorias inter-relacionadas, que remetem a diferentes características do processo evolutivo.

Segundo Mayr, a teoria de descendência comum derivou da observação de espécies das Ilhas Galápagos. Contudo, é preciso fazer uma ressalva sobre essa afirmação, pois Darwin não teve um *insight* enquanto esteve nas Ilhas Galápagos e apenas por observar os bicos dos tentilhões. A compreensão sobre os tentilhões de Galápagos e a reconstrução das localidades das ilhas, bem como as concepções teóricas sobre essas aves só foram feitas por Darwin após o final da viagem, ao estudar os espécimes coletados na Inglaterra. Contrariamente à lenda, os tentilhões de Darwin, ao que parece, não inspiraram os seus primeiros pontos de vistas teóricos sobre a evolução (Suloway, 1982. p. 32).

Quando se fala em descendência comum, pode-se utilizar a metáfora da árvore evolutiva. Ela pode representar um caminhar para trás no tempo, em direção a ancestrais cada vez mais remotos das espécies atuais, que estariam nas ramificações mais baixas da árvore da vida. A metáfora também permite pensar que os seres vivos distribuem-se em ramos que estão todos conectados entre si, sendo que uns estão mais próximos e outros mais distantes (Meyer; El-Hani, 2005, p. 35).

A terceira teoria, segundo Mayr, é a do **gradualismo**. Seria o conceito de que a transformação evolutiva acontece de forma lenta e gradual, isto é, não pela produção rápida (saltacional) de novos indivíduos que representam um novo tipo.

Segundo Meyer e El-Hani, Darwin foi audacioso ao defender este aspecto:

Ao defender um processo evolutivo gradual e baseado na conversão de diferenças entre indivíduos de uma população em diferenças entre espécies, ele oferecia uma única teoria capaz de explicar todos os níveis de diversificação das formas vivas. (Meyer; El-Hani, 2005, p. 37)

Além disso, dava margem a críticas: havia lacunas na diversidade da natureza, pois nem sempre são encontrados os seres intermediários que explicam a transição entre as espécies. Para Darwin, essa lacuna ocorria devido a falhas do registro fóssil (Meyer; El-Hani, 2005, p. 37).

Na quarta teoria, da **multiplicação de espécies**, busca-se a explicação da origem da diversidade orgânica. Darwin propôs que as variações que ocorrem em uma espécie originam as diferenças entre as espécies.

A compreensão de que não são os indivíduos que mudam ao longo do processo evolutivo e sim as populações constitui um dos aspectos mais fundamentais da teoria evolutiva darwiniana. (Meyer; El-Hani, 2005, p. 35)

A quinta e última teoria, da **seleção natural**, é a mais conhecida e a mais inovadora, pois, se na época já havia ideias evolutivas, é certo que não havia outra proposta que explicasse amplamente a evolução dos seres vivos. Além disso, dava uma explicação natural

alternativa àquela oferecida pela Teologia natural (criacionismo). Precisamente daí veio a maior resistência à sua aceitação, pois era difícil abandonar a ideia de um mundo projetado por Deus. Darwin propunha em seu lugar um processo mecânico (Mayr, 2005, p. 128).

Em síntese, para Darwin, a seleção natural ocorre em duas etapas: a produção de variação e a sua discriminação por seleção e eliminação (Mayr, 2005, p. 127). Novamente, neste caso, a evolução é o resultado de mudanças na composição de populações (Meyer; El-Hani, 2005, p. 37).

Mayr argumenta em favor da divisão das cinco teorias acima citadas, considerando que a teoria de Darwin não é um todo indivisível, porque uma ou mais das cinco teorias foram rejeitadas por evolucionistas, apesar de a maioria deles concordar com a inconstância das espécies (Mayr, 2005, p. 115).

3.3 Episódio histórico sobre a distribuição geográfica dos vegetais: hipóteses sobre a origem comum

Para a seleção e a preparação do episódio histórico abordado na Sequência Didática da presente pesquisa, consultou-se o capítulo XII intitulado “Distribuição geográfica” do livro *A origem das espécies*, de Charles Darwin. Nele, o naturalista discute, dentre outros exemplos, a distribuição geográfica de espécies vegetais. Como, entre os objetivos da pesquisa não era o de promover uma contribuição original da obra de Darwin no âmbito da História da Ciência, mas, sim, desenvolver a sua aplicação didática no Ensino Médio, a obra foi analisada na tradução ao português¹⁰, comparando-a, quando necessário, com o original. Trata-se de tradução da 6ª edição da obra, de 1876. Considera-se essa uma edição importante da obra por conter a última revisão do próprio Darwin, somada de um capítulo em que rebate as principais objeções à teoria (Browne, 2007, p. 163).

Foram consultadas também correspondências de Darwin para outros naturalistas (ANEXO C), além de artigos escritos pelo próprio naturalista, informando os resultados dos seus experimentos (a tradução de um desses artigos para o português está no APÊNDICE D).

Darwin não concordava com a ideia dos supercontinentes¹¹ que muitos naturalistas da época, inclusive Joseph Hooker, aceitavam. Segundo Hooker, na Terra do Fogo havia plantas

¹⁰ Optou-se posteriormente à consulta da tradução divulgada no Brasil, pela tradução portuguesa, pois ao cotejar com a fonte primária, mostrou-se mais fiel ao original. Esta é a única edição em português disponível no site <http://darwin-online.org.uk/>.

¹¹ Darwin ficava intrigado com a teoria dos supercontinentes. Dentre as várias questões, ele pensou: “Por que a inexistência das plantas australianas na Nova Zelândia se essas terras estavam antigamente conectadas?” (Desmond; Moore, 2009, p. 461).

em comum com a Tasmânia e a Terra de Kerguelen, uma ilha antiga localizada entre a Austrália e a África do Sul. Mas se as ilhas e continentes estavam estáticos, pelo menos por incalculáveis milhões de anos, a questão era como os animais e as plantas ocuparam estes ambientes. Darwin estava interessado em entender a dispersão marinha das espécies: como ocorria a migração e, como poderia ocorrer a competição com sucesso com plantas nativas, se chegassem a uma praia (Desmond; Moore, 2009, p. 442). A distribuição das plantas pelo mundo dependia de uma série de fatores desconhecidos, que deveriam ser examinados cuidadosamente. Darwin então se organizou para buscar evidências de que os seres vivos podem viajar mais longe do que admitia a maioria dos naturalistas (Browne, 2011a, p. 702).

Charles Darwin se correspondeu através de cartas com diversos naturalistas de várias partes do mundo. Ficou motivado, principalmente, com as de seu colega e amigo, o botânico Joseph Dalton Hooker (1817-1911), a investigar sobre o fato de uma espécie vegetal ser encontrada em dois territórios distantes e distintos um do outro. Era possível imaginar duas possibilidades para explicar esse fenômeno, conforme o próprio Darwin descreveu em seu livro:

(1) a espécie vegetal poderia ter sido criada independentemente nos diferentes locais em que era encontrada;

(2) a espécie em questão possui uma origem única e devido a mecanismos de dispersão de sementes, foi levada para diferentes locais do planeta.

O naturalista considerou a segunda hipótese como a mais correta e buscou encontrar evidências que mostrassem a sua plausibilidade. Se tais evidências fossem encontradas, corroborariam sua teoria evolutiva, alicerçada na origem comum dos seres vivos. Pode-se interpretar que os experimentos que ele realizou e relatou no capítulo XII do *Origem* tenham sido feitos com esse propósito.

Para fornecer evidências de que pode ter ocorrido dispersão de sementes do local de origem para outros lugares, Darwin planejou e executou alguns experimentos que tinham por objetivos verificar (a) a flutuabilidade de estruturas vegetais, (b) a viabilidade do transporte de sementes por correntes marítimas e (c) a viabilidade de germinação das sementes após a imersão na água salgada.

No dia 7 de abril de 1855, Darwin escreveu para Joseph Hooker sobre o início de alguns experimentos com sementes imersas em água salgada (a tradução desta carta consta no ANEXO C, carta nº 1). Muitos naturalistas, inclusive Hooker, acreditavam que as sementes não conseguiriam sobreviver à água do mar (Desmond; Moore, 2009, p. 443). Então, Darwin decidiu investigar e deu início a uma série de experimentos, simples, mas importantes.

Darwin analisou as plantas na própria natureza e, considerou que os ramos, sementes ou plantas inteiras que chegam às praias seriam uma evidência de que elas podem ser dispersas pela água do mar, acidentalmente ou ocasionalmente. A princípio, Darwin selecionou sementes pequenas e lançou-as no mar. Em poucos instantes, todas afundavam e ele achou que elas não poderiam atravessar enormes oceanos, mesmo resistindo à ação nociva da água do mar. Resolveu então lançar no mar alguns frutos maiores e constatou que alguns flutuavam durante um tempo bem maior. Ele também observou que frutos secos flutuam por mais tempo que frutos verdes.

Após observar a flutuabilidade de algumas estruturas vegetais, como frutos e galhos, Darwin investigou se as sementes transportadas por esses frutos ou galhos que chegassem à praia conseguiriam resistir à água salgada. Fez, então, um outro experimento: selecionou sementes de espécies diferentes e deixou-as imersas em água salgada por alguns intervalos de tempo.¹²

Para isso, comprou sal marinho e o misturou em água para compor uma mistura semelhante à água do mar. Em seguida colocou essa água em garrafas de vidro, nas quais introduziu sementes da horta. Colocou as garrafas no jardim e em um tanque cheio de neve no porão para observar se haveria alguma diferença. Em determinados intervalos, plantava as sementes em recipientes de vidro e colocava em cima da lareira, para monitorar os sinais de vida. E aconteceu como Darwin previu: quase todas as sementes brotaram depois de uma semana na água salgada. Darwin teve orgulho de contar para Hooker sobre a germinação e pediu que enviasse sementes que ele achasse que morreriam mais facilmente, para que ele pudesse estimar o tempo de sobrevivência (Desmond; Moore, ano, p. 443). Quando houve a germinação de sementes de agrião e alface, após uma imersão de 21 dias, Hooker admitiu a derrota. Darwin também não esperava que passasse de uma semana (Browne, 2011a, p. 703)

Hooker sugeriu à Darwin fazer o experimento em grande escala, enviando várias sementes exóticas. Mas a casa de Darwin, a *Down House*, não dispunha das mesmas facilidades que o Jardim Botânico de Londres, o *Kew Gardens*, em que Hooker trabalhava. Mesmo assim, em sua casa, era possível observar 40 ou 50 garrafas, nas quais Darwin trocava a água dia sim dia não, para que não ficassem cheirando mal. Darwin cancelou alguns compromissos, para a observação das sementes salgadas (Desmond; Moore, 2009, p. 443). Esse trabalho deveria ser seguido de observações diárias, com um cuidadoso registro de

¹² Na Sequência Didática as sementes foram deixadas por quatro semanas, que é o tempo calculado por Darwin, de acordo com o Johnston's Physical Atlas, para que as correntes marítimas possam levá-las de um continente para o outro. Essa informações está no capítulo XII de *A origem das espécies*.

informações, planejamento e contagem metódica (Browne, 2011a, p. 703). Certamente, ampliar o experimento para uma escala ainda maior seria muito dificultoso.

Depois de um tempo, Darwin observou que as sementes afundavam nos jarros de água, o que diminuiria as suas chances de sobrevivência no mar. Mas percebeu também que as sementes desidratadas flutuavam por algum tempo, não muitos dias, mas o suficiente para sustentar seus argumentos (Browne, 2011a, p. 703).

Aos poucos, Darwin foi se cansando de ter trabalhado tanto nesses experimentos sem ver os resultados que esperava. Muitas sementes, apesar de resistirem à água salgada, afundavam; o transporte para territórios distantes, sem essa capacidade de flutuação, não seria possível. Por isso, começou a trabalhar com outros mecanismos para investigar a dispersão das sementes. Dentre vários outros, pode-se citar o exame de sementes que ficam nos pés de patos e em diversas partes do corpo das aves e a análise de excrementos de aves para identificação de sementes. Darwin plantou algumas dessas sementes, que germinaram. Como muitas pessoas ficaram sabendo dos seus experimentos, coisas estranhas chegavam pelo correio, como pés de aves (Desmond; Moore, ano, p. 464).

Além dos experimentos com as sementes, Darwin tentou diversas estratégias para coletar evidências da dispersão das sementes. Por exemplo, ele mandou uma carta para um marinheiro que naufragou na Terra de Keguerlen, perguntando se ele se lembrava de ter notado troncos flutuantes na praia. Perguntou a vários naturalistas se eles já tinham encontrado sementes no estômago de patos ou, como foi relatado por um homem da baía de Hudson, se as sementes podiam ser carregadas em bancos de gelo flutuantes (Desmond; Moore, ano, p. 442).

O trabalho realizado com os resultados de germinação foi relatado no *Gardener's Chronicle* e foi traduzido¹³ e utilizado na sequência didática (APÊNDICE D).

¹³ Além desta tradução, foram traduzidos também os artigos a seguir, publicados entre 1855 e 1857, que falam sobre a ação da água salgada nas sementes. Os artigos foram consultados no site Darwin online (<http://darwin-online.org.uk/>). A tradução desses artigos será submetida para publicação em periódico da área.

1) **Does sea-water kill seeds?** *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 15 (14 April).

2) **Does sea-water kill seeds?** *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 21 (26 May): Este artigo foi traduzido para ser utilizado na Sequência Didática desta dissertação.

3) **Effect of salt-water on the germination of seeds.** *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 47 (24 November).

4) **Effect of salt-water on the germination of seeds.** *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 48 (1 December).

5) **On the Action of Sea-water on the Germination of Seeds.** [Read May 6th, 1856.] *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London (Botany)*.

Além das cartas para Joseph D. Hooker (cartas nº 1, 2, 4 e 6) foram selecionadas outras cartas (cartas nº 3 e 5) que o naturalista enviou ao botânico Asa Gray (1810-1888). Nelas, contava de seus experimentos, pedindo informações e tirando dúvidas sobre os vegetais. Também enviou ao *Gardener's Chronicle* nova carta (carta nº 7) em que complementa informações relacionadas ao artigo publicado no periódico (ANEXO C). Ao falar sobre os tempos de sobrevivência no *Gardener's Chronicle*, Darwin questionou sobre a capacidade de estabelecimento da semente em novo território (Desmond; Moore, ano, p. 444). Este seria outro desafio, caso a semente que fosse dispersa pela água do mar e tivesse resistido à água salgada

Na Sequência Didática, as cartas que foram enviadas a Joseph Hooker e ao *Gardener's Chronicle* foram disponibilizadas para servir de leitura complementar e fornecer subsídios para a elaboração das produções textuais dos alunos.

Após o conhecimento do episódio histórico, pode-se chegar à conclusão de que Darwin não trabalhou sozinho, isoladamente. Segundo Janet Browne (2011), é evidente que um grande número de pessoas esteve envolvido nos projetos científicos de Darwin. Contemporâneos do *Beagle*, esposa, filhos, amigos, vizinhos, uma grande variedade de correspondentes, familiares, dentre outros, auxiliaram na promoção das pesquisas evolucionárias do naturalista (Browne, 2011a, p. 23-24).

4. METODOLOGIA

Neste capítulo serão expostos os passos metodológicos da pesquisa empírica referente à aplicação de Sequência Didática sobre o papel dos experimentos de dispersão de sementes na teoria evolutiva de Charles Darwin no livro *Origem das espécies*.

4.1 Universo da pesquisa

A pesquisa desenvolvida nesta dissertação é considerada como qualitativa. Segundo Robert Bogdan e Sari Biklen (1994), a investigação qualitativa associa diversas estratégias de pesquisa que possuem algumas características. São citadas: as questões de investigação não se estabelecem pela operacionalização de variáveis, mas são elaboradas com o objetivo de investigar os fenômenos, com toda a sua complexidade e em contexto natural; os pesquisadores não realizam a pesquisa com o intuito de responder a questões prévias ou testar hipóteses. Questões específicas podem ser selecionadas à medida que os dados forem coletados; os dados da investigação qualitativa são repletos de descrições relativas a pessoas, locais e conversas (Bogdan; Biklen, 1994, p. 16).

A investigação qualitativa é definida por ter cinco características (apesar de ser possível nem todos os estudos qualitativos possuírem todos os itens):

1) O ambiente natural é a fonte de dados e o investigador é o instrumento principal. Mesmo com a utilização de equipamentos de vídeo e áudio, há pesquisadores que utilizam apenas as anotações realizadas ou que devem complementar as informações de acordo com as suas percepções (Bogdan; Biklen, 1994, pp. 47-48).

2) A pesquisa é descritiva. Os dados são descritos em forma de palavras ou imagens e não em números (Bogdan; Biklen, 1994, p. 48)

3) Os pesquisadores atentam-se mais ao processo do que aos resultados e produtos (Bogdan; Biklen, 1994, p. 49)

4) A análise dos dados é feita de forma indutiva. Os dados não são recolhidos com o objetivo de confirmar hipóteses construídas previamente. As abstrações são organizadas assim que os dados, que foram obtidos, vão sendo classificados (Bogdan; Biklen, 1994, p. 50).

5) O significado é fundamental na investigação qualitativa, pois interessa aos pesquisadores “como as pessoas dão sentido às suas vidas” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 50).

4.1.1 A escolha da escola

No projeto inicial desta dissertação era prevista a realização da Sequência Didática em seis aulas de 50 minutos, em seis semanas não consecutivas, em uma escola estadual, no segundo semestre de 2012. Nas escolas da rede pública estadual de São Paulo, o referencial de conteúdo está na *Proposta Curricular do Estado de São Paulo* (São Paulo, 2008) e, por isso, o planejamento inicial era da aplicação da Sequência Didática em salas de terceiro ano do Ensino Médio, no 3º bimestre, quando são trabalhados conceitos de Evolução¹⁴.

Mas houve uma alteração e adaptação da sequência didática para aplicação em duas turmas de segundo ano de Ensino Médio, em uma escola particular do município de São Paulo. Foram realizadas seis aulas de 65 minutos cada, no primeiro semestre de 2012, pois é o período em que as turmas de segundo ano do Ensino Médio, da Escola da Vila, tem o tema da evolução dos seres vivos em sua grade curricular. A alteração do local de aplicação, de uma escola pública para uma escola particular, ocorreu devido à conveniência da aplicação por professora e escola que se mostraram francamente interessados no projeto. Participaram da Sequência Didática duas turmas de segundo ano do Ensino Médio, um total de cinquenta e três alunos.

4.1.2 Perfil da professora

A aplicação foi feita pela professora Luciana Valéria Nogueira (figura 2), membro do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP (desde 2011) e professora de Biologia. Luciana Nogueira se formou em 1999 em Ciências Biológicas (licenciatura e bacharelado) e é mestre em Educação (linha de pesquisa: Psicologia e Educação), desde 2009 pela Universidade de São Paulo. A professora Luciana também está terminando a graduação em Filosofia, também pela Universidade de São Paulo e pretende fazer doutorado na linha de pesquisa de História e Filosofia da Biologia, no departamento de Genética do Instituto de Biociências da USP.

¹⁴ Na Proposta Curricular de Biologia do Estado de São Paulo, em “Temas e conteúdos da Proposta Curricular de Biologia”, no 3º ano do Ensino Médio, consta no tema 7: Origem e evolução da vida, (subtema do 3º bimestre A origem da vida e ideias evolucionistas) o conteúdo específico “as ideias evolucionistas de Darwin e Lamarck (São Paulo, 2008, p.55)

Figura 2. Professora de Biologia, Luciana Valéria Nogueira (Lua)

A professora Luciana trabalha como professora de Biologia no Ensino Médio, desde 2001, na rede particular de ensino de São Paulo.

Na Escola da Vila, tinha a ajuda de uma auxiliar de classe, a graduanda em Ciências Biológicas Bruna Rodrigues Ferreira, nas atividades de aula. Também tinha o apoio da equipe do laboratório, nas atividades experimentais, da professora de Biologia e coordenadora dos laboratórios de ciências naturais Tatiane Braga Afonso e da graduanda em Ciências Biológicas Cristina dos Santos Silva.

É notável na experiência profissional da professora Luciana a atuação em escolas construtivistas e a participação em projetos interdisciplinares, com colegas de outras matérias.

4.1.3 Perfil da Escola da Vila, dos alunos e do currículo

A Escola da Vila¹⁵ é uma escola particular, localizada no município de São Paulo, que possui cursos para a educação básica (educação infantil, ensino fundamental 1 e 2 e Ensino Médio) e também atua com formação de professores (pós-graduação na área de educação

¹⁵ Algumas informações sobre a Escola da Vila foram consultadas do site da escola (<http://www.vila.com.br/>) Acesso em 06 de Maio de 2013 e no livro *30 olhares para o futuro*. São Paulo: Escola da Vila, 2010.

infantil, cursos livres e projetos especiais). A Escola da Vila iniciou as suas atividades em 1980, a princípio, com a educação de crianças de 2 a 6 anos e com a formação de professores.

Possui duas unidades de ensino: uma no Butantã e outra no Morumbi e, a sua localização em área privilegiada na cidade de São Paulo influencia no público que a frequenta, que é de classe econômica alta. A sequência didática foi aplicada na unidade Morumbi.

A escola possui uma boa estrutura, tendo em todas as salas de aula do Ensino Médio um projetor multimídia, computador e wireless, além de assistência técnica da equipe de informática. Possui também biblioteca, laboratório, quadras esportivas e cantina. Há uma área verde na escola que torna esse ambiente bem agradável.

Na área pedagógica, a escola possui um coordenador do Ensino Médio, orientadores educacionais de diversas áreas, professores de área e de classe, auxiliares de classe e estagiários.

A escola adota uma linha construtivista da Educação. Não fica explícito no site o tipo de construtivismo adotado. No livro, *30 olhares para o futuro*, edição comemorativa da escola, do ano de 2010, na introdução do livro, Zélia Cavalcanti realiza um histórico das propostas pedagógicas da escola, desde a sua criação. Inicialmente o Centro de formação de professores, em 1980, teve o contato com o trabalho de Emilia Ferreiro, que foi o alicerce para as bases teóricas da proposta construtivista da escola nos anos 90, para as primeiras séries do Ensino Fundamental. Ao longo dos anos, de acordo com as necessidades e novas demandas educacionais, ocorreram aprofundamentos do conhecimento didático, optando-se por novos autores e a colaboração de educadores com experiência em diversas áreas, que desenvolvem pesquisas com o construtivismo.

O currículo do Ensino Médio está dividido em áreas de conhecimentos, em que há uma integração das disciplinas. As áreas são: Ciências Humanas, Códigos e linguagens, Ciências Naturais e Matemática.

Sobre o currículo de Ciências Naturais, no site da escola, há a seguinte perspectiva:

O currículo definido visa desenvolver a compreensão da ciência como uma construção humana que utiliza modelos explicativos, os quais são abordados segundo sua complexidade e abrangência crescentes e com especial atenção à linguagem, conceitual e simbólica, característica da área.

As atividades experimentais e as práticas de investigação, ainda segundo o site da escola, devem proporcionar a correlação entre a observação dos fenômenos e o uso (ou

construção) dos modelos, que é uma vinculação central no método científico [sic]¹⁶. Para isso, “as experimentações são planejadas, observadas e discutidas em um ambiente de intercâmbio organizado e como apoio à aprendizagem conceitual”.

O segundo ano do Ensino Médio, a série escolhida para a aplicação por ter como conteúdo programático evolução biológica, possui em sua grade semanal de aulas, três aulas de Biologia, com duração de 65 minutos cada.

O material de ensino utilizado pelos alunos, na maioria das vezes, é produzido pelos próprios professores. São apostilas, textos e listas de exercícios. Em algumas disciplinas, são utilizados livros didáticos de apoio.

Quanto a participação dos pais em relação à Sequência Didática, eles foram avisados pela escola, assinaram um termo de consentimento autorizando a participação dos filhos e tiveram relatos das atividades desenvolvidas nas reuniões.

A Escola da Vila também possui ambientes virtuais de aprendizagem. Possui blog, portal para consulta de informações escolares para os pais e alunos, site da biblioteca e sites culturais, além do AVA (Ambiente Virtual de Aprendizagem) que foi utilizado para discussões e postagens de atividades propostas na sequência didática. É utilizado o moodle como ambiente virtual de aprendizagem, que visa complementar as atividades realizadas nas aulas. A proposta da escola com a utilização do AVA é a de ter um meio com envio rápido de informações, facilitar a administração de entregas de tarefa de casa, proporcionar um espaço colaborativo entre professores e alunos, além de permitir revisões autônomas por parte dos alunos.

4.2 Sequência Didática

A Sequência Didática foi desenvolvida baseada no referencial discutido por Martine Méheut e Dimitris Psillos (2004).

Embora, anteriormente muitos termos já foram usados, recentemente o termo TLS (Teaching-Learning-Sequence) está sendo utilizado para relacionar a ligação entre o ensino proposto e a aprendizagem esperada do estudante, como uma característica distinta de uma sequência de pesquisa inspirada por tópicos orientados. Segundo Méheut e Psillos:

[...] uma TLS é tanto uma atividade de pesquisa intervencional quanto um produto, como um pacote de unidade do currículo tradicional, que inclui atividades de ensino-aprendizagem pesquisados empiricamente e adaptados ao raciocínio do aluno. Às vezes são incluídas expectativas quanto às reações dos alunos. (Mehéut; Psillos, 2004, p.516)

¹⁶ Método científico, no site, está no singular.

No desenvolvimento de uma TLS deve se considerar as pesquisas sobre as concepções de estudantes, as características do conteúdo científico específico, os pressupostos epistemológicos, perspectivas de aprendizagem, abordagens pedagógicas atuais e as características do contexto escolar (Mehéut; Psillos, 2004, p.516).

Para o desenho de uma TLS, segue um modelo simples de situações de Sequência Didática. Este modelo, denominado losango didático (figura 3), possui quatro componentes: professores, estudantes, mundo material e conhecimento científico a ser desenvolvido. (Mehéut, 2005, p. 196)

Figura 3. Losango didático. Fonte: Méheut; Psillos, 2004, p. 517

O eixo vertical representa uma dimensão epistêmica, que é como o conhecimento se relaciona com o mundo material. Pode se encontrar hipóteses sobre os métodos científicos e os processos de elaboração e validação do conhecimento científico (Mehéut, 2005, p.196).

No eixo horizontal, há a representação da dimensão pedagógica. Neste eixo é possível fazer escolhas do papel do professor, os tipos de interações entre professores e alunos e próximo ao vértice dos estudantes pode se colocar as expectativas sobre as interações entre os educandos (*idem*).

Na Sequência Didática aplicada nesta pesquisa, utilizou-se tanto a dimensão epistêmica, quanto à pedagógica. Ao propor as situações problemas de Charles Darwin sobre a dispersão das sementes, os estudantes tiveram que elaborar hipóteses sobre os métodos

científicos, em busca do conhecimento e de explicações plausíveis ao mundo material. Quanto à dimensão pedagógica é apresentado o modo como se espera as interações entre professor e alunos e as interações entre os estudantes. Especificamente nesta pesquisa, apesar de estarem presentes as duas dimensões, é relevante a dimensão epistêmica para se trabalhar a História da Ciência no ensino.

4.2.1 Sobre a elaboração da Sequência Didática

A primeira versão, entregue para a professora Luciana foi modificada de acordo com a realidade escolar, gerando uma segunda versão (conforme descrito em Pré-teste) que é a versão efetivamente aplicada. A terceira versão, de acordo com as observações e reflexões sobre a pesquisa, contém algumas reformulações para aplicação futura.

Após o estudo do episódio histórico e elaboração da Sequência Didática, esta passou por quatro etapas de pré-teste. O primeiro pré-teste da Sequência Didática foi efetuado em atividade desenvolvida em aula da disciplina de Estratégias de Ensino de Genética e Evolução do IB-USP, ministrada pela prof. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes (orientadora desta dissertação), no segundo semestre de 2011. O segundo foi realizado com os membros do Grupo de Pesquisa de História da Biologia e Ensino do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo (IB-USP), coordenado pela mesma docente. O terceiro pré-teste refere-se aos experimentos, que foram executados previamente pela autora desta pesquisa e pela pós-graduanda Rosa Andréa Lopes Souza, professora e membro do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP. O quarto pré-teste foi feito com a professora Luciana Valéria Nogueira, que aplicou a Sequência Didática.

4.3 Pré-testes realizados

Segundo Denise Polit e Bernadette Hungler (1995), uma das definições de pré-teste é a da aplicação de uma atividade-teste, de um instrumento que foi elaborado, para a identificação de falhas ou de estimativa do tempo necessário para a realização (Polit & Hungler, 1995, p. 369). A seguir, serão descritos os pré-testes realizados antes da aplicação da Sequência Didática.

4.3.1 Pré-teste 1 da Sequência Didática com graduandos em Ciências Biológicas, do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo

Com o objetivo de discutir o uso da História da Ciência no ensino de Biologia, através do uso de documentários e da replicação de experimentos históricos, além de apresentar e

discutir a Sequência Didática, no dia 11 de Outubro de 2011, na disciplina BIO 0449 Estratégias de Ensino de Genética e Evolução para o Ensino Médio, do IB-USP, foram realizadas algumas atividades com os graduandos. Foi exibido integralmente o documentário *Dangerous ideas* (Ideias perigosas), da série *Darwin's Garden* (No jardim de Darwin), da BBC (UK). Sobre o documentário, percebeu-se que os alunos tiveram reações e expressões de surpresa em relação a alguns aspectos da atividade científica de Charles Darwin ¹⁷. Alguns disseram que “não sabiam que Charles Darwin era tão criativo”, outros disseram que desconheciam o lado experimental de Darwin ou que tinham a imagem de Darwin como somente escritor.

Os alunos foram divididos em quatro grupos: dois grupos deveriam criar sequências didáticas utilizando o experimento histórico sobre a dispersão das sementes, apresentada no documentário; o terceiro grupo deveria criar uma Sequência Didática de maneira livre, mas que discutisse qualquer um dos experimentos apresentados no documentário, utilizando a História da ciência em sala de aula; e o quarto grupo deveria validar, através de um pré-teste, a Sequência Didática criada para esta dissertação.

Esta pesquisadora acompanhou a discussão do último grupo, composto por quatro alunos. Foram anotadas críticas, sugestões e elogios, além da possibilidade de esclarecimento de aspectos da Sequência Didática que não tinham sido compreendidos pelos estudantes.

Sobre a aplicação prática, os alunos sugeriram o planejamento de estratégias para cumprir todas as atividades previstas, de acordo com as diferentes possibilidades de distribuição das aulas, pois são duas aulas de Biologia por semana na rede estadual paulista de Educação. Dependendo da organização das aulas, que formam o horário escolar, elas podem ser “dobradinhas”, ou seja, duas aulas de 50 minutos seguidas ou cada uma das aulas ser em horários ou em dias diferentes. Em atividades, como a realização da segunda fase do experimento das sementes, isto é, plantar as sementes que ficaram em água salgada para verificar a germinação, o professor que aplicará a sequência deve colocar as sementes em água salgada três semanas antes da primeira aula. Se as duas aulas não são no mesmo dia, o professor deve se programar para que o material do experimento esteja disponível no dia previsto para a realização do segundo experimento.

Para a falta de tempo para a aplicação, foi sugerida a possibilidade de a Sequência Didática ser aplicada como um projeto durante o horário normal das aulas, em que cada semana um professor de uma matéria cederia a sua aula. Nesse caso, não sobrecarregaria o

¹⁷ Os dados apresentados sobre essa aula são oriundos de anotações de campo.

tempo de apenas uma disciplina em relação ao cumprimento da programação. O professor que fosse aplicar a Sequência Didática deveria combinar anteriormente os dias para que não houvesse imprevistos.

Os alunos perguntaram se seria possível aplicar a sequência em outras séries que não fosse o 3º ano do Ensino Médio e se seria necessário para a Sequência Didática que os educandos tenham algum conhecimento prévio. Eles acharam melhor não fazer no 3º ano porque é ano de vestibular e a sequência utilizaria muitas aulas. A escolha do 3º ano do Ensino Médio foi pelo currículo, pois os estudantes deveriam estudar evolução biológica no 3º bimestre. Mas a Sequência Didática pode ser aplicada em escola pública ou particular, desde que os conteúdos de evolução sejam trabalhados no ano letivo em questão. Sobre a necessidade de conhecimento prévio, a Sequência Didática é uma estratégia complementar às aulas de evolução ministradas pelo professor de Biologia, ou seja, os estudantes antes de ter contato com a Sequência Didática já terão visto noções básicas de evolução. Mas para a elaboração de hipóteses e desenvolvimento das atividades, não é necessário um conhecimento prévio ou aprofundado.

Os graduandos demonstraram preocupação com o tempo para a aplicação da Sequência Didática, pois a princípio foram planejadas sete aulas, e geralmente os conteúdos de Evolução são os últimos assuntos trabalhados durante o período letivo. Foi feita uma revisão das aulas e a Sequência Didática ficou com seis aulas.

Foi questionado também se o experimento prévio, a ser feito pelo professor, seria factível, pois dependeria do tempo e de quantas turmas seriam escolhidas. Por isso, eles sugeriram que o professor pudesse levar o experimento em diversas etapas, antes e/ou depois dos 28 dias de imersão em água salgada.

A proposta inicial da Sequência Didática era a de que houvesse um intervalo de 28 dias entre as aulas, tanto para o experimento da imersão das sementes em água salgada, quanto para a germinação. Os graduandos acharam que isso quebraria o ritmo das aulas.

Na Sequência Didática apresentada neste dia, havia apenas a descrição das atividades. Os estudantes sugeriram acrescentar em cada aula uma contextualização e os conteúdos a serem trabalhados.

Quanto aos materiais disponíveis na escola, os estudantes sugeriram pensar em alternativas, caso não houvesse equipamento (televisão e DVD, ou computador com drive de DVD e data show) para exibir o documentário. Na rede pública estadual de São Paulo, pelo menos, as escolas recebem (e possuem, na maioria delas) esse equipamento.

Quanto à avaliação proposta, que era a de que cada grupo fizesse um artigo ou relatório sobre a sua parte do experimento (a sala, a princípio, seria dividida em três grupos distintos quanto a realização de tarefas: o primeiro faria o experimento da flutuabilidade das estruturas vegetais; o segundo, o da imersão das sementes em água salgada; e o terceiro verificaria a germinação das sementes). Mas os graduandos alertaram sobre o perigo de fragmentação de assuntos, ou seja, os estudantes não seriam capazes de relacionar o experimento realizado com a atividade feita pelos outros grupos. Por isso, foi proposta uma integração dos grupos, através do pedido de um resumo sobre o que cada grupo entendeu sobre o experimento dos outros, para questionar, como o experimento do outro influencia o que o grupo realizou.

Quanto à apresentação da Sequência Didática, acharam que não ficou clara quais eram as orientações para o professor ou para o aluno. A construção de uma Sequência Didática que tivesse todas as orientações necessárias, sem ser grande demais e cansativa, além de ser objetiva, foi um desafio.

As considerações finais do grupo foram: essa Sequência Didática para ser aplicada dependerá do tempo e da vontade do professor. Concluíram também que as seguintes questões seriam importantes para se pensar:

- 1) Como seria a adesão dos alunos se fosse um projeto e não aulas “obrigatórias”?
- 2) Qual é o compromisso que o professor tem com o currículo, visto que os alunos no 3º ano do Ensino Médio devem fazer o ENEM ou prestam vestibular?

De uma maneira geral, os alunos gostaram da sequência proposta e apresentaram uma boa receptividade. Acharam também que foi criativa, mas o tempo proposto (7 aulas) para a realização das aulas seria um fator limitante para a aplicação completa.

Ao final das discussões, foram feitas algumas observações pelos alunos e pela professora, para a melhoria da Sequência Didática:

- Na avaliação, colocar o número de turmas que deverá ser aplicada.
- Se o experimento for feito com garrafa pet, não podem ser utilizadas as próprias tampas de plástico, mas com algodão.
- Testar antes se a garrafa pet altera algo no experimento.
- Acrescentar nos materiais da Sequência: pinças, recipiente para descartar a água das garrafas, TV e aparelho de DVD ou computador com drive de DVD e *data show*.
- Fazer a edição do documentário, para que a duração do trecho a ser mostrado dure 10 minutos.

- Para que não quebre o ritmo das aulas, durante os 28 dias dos experimentos, os grupos deverão observar e fazer registros dos experimentos semanalmente, além de aguar os vasos, no caso do grupo que fará o experimento da germinação.

4.3.2 Pré-teste 2 da Sequência Didática com pós-graduandos e membros do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP

No dia 23 de Novembro de 2011, foi feito um segundo pré-teste no Seminário de História da Biologia e Ensino, no laboratório de licenciatura (LabLic) do Instituto de Biociências, da Universidade de São Paulo, com pós-graduandos, professores e pesquisadores em ensino de Ciências.

Novamente foi perguntado sobre o público-alvo: se a sequência seria somente para estudantes de 3º ano do Ensino Médio e da rede estadual. Principalmente, em relação à rede estadual, pois alguns professores trabalham apenas em escola particular e possuem interesse em colocar em prática uma Sequência Didática como a que foi apresentada. O professor que aplicará a sequência pode adaptá-la para outras turmas, desde que eles tenham no ano letivo os conteúdos de Evolução, principalmente sobre a teoria de Charles Darwin.

Foi sugerido modificar o tratamento do professor na Sequência Didática, que deveria ser sem especificação do sexo.

Quanto ao número de semanas (seis semanas), foi colocado que dependendo da escola, poderia ter provas bimestrais durante o horário de aulas e que talvez pudesse atrapalhar a execução da Sequência Didática no tempo previsto.

Em relação às orientações para o professor, faltou figuras/fotos do modo de fazer o experimento. Deveria ter ficado mais explícito também que a garrafa não pode ser fechada com tampa, mas com algodão, e que como a sugestão de sementes fossem aquelas de saquinho, quanto à quantidade a ser usada deveria ser todo o conteúdo do envelope.

Uma das sementes sugeridas foi o tomate e foi a levantada a possibilidade de fazer o experimento com as sementes do fruto, depois de retiradas e secas. Nesse caso, seria interessante dobrar a quantidade de sementes para evitar contaminação.

Na primeira aula, foi comentado que havia muitos objetivos e atividades para uma aula de 50 minutos. Segundo alguns professores, não daria tempo de apresentar a situação-problema e elaborar hipóteses.

Quanto aos textos de apoio para o professor e também o acesso a textos que está na apostila do aluno (do Estado) que seriam utilizados, foi sugerido que seja elaborada uma

referência teórica para o professor e que sejam disponibilizados os textos e materiais produzidos em um site ou blog, pois os professores da rede particular não trabalham com o caderno do aluno da rede estadual. Por exemplo, será trabalhado um texto que está no Caderno do aluno e do professor (As cinco teorias de Darwin – Dráuzio Varella). Esse texto está disponível para consulta na Internet, mas seria interessante reunir todos os materiais em um lugar, para melhor organização e clareza.

Na proposta da Sequência Didática, foi colocada que algumas aulas seriam com slides, principalmente para mostrar fotos. Foi proposto de retirar essa necessidade, elaborando material alternativo que possa ser usado sem esse equipamento, pois nem todas as escolas possuem tal recurso.

Foi sugerido que na situação-problema 2, fosse modificada a pergunta para “quais seriam os obstáculos que uma semente ou fruto enfrentaria para atravessar o mar? Quais as facilidades?”, além de melhorar a contextualização, enfatizando a questão principal que é “uma espécie surgiu em um lugar ou em vários lugares?”. Foi colocada também a inversão do que foi proposta: em vez de começar falando da teoria de Darwin, para depois colocar as situações-problema, poderiam ser apresentados primeiramente os problemas para depois serem desenvolvidos os tópicos teóricos.

Quanto aos experimentos, foi sugerido realizar o da flutuabilidade das estruturas vegetais em um balde ou em um aquário e que as sementes fossem diferentes daquelas utilizadas nos outros experimentos. Para a medição da quantidade de sal para cada litro de água (35g), foi sugerido que uma tampinha de caneta “bic” é equivalente a 1g. Houve também a sugestão de um grupo controle do experimento: plantar sementes que não ficaram em água salgada.

Quanto às leituras, é uma preocupação como fazer com que os estudantes leiam, pois muitos não possuem esse hábito. Algumas questões a se pensar sobre isso: Os textos serão lidos previamente ou durante as aulas? Como deixar o texto mais interessante?

Sobre a avaliação da sequência, além de esta ocorrer durante todo o curso, a entrega do relatório ou artigo pode não ser tão estimulante para os estudantes (pois entrega de atividades é algo habitual). Foi sugerida a criação de um blog para divulgar os resultados e os trabalhos dos grupos, além de fotos das aulas. Outra possibilidade seria a apresentação dos trabalhos em uma feira de ciência. Deve-se pensar nessas estratégias, pois como deverá ser a atitude do professor para o incentivo de realização das atividades (foi considerado que nem todos os adolescentes gostam de botânica ou de “mexer com plantas”)?

Alguns pesquisadores do grupo se interessaram em realizar os experimentos em casa, para compartilhar informações e comparar os resultados. Mas somente uma pesquisadora do grupo realizou o pré-teste do experimento, como será relatado adiante.

Após este pré-teste, a discussão de alguns aspectos continuaram a ser feitas no grupo de e-mails e em e-mails pessoais. Foi sugerido, por exemplo, a compra de água do mar artificial, vendida para o uso em aquários.

No dia 30 de Janeiro de 2012, a professora Luciana Valéria Nogueira, propôs por e-mail a aplicação da Sequência Didática na escola em que ela dava aula. A aceitação da proposta por esta pesquisadora ocorreu no mesmo dia e foram marcadas reuniões para a discussão das estratégias a serem utilizadas, que serão descritas abaixo.

4.3.3 Pré-teste 3 com a professora que aplicou a Sequência Didática

O terceiro pré-teste aconteceu um pouco antes da aplicação da Sequência Didática, com a professora Luciana Valéria Nogueira. Foram realizadas reuniões entre a professora e a pesquisadora desta dissertação com o propósito de avaliar a proposta inicial da Sequência Didática e adaptá-la, principalmente quanto à adequação do tempo das atividades e de recursos. Em alguns momentos, foram também trocados e-mails com material elaborado e sobre as adaptações à Sequência Didática.

A primeira reunião presencial, entre a professora, esta pesquisadora e a orientadora desta dissertação, ocorreu no dia 08 de Fevereiro de 2012. Foram discutidos os conteúdos e estratégias a serem feitas, e as providências que eram necessárias para o início da aplicação.

No dia 15 de Fevereiro de 2012, a diretora da escola, Sônia Maria Barreira, por e-mail, concordou com a aplicação da Sequência Didática, com a presença da pesquisadora e das filmagens em sala de aula, com a condição da Escola da Vila possuir as cópias dos vídeos, para que pudessem ser utilizados em formação interna¹⁸.

Além dos e-mails trocados entre a professora e esta pesquisadora, reuniões foram feitas frequentemente, em intervalos entre as aulas.

A professora Luciana, propôs uma avaliação da Sequência Didática diferente da que foi proposta e elaborou roteiros e questões (ANEXO E e ANEXO F), com a participação da auxiliar de classe Bruna e desta pesquisadora.

¹⁸ São citadas as seguintes finalidades: formação interna com discussão com o grupo de Ensino Médio, focando os conceitos de Sequência Didática; discussão na área de Ciências da Natureza, incluindo o fundamental 2, com foco na abordagem e metodologia utilizada; e eventual uso em outros processos formativos internos, com foco na gestão de aula.

4.3.4 Realização preliminar dos experimentos

Para verificar o tempo necessário, testar os materiais e formas de realização foram feitos previamente por esta pesquisadora os experimentos propostos na Sequência Didática. A seguir, a descrição de como foram feitos.

4.3.4.1 Primeira parte do experimento da Sequência Didática

No dia 3 de Janeiro de 2012, no período da manhã, esta pesquisadora separou e fotografou itens necessários para a preparação do experimento, que foram realizados logo em seguida.

1ª parte do experimento – Imersão das sementes em água salgada

Objetivos:

- Preparar a fase inicial do experimento de germinação de sementes imersas em água salgada por 28 dias

Duração: 25 minutos

Material:

- Seis tipos de sementes, encontradas em loja de jardinagem: ervilha, repolho, rabanete, tomate, cebola e agrião (as mesmas sementes que foram escolhidas no experimento do documentário e foram utilizadas por Darwin)¹⁹.
- Seis garrafas pet vazias (a mesma quantidade que o número de tipos de semente selecionadas).
 - Água.
 - Sal (35g para cada litro de água)
 - 1 tampa de caneta “bic” ou 1 balança digital
 - 1 etiqueta ou fita crepe para tampar a extremidade da tampa da caneta bic (caso não tenha balança digital)
 - Recipientes ou copos plásticos descartáveis para a separação da quantidade de sal

¹⁹ Das seis sementes, apenas o tomate não foi mencionado nas fontes primárias utilizadas nesta dissertação, mas foi mencionado por Darwin no artigo “On the Action of Sea-water on the Germination of Seeds”, publicado em 1856, no *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London (Botany)* volume 1, páginas de 130-140.

- 1 caneta para retroprojektor (encontrada em papelarias)
- Algodão
- 1 Funil
- 1 colher (pode ser daquelas de suco) para mexer a água salgada

Procedimentos:**1) Preparação da água salgada**

Para simular a água do mar, é necessário fazer a preparação da água salgada para colocar as sementes. A proporção de sal para cada litro de água é de 35 g.

Dica. Se a escola não possuir uma balança eletrônica, é possível medir a quantidade de sal através de uma tampa de caneta “bic”, que corresponde a 1g. Feche com uma etiqueta o final da tampa (figura 4).

Figura 4. Tampa da caneta com etiqueta

Como pode notar-se, 1g corresponde a uma tampinha de “bic” não muito cheia (figuras 5 e 6).

Figuras 5 e 6. Quantidade de sal na tampa de caneta, correspondente ao conteúdo de um saquinho de sal de 1g

É um procedimento trabalhoso, pois para cada litro de água, deve-se separar 35 tampinhas de sal. Mas é um modo de se fazer, caso não se tenha disponível uma balança eletrônica.

Deve-se organizar em recipientes, como copos descartáveis, por exemplo, as medidas de 35g em cada (figura 7).

Figura 7: Seis copos descartáveis contendo 35g de sal em cada

Se houver balança digital, para cada litro de água deve-se medir 35 g de sal (figura 8).

Figura 8: Balança digital

2) Preparação das garrafas

Foram separadas 6 garrafas pets de água (1,5l). Foram retirados os rótulos e as tampas (figura 9)²⁰

Figura 9. Garrafas pet de 1,5l.

3) Preparação dos materiais de apoio

Foram separados para dar prosseguimento ao experimento, os seguintes materiais: algodão, uma jarra com medidas de líquidos (figuras 10 e 11), uma jarra de 2l, uma colher (figuras 12 e 13) e um funil.

Figuras 10 e 11. Material utilizado para o experimento: algodão e jarra com medida para a quantidade de líquido.

²⁰ Foram escolhidas garrafas pet de água para que houvesse o mínimo de interferência do líquido que ocupava anteriormente a garrafa.

Figuras 12 e 13 . Material utilizado para o experimento: Jarra de 2l e uma colher

4) Identificação nas garrafas (dos tipos de sementes que serão inseridas)

Com uma caneta para retroprojektor escreveu-se em cada garrafa o nome da semente que seria inserida ali. É importante pedir aos estudantes quando eles forem realizar esse experimento, que além do nome da semente, escrevam a data em que a semente foi colocada em água salgada e a identificação do grupo.

5) Preparação da água salgada e inserção das sementes

Em uma jarra de 2L foi colocada água e acrescentaram-se dois copinhos de sal. Depois, com a ajuda de um funil, o líquido foi dividido em duas garrafas. Esse procedimento foi repetido mais duas vezes²¹.

Em cada garrafa, foi colocado um tipo de semente (figura 14), também com a ajuda de um funil.

²¹ Esse procedimento ocorreu porque não havia um recipiente grande o suficiente para colocar 6 litros de água. Pode-se colocar 6 litros de água em um balde ou regador, juntamente com 210g de sal.

Figura 14. Seis tipos de sementes selecionadas: cebola, agrião, tomate, repolho, rabanete e ervilha.

Depois colocou-se algodão na tampa de cada garrafa para tampar (figuras 15 e 16). Isso foi repetido em todas as demais garrafas.

Figuras 15 e 16 . Garrafas pet contendo água salgada, semente e um pouco de algodão para tampar. Sementes de ervilha e tomate, respectivamente.

As garrafas foram deixadas em um local fresco (figura 17).

Figura 17. Todas as garrafas do experimento foram colocada em um local fresco.

Depois de 28 dias, ou seja, no dia 31 de Janeiro de 2012, ocorreu a próxima etapa do experimento. O tempo de 28 dias foi escolhido porque foi o período calculado por Darwin e relatado no *A origem das espécies* como o que seria plausível para que uma semente pudesse ser carregada pelas correntes marítimas e atravessar de um continente para outro.

4.3.4.1.1 Situação das garrafas no final da primeira parte do experimento

Na figura 18, observa-se a situação das garrafas no fim da primeira parte do experimento.

Figura 18. Situação das garrafas ao final da primeira parte do experimento

A seguir, a descrição das características de cada garrafa:

Garrafa	Características
Rabanete	A água ficou fedida e havia sinais de decomposição. A água estava amarelada e todas as sementes submergiram.
Agrião	A água ficou mais clara que a do rabanete, mas cheirava razoavelmente mal. Foi o tipo de semente que ficou flutuando em maior quantidade em relação às outras. Uma parte das sementes flutuava e outra parte submergiu.
Ervilha	A água estava amarelada, com aspecto de decomposição e cheirava mal. Todas as sementes submergiram.
Tomate	A água estava bem límpida (pelo menos mais clara que todas as outras) e não tinha um cheiro forte. Apenas quatro sementes estavam flutuando e o restante submergiu. Não havia sinal aparente de decomposição.
Cebola	A água estava razoavelmente clara e cheirava a cebola. Uma parte das sementes flutuava e outra parte submergiu. Havia pouco sinal de decomposição.

Repolho	A água estava fedida e com sinais de decomposição (havia uma “nuvenzinha” esverdeada em volta das sementes que flutuavam). Algumas sementes flutuavam e outras submergiram.
---------	---

Nos 28 dias em que ficaram em água salgada, as sementes de ervilha, do repolho e do rabanete, sem a troca de água estavam em um processo de decomposição bem evidente. A água da ervilha estava turva, a do repolho ficou esverdeada e do rabanete ficou alaranjada.

É importante a informação de que apesar da água salgada ficar fedida, se não for trocada frequentemente, o cheiro não fica no ambiente se a garrafa estiver tampada com o algodão.

4.3.4.2 Segunda parte do experimento da Sequência Didática

2º fase do experimento – Germinação das sementes

Objetivo:

- Observar a germinação ou não das sementes que ficaram imersas em água por 28 dias.

Duração: 30 minutos

Material:

- 1 coador
- 1 pinça
- 1 caneta para retroprojektor
- 12 etiquetas
- 1 fita adesiva
- 6 copos descartáveis
- 1 tesoura com ponta, para fazer um furo no fundo do copo plástico
- 6 vasos de plástico
- 1 saco de húmus de 2 Kg
- 1 saco de terra preta de 4 Kg
- Pratos para serem colocados embaixo dos vasos ou dos copos descartáveis, para que não vaze água
- 1 recipiente para misturar o húmus com a terra preta
- 1 pá

– 1 regador

Procedimentos:

1) Preparação das sementes

Com a utilização de um coador e uma pinça, as sementes foram retiradas da garrafa e separadas para o plantio.

2) Organização dos recipientes e identificação das sementes

Com uma caneta escreveu-se em doze etiquetas, a identificação das sementes (figura 19). Colou-se em seis copos descartáveis e em seis vasos de plástico. Depois passou-se a fita adesiva em cima das etiquetas, para protegê-la da água.

Com uma tesoura com ponta, fez-se furos no fundo dos copos plásticos.

Figura 19. Etiquetas de identificação das sementes

Para a água escoar dos vasos e dos copos descartáveis, foram colocados pratos embaixo dos recipientes (figuras 20 e 21).

Figuras 20 e 21. Pratos para serem colocados embaixo dos vasos ou dos copos descartáveis, para que não vazem água.

3) Preparação do adubo

Utilizou-se a proporção de três partes de terra preta adubada (figura 23), para uma de húmus (figura 22). Em um recipiente, misturou-se o adubo com a ajuda de uma pá. Depois, colocou-se a terra nos vasos e nos copos plásticos.

Figuras 22 e 23. Húmus e terra preta adubada, respectivamente.

4) Plantio das sementes

Foram plantadas algumas sementes nos vasos (no caso da ervilha, somente uma semente) e regadas. Os vasos e copos foram colocados em um local fresco, em um ambiente interno.

Resultados:

Ocorreu germinação nos vasos quatro dias após as sementes serem plantadas. Os primeiros brotos a aparecerem foram os de tomate (figura 24) e do agrião. No sexto dia, além do tomate e do agrião, apareceu um broto de rabanete. No sétimo dia, além dos brotos já citados, apareceu um de cebola.

Figuras 24 e 25. Brotos de tomate, nos vasos e nos copos descartáveis, respectivamente.

Nos copinhos descartáveis somente houve germinação do tomate e do agrião.

Figura 26. Germinação do tomate e do agrião, nos copos descartáveis.

Esses resultados podem servir como referência para a discussão e comparação, quando os alunos estiverem preparando os artigos científicos, relatando o experimento.

Pode se utilizar também os dados do experimento do documentário da BBC, Ideias perigosas: foram utilizadas sementes de repolho, rabanete, ervilha, tomate, cebola e agrião. Das seis sementes plantadas, três germinaram. São elas: tomate, cebola e agrião.

No capítulo XII de *A origem das espécies*, Charles Darwin relata que testou oitenta e sete tipos de espécies vegetais, sendo que sessenta e quatro resistiram à imersão de vinte e oito dias na água salgada.

4.3.4.3 Contribuições de uma pós-graduanda para a realização preliminar dos experimentos

Após o pré-teste da Sequência Didática no Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino do IB-USP, a professora de Biologia, pós-graduanda e membro do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino, Rosa Andréa Lopes Souza, colaborou com essa dissertação realizando um pré-teste dos experimentos da Sequência Didática. Por e-mail, entre Rosa e esta pesquisadora, foram trocadas as informações sobre como realizar os experimentos e a sugestão de ela iniciar os experimentos com uma semana de diferença, em relação ao pré-teste descrito na seção anterior.

No dia 10 de Janeiro de 2012, foram colocados em água salgada, os mesmos seis tipos de sementes do outro pré-teste realizado, como pode ser visto na figura 27.

Figura 27. Sementes imersas em água salgada (agrião, tomate, ervilha, repolho, rabanete e cebola). A Rosa Andrea contou com a colaboração de seu filho Pedro Lopes de Souza, na época, com 6 anos.

As sementes ficaram imersas na água salgada por vinte e oito dias. Não houve troca da água salgada. Após esse período, as sementes foram plantadas em caixas recicláveis, conforme a figura 28, e deixadas em um ambiente externo coberto.

Figura 28. Segunda parte dos experimentos: plantio das sementes para o teste de germinação.

Após 28 dias, germinaram as seguintes sementes: tomate, agrião (figura 29), ervilha (figura 30), repolho, rabanete e cebola (figura 31). O tomate foi o que mais se desenvolveu. Quanto às demais sementes surgiram apenas alguns brotos.

Figura 29. Germinação das sementes de tomate e agrião

Figuras 30 e 31. Germinação da ervilha, repolho, rabanete e cebola.

Houve variação dos tipos de sementes que germinaram em relação ao experimento preliminar anterior. Além do tomate e do agrião, germinaram plantas nos vasos em que haviam sido deixadas as sementes de ervilha, cebola, repolho e rabanete. Como esses vasos ficaram expostos, infelizmente, não é possível afirmar, com certeza, se os brotos são das sementes que ficaram imersas ou se sementes de outros tipos de planta foram transportadas pelo vento até às caixas com adubo.

4.4 Materiais instrucionais

Foram elaborados alguns materiais para leitura e consulta, durante a Sequência Didática e as suas atividades avaliativas.

Foram feitos: uma biografia de Charles Darwin e o seu contexto histórico, científico, social e cultural através de uma “linha do tempo” (A primeira linha do tempo, que foi aplicada nesta Sequência Didática consta no APÊNDICE B. Uma nova proposta, a ser consultada pelo professor está no APÊNDICE G). A linha do tempo na aplicação da Sequência Didática, foi entregue aos alunos e foi apresentada pela professora. Na nova proposta de aplicação, essa linha do tempo, servirá de subsídio para o professor.

Elaborou-se também um texto, “As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr”, para ser utilizado na atividade de comparação com um texto de divulgação científica. Esta atividade de leitura e comparação dos dois tipos de textos revelou-se bastante produtiva, pois possibilitou aos alunos uma visão mais crítica dos materiais que chegam à sala de aula ou estão disponíveis na internet.

A tradução de um artigo científico de Darwin, relatando os resultados dos seus experimentos com as sementes em água salgada também foi feita e disponibilizada. O artigo foi utilizado como um material complementar, que poderia ser utilizado na produção textual em grupo, que foi um relato do experimento.

4.5 Aplicação da Sequência Didática

Neste tópico, serão descritos os passos para a aplicação da Sequência Didática, como ela ocorreu e as novas propostas de prática a partir da experiência em sala de aula.

4.5.1 Sequência Didática inicial

A Sequência Didática inicialmente planejada foi adaptada para o contexto escolar dos segundos anos da Escola da Vila, com algumas modificações e encontra-se no APÊNDICE A.

4.5.2 Sequência Didática aplicada

Após a discussão do contexto histórico, social e cultural do século XIX e discussão de aspectos da teoria de Evolução de Charles Darwin, foram apresentados aos alunos os problemas que o naturalista se debruçou no episódio histórico escolhido para fornecer evidências sobre a origem comum dos vegetais. Após a elaboração de hipóteses pelos alunos e a leitura de textos ligados à situação-problema (trechos do capítulo XII de A origem das espécies, correspondências de Darwin com os naturalistas e um artigo científico que relata os experimentos), os estudantes realizaram os experimentos descritos por Charles Darwin.

Como pode se notar, esses experimentos são simples, fáceis e exequíveis por estudantes. Assim, na sequência didática realizada, foi feita uma *replicação física de*

experimentos, com materiais acessíveis (como garrafa pet, copos descartáveis, sementes e estruturas vegetais etc). Houve também a *replicação por extensão*, devido às adaptações de algumas condições experimentais à realidade da escola.

Esta pesquisadora acompanhou todas as seis aulas da Sequência Didática. Além disso, empreendeu duas outras visitas à escola para realizar observação das turmas em aula preliminar à aplicação da sequência didática e acompanhar o andamento dos experimentos. Na turma A, esta pesquisadora ainda fez observação de aula extra de discussão da Sequência Didática, no dia 6 de Junho de 2012.

Para a utilização dos dados da pesquisa, foi utilizado um Termo de consentimento livre e esclarecido, fornecido aos pais dos alunos. Na pesquisa empírica desta dissertação, foi entregue o termo constante no APÊNDICE E. Mas como houve problemas de interpretação no preenchimento, propôs-se um novo modelo (APÊNDICE H).

4.6 Sequência Didática aplicada: aula a aula

A aplicação da Sequência Didática foi realizada segundo ilustra a Tabela 1.

2ºA	2ºB
21/03/12 - Aula 1 Contextualização	20/03/12 - Aula 1 Contextualização
22/03/12 - Aula 2 Contextualização	22/03/12- Aula 2 Contextualização
27/03/12 - Aula 3 Discussão sobre as cinco teorias de Darwin e elaboração de hipóteses	26/03/12- Aula 3 Discussão sobre as cinco teorias de Darwin e elaboração de hipóteses
28/03/12 – Aula 4 Discussão das hipóteses e exibição do documentário	27/03/12– Aula 4 Discussão das hipóteses e exibição do documentário
29/03/12 – Aula 5 Realização dos experimentos	29/03/12– Aula 5 Realização dos experimentos
30/05/12 – Aula 6 Finalização da Sequência Didática (discussões) ²²	29/05/12– Aula 6 Finalização da Sequência Didática (discussões)

²² Na sala A, houve uma aula a mais de discussões para a finalização da Sequência Didática, no dia 6 de Junho de 2012.

Tabela 1. Distribuição das aulas componentes da Sequência Didática aplicada nos 2º anos, turmas A e B, da Escola da Vila.

4.6.1 Aula 1

Na aula 1 (figura 32) foi apresentado aspectos biográficos do naturalista Charles Darwin e através de uma “linha do tempo” (APÊNDICE B), que mostrava eventos, históricos, sociais e culturais que ocorreram em determinado momento da vida do Darwin.

Figura 32. Contextualização teórica, sobre Darwin e sua época.

Esta proposta, de linha do tempo pronta, não gerou uma dinâmica interessante para as aulas. Os alunos faziam perguntas sobre o Darwin, mas não foi uma estratégia que manteve o interesse constante, nas duas salas.

4.6.2 Aula 2

Na segunda aula, a discussão teórica continuou. Alguns alunos ficaram surpresos quanto à atividade científica de Darwin. No 2ºA, um estudante disse que “Não sabia que Darwin fez tanta coisa”.

Foram feitas em sala de aula, a leitura do texto do Drauzio Varella (ANEXO A). Alguns alunos acharam o texto com termos meio exagerados quanto à atribuição de qualidades e de definições.

4.6.3 Aula 3

Na aula 3, a discussão sobre as cinco teorias de Darwin foi feita a partir de uma leitura em sala de aula, de um texto sobre a visão de Mayr (APÊNDICE C). Depois fez se discussões e comparações dos estilos dos textos. Com essa atividade, os alunos puderam analisar mais criticamente os textos que chegam à sala de aula.

Essa estratégia de leitura em sala de aula, apesar de ser interessante para compartilhar informações durante a atividade, tomou muito tempo das aulas, atrasando a previsão das aulas. Com isso, diminuiu-se o tempo disponível para as discussões de hipóteses para os problemas de pesquisa de Darwin.

Figura 33. Professora tirando dúvidas quanto à elaboração de hipóteses

A professora solicitou que os alunos se reunissem em grupo de 4 a 5 alunos, dessem um nome para o grupo e registrassem hipóteses em relação aos problemas que Darwin se deparou. As hipóteses deveriam ser postadas no ambiente virtual de aprendizagem. Durante a aula, as dúvidas dos alunos quanto à elaboração das hipóteses eram tiradas pela professora (figura 33), pela pesquisadora e pela auxiliar de classe. As hipóteses que foram postadas serão analisadas no próximo capítulo.

4.6.4 Aula 4

Na aula 4, continuou-se a discussão das hipóteses. A professora tentou encaminhar as hipóteses e o teste a ser feito, para algo próximo ao que Darwin pensou.

Na mesma aula, foi exibido um trecho do documentário, da série “No Jardim de Darwin”, episódio, “Ideias perigosas”, em que mostrava a replicação dos experimentos de Darwin. Dessa maneira, eles já saberiam o que fariam no laboratório, na próxima aula.

Na avaliação da Sequência Didática, alguns alunos acharam que a exibição do documentário logo após a criação de hipóteses, influenciou a descrição a ser postada no AVA. Essa opinião também foi compartilhada pela professora e a pesquisadora e em aplicação posterior, não foi feito.

4.6.5 Aula 5

Na aula 5, os alunos foram para o laboratório da escola para fazer a replicação de experimentos históricos de Darwin. Havia sementes imersas em água salgada, que foram preparadas pela equipe do laboratório, antes do início da Sequência Didática. Uma parte dos alunos, fez o experimento da germinação, plantando essas sementes que estavam imersas e outros fizeram o experimento da resistência à água salgada, colocando na garrafa, as sementes em água salgada.

Todos os alunos fizeram o experimento da flutuabilidade. Em um balde com água salgada (preparada no laboratório), os alunos testaram a flutuabilidade de estruturas vegetais.

Figura 34. Alunos realizando a replicação do experimento da flutuabilidade.

Para o experimento da germinação, como os potes em que foram plantados ficaram no ambiente externo, em que tem contato com árvores e outras sementes, a coordenadora de laboratório Tatiane Braga sugeriu a colocação do tule, para evitar que outras sementes se depositassem ali e germinassem, alterando os dados a serem observados.

Vinte e oito dias depois, a pesquisadora voltou à escola, no dia 26 de abril de 2012, e constatou que somente sementes de tomate e agrião (em dois grupos apenas) tinham germinado.

4.6.6 Aula 6

Na última aula, a professora propôs uma avaliação diferente. Seriam feitas considerações sobre a Sequência Didática e os alunos, que fossem escolhidos, deveriam produzir um texto coletivo que funcionasse como uma “memória” do que foi feito e discutido. A professora, com a ajuda da auxiliar de classe e consultas à pesquisadora, elaborou questões para conduzir a discussão de outras duas produções textuais, que deveriam ser entregues juntos com textos que foram selecionados para a Sequência Didática, que contam no ANEXO C, APÊNDICE D, ANEXO E e ANEXO F.

Trechos do capítulo XII, tinham sido fornecidos à professora no início da Sequência Didática. Ela preferiu utilizar em uma questão da avaliação trimestral (ANEXO D).

4.7 Instrumentos de coleta de dados e avaliação das atividades realizadas

Nesta pesquisa, foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados, procurando cumprir, na medida do possível, os objetivos de triangulação: anotações da pesquisadora, produções textuais dos alunos, tanto individuais quanto coletivas, e um questionário, contendo sete questões abertas, respondido pela professora que aplicou a Sequência.

As anotações da pesquisadora consistem de registros realizados ao longo de cada uma das aulas, complementados com observações acrescentadas após o término de cada aula. De modo geral, foram anotadas as perguntas e as dúvidas mencionadas pelos estudantes. Também foram registradas as percepções da pesquisadora sobre a participação dos alunos, procurando indicar o grau de motivação apresentado.

A produção textual dos alunos analisadas foram as hipóteses sobre o problema de Darwin (uma por grupo, totalizando 8 hipóteses), uma síntese coletiva (resultando em uma produção de cada sala) e uma síntese individual, produção de um texto individual metacognitivo (resultando em 42 produções nas duas salas).

Em grupos, compostos por 4 a 5 alunos, foram apresentados os seguintes problemas aos estudantes, para a elaboração das hipóteses:

Situação-problema 01: Uma determinada espécie vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes separados por uma barreira geográfica (como um continente e uma ilha ou em continentes diferentes). Como você imagina que isso seja possível?

Situação-problema 02: as estruturas de uma planta (semente, fruto, por exemplo) podem atravessar o mar com relativa facilidade? Quais os obstáculos o vegetal enfrentaria para atravessar o mar? Quais as facilidades?

Após a discussão no grupo sobre as hipóteses, foi proposto também, que eles elaborassem um teste, para a hipótese.

No final da Sequência Didática, a síntese coletiva foi feita por seis alunos de cada sala (2º A e 2º B), escolhidos pela professora de modo a representarem dois alunos de notas geralmente mais baixas, dois de notas medianas e dois de notas mais altas. Durante o último dia de discussão da Sequência Didática, esses alunos, chamados pela professora como “os escribas”, anotaram as opiniões expressas pelo conjunto de alunos da classe. Em seguida, produziram o texto síntese, postando-o no ambiente virtual de aprendizagem da escola, denominado AVA.

A síntese individual constituiu a última atividade realizada pelos alunos. Eles foram convidados a escrever um relato sobre a SD e as contribuições para a aprendizagem do conteúdo biológico estudado (teoria evolutiva), além de percepções pessoais sobre todo o processo.

O questionário respondido pela professora que aplicou a Sequência procurou identificar a percepção da docente sobre aspectos tais como as suas expectativas iniciais, as contribuições e os desafios da aplicação da Sequência Didática, a comparação da realização de atividades práticas e experimentais em geral com a replicação de experimentos históricos, a avaliação da utilização da HC como estratégia de ensino e os efeitos que essa experiência acarretou para a sua prática e reflexão docente. O questionário foi respondido pela professora após 13 meses da aplicação, de modo que especialmente a última questão pudesse refletir uma análise distanciada e amadurecida da experiência.

4.8 Uma nova proposta a partir da prática

Terminada a aplicação da Sequência Didática, algumas modificações foram pensadas e efetuadas em uma nova proposta (APÊNDICE F). Em síntese, essas modificações foram: propor a parte de elaboração de hipóteses pelos estudantes para responder ao problema de pesquisa de Darwin e a replicação dos experimentos históricos antes de discussões teóricas; a substituição da entrega de uma linha do tempo pronta por uma proposta de que os próprios

alunos a construam; leitura prévia dos textos de Mayr e Varella sobre as cinco teorias de Darwin, em vez de sua leitura em sala de aula; discussão dos resultados e leitura dos textos complementares, como o artigo traduzido do Darwin, as correspondências entre Darwin e outros naturalistas e um trecho do capítulo XII.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise de dados deverá investigar aspectos interessantes da aplicação da Sequência Didática, bem como as suas contribuições e desafios, tanto as concepções dos estudantes, quanto as da professora que aplicou a Sequência Didática.

Esses dados são importantes para se refletir e elaborar estratégias para a aplicação da História da Ciência no ensino.

5.1 Análise das produções textuais

Foram analisadas as produções textuais entregues pelos estudantes: hipóteses iniciais sobre o problema de Darwin, produção coletiva sobre a Sequência Didática e produções individuais meta-cognitivas.

5.1.1 Hipóteses iniciais

As hipóteses iniciais são importantes de serem analisadas, pois revelam criatividade para a investigação científica. Os textos das hipóteses analisadas estão no ANEXO H.

De acordo com as questões que foram feitas, as respostas serão sistematizadas da seguinte maneira:

Grupo 1

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: ocorrência de pressões seletivas parecidas, que levaram a uma seleção de indivíduos idênticos (com mesmas características adaptativas)

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: sim

Quais os obstáculos?: mudanças de corrente marítima, ingestão por predadores e extensão do oceano

Quais as facilidades?: ingestão por aves, estruturas que boiam e que são levadas pelas correntes marítimas

Teste: Fazer a simulação de um ambiente oceânico, com água salgada. Deve-se jogar estruturas vegetais, que devem ser deixadas por vários dias. Deve-se observar as estruturas que “sobreviveram”.

Grupo 2

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: a semente pode ser transportada de um local para outro. No novo ambiente, essa semente germina e inicia uma população de uma espécie vegetal de outro lugar nesse novo.

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: não foi citado

Quais os obstáculos?: não são citados

Quais as facilidades?: não são citados

Teste: em vários galpões, que devem ficar cheios de água salgada e com alguns montes de terra, que tenham árvores. Serão quatro galpões, cada um com condições específicas de: correnteza, vento, aves e peixes. Devem ser observados todos os dias e procurado encontrar sementes de um monte de terra em outro.

Grupo 3

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: algum agente carrega as sementes de um local para o outro, como por exemplo, o mar.

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: não citado

Quais os obstáculos? não citado

Quais as facilidades? não citado

Teste: para saber se as sementes podem sair de um lugar e ir para outro, as sementes devem ficar em *água com sal*²³ por determinado tempo e depois plantá-las. Se há broto, significa que há resistência à água salgada.

Grupo 4

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: ambientes diferentes com características semelhantes influenciam o potencial adaptativo

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: sim.

Quais os obstáculos? distância a ser percorrida pela ave, tempo de digestão da ave, semente cai na água e não se desenvolve

Quais as facilidades?: o fruto não está exposto e protegido do meio (dentro da ave), semente e fruto, dispersão por aves, sementes boiam.

Teste: Pesquisar sobre um tipo de pássaro migratório de regiões diferentes, como América do Sul e África. Pesquisar o seu sistema digestório, simular a sua migração e digestão

Grupo 5

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: ancestralidade comum

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: sim

Quais os obstáculos?: pH da água, vida marinha e distância a ser percorrida

²³ Modo como foi referido

Quais as facilidades?: planta deve boiar, fruto abrigando as sementes, facilidade do fluxo do mar e dos ventos

Teste: em uma bacia de água salgada, joga-se sementes e faz-se a simulação de corrente de vento com ventiladores e outros instrumentos similares encontrados

Grupo 6

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: aves ou animais se alimentam em um local, migram para outro lugar e defecam no novo meio

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: atravessa o rio por *corrente marítima* e pássaro transporta semente

Quais os obstáculos? semente afundar

Quais as facilidades? Semente boiar

Teste: colocar a semente em *água com sal* e observar se as sementes boiam

Grupo 7

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: semente se desloca se tiver um meio de locomoção

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: sim

Quais os obstáculos?: semente afundar, peixe comer, ir em outra direção, peso/densidade da semente, não adequação à água do mar

Quais as facilidades?: meio de locomoção desenvolvida, tamanho da semente, qual semente *se adapta ao mar*.

Teste: não foi proposto

Grupo 8

Hipótese para distribuição geográfica dos vegetais: sobrevivência de sementes que boiam há mais de um mês na água e atravessam oceanos

Estruturas vegetais atravessam o mar com facilidade: não cita

Quais os obstáculos? “pássaro” tem digestão rápida

Quais as facilidades?: não cita

Teste: não foi proposto

Das oito hipóteses, duas não propõe testes, uma faz a proposição de algo totalmente inovador (grupo 2), quatro utilizam água salgada, sementes ou estruturas vegetais, assim como o de Darwin e dois grupos propõe a dispersão por aves.

A quantidade de propostas de testes envolvendo aspectos parecidos com os que o Darwin fez, pode ter ocorrido pelo fato do documentário que mostrava a replicação dos experimentos, ter sido exibido antes dos alunos postarem as suas hipóteses no ambiente virtual de aprendizagem.

5.1.2 Produção textual coletiva

Na produção textual coletiva, procurou-se também, aspectos referentes às contribuições e desafios. No ANEXO I, consta as duas produções textuais coletivas.

Como elas foram orientadas em sala de aula, nas duas produções há aspectos parecidos.

Quanto às contribuições, há a desmitificação da genialidade do Darwin, pois os alunos refizeram o seu percurso para entenderem suas ideias e seu fazer científico. Além disso, a biografia ajudou-os a compreender as características pessoais e de onde surgiram as ideias de Darwin.

O mérito da teoria, geralmente, é dado só pra Darwin, e eles entenderam que Wallace, independentemente, sugeriu a teoria da Seleção natural, por causa do contexto que estava inserido.

A leitura, interpretação e discussão de dois textos sobre as cinco teorias de Darwin, foi citada como positiva na produção coletiva. Na síntese individual, nem todos os alunos gostaram de ter textos para ler.

São citados também como importantes para a Sequência Didática, a elaboração das hipóteses e a replicação dos experimentos históricos.

5.1.3 Categorias criadas a partir da análise da produção textual individual dos estudantes

A partir da leitura das produções textuais individuais, chegou-se a cinco assuntos comuns. A seguir, serão apresentados os assuntos e alguns exemplos do que foi mencionado:

1) Sobre Charles Darwin

A maioria dos alunos não conhecia o lado “experimental” de Darwin, o que foi bastante citado.

“Eu não sabia que Darwin era um cientista experimental e isso foi algo que me identificou muito comigo, pois adoro fazer experimentos”.

2) Discussões sobre a Natureza da Ciência

Para elaborar hipóteses, fazer observações e planejar testes, os estudantes puderam refletir sobre alguns aspectos dos métodos científicos e da Natureza da Ciência.

“O que mudou no meu ver de saber científico é que o próprio cientista que faz as hipóteses também pode efetuar os experimentos. Antigamente eu achava que os testes e as hipóteses eram feitos por pessoas diferentes”.

3) Discussões sobre a teoria evolutiva

Os estudantes mencionam o que lembram sobre a teoria evolutiva, vistas e discutidas anteriormente em sala de aula. No exemplo a seguir, antes dessa citação, o estudante falou anteriormente sobre a origem comum.

Isto pode nos levar a pensar sobre a teoria de evolução de Darwin, de uma forma indireta, se pensarmos além do experimento, nos deparamos com o processo de seleção natural que cada semente sofre após chegar em outros locais. Portanto, todas surgem de uma mesma origem, mas como estão em locais diferentes a seleção natural destes seres vão ocorrer de maneiras distintas.

4) Discussões sobre o papel dos experimentos como um dos recursos de evidências científicas

Apesar de terem sido discutidos sobre o papel dos experimentos, ainda há estudantes que possuem uma visão equivocada, porém comuns, de que os experimentos comprovam uma hipótese.

“Neste trimestre em biologia, fizemos uma reconstrução do experimento realizado pelo biólogo Charles Darwin, a fim de comprovar sua hipótese de que como plantas idênticas podem habitar diferentes lugares do mundo”.

5) Sobre a Sequência Didática (pontos positivos e negativos)

Sobre a Sequência Didática, os pontos positivos mais citados foram: a replicação de experimentos históricos (atividade no laboratório), o trabalho em grupo, diversidade de estratégias didáticas, realizar produções textuais e a motivação de realizar experimentos de Charles Darwin.

“Me senti uma bióloga, refazendo experimentos de um homem tão importante e reconhecido para a ciência humana atual. É como se eu estivesse descobrindo uma coisa que move o mundo, uma coisa simples, mas o mesmo tempo muito complexa”.

Dos pontos negativos citados, destacam-se: a exibição do documentário antes da aula no laboratório, leitura de textos e as aulas iniciais teóricas não empolgaram muito.

“O fato de termos assistido a um documentário da BBC sobre uma pessoa refazendo os experimentos de Darwin influenciou completamente as hipóteses que construímos após a realização da atividade”.

5.2 Análise a partir das anotações da pesquisadora

5.2.1 Assuntos emergentes no discurso dos alunos em sala de aula, sobre a Sequência Didática

Durante as aulas finais da Sequência Didática, observou-se algumas opiniões dos alunos quanto à Sequência Didática.

Em sala de aula, os alunos apesar de não terem avaliado bem a contextualização do modo como foi feita, discutindo uma linha do tempo pronta, acharam importante a contextualização para entender como e por que as ideias surgiram. Isso foi importante para a compreensão da criação independente da evolução por seleção natural, que foi proposta por Darwin e Wallace

O “direcionamento” da Sequência Didática, para um mesmo experimento que todos iriam fazer no laboratório pareceu não fazer sentido para alguns alunos, porque foi exibido o documentário antes. Outros gostaram do documentário e acharam que ele reforçou os conhecimentos sobre o tema.

A replicação de experimentos foi a atividade que os alunos mostraram mais interesse. Alguns consideraram que é uma iniciação para o meio científico. Mas o fato de ir para o laboratório testar hipóteses que o Darwin pensou e compreender na prática o processo vivido por Darwin fez com que houvesse uma desmitificação do personagem histórico e aproximação com a ciência. Saber que é necessário usar a imaginação e criatividade, a consulta a outros pesquisadores também foi um fator para interessante para tirar aquele status isolado e de gênio, que geralmente é atribuído a cientistas.

5.3 Opiniões e experiências da professora que aplicou a Sequência Didática

O questionário elaborado, com sete questões abertas, teve a finalidade de ter um relato das opiniões e experiências, em relação à pesquisa empírica, da professora que aplicou a Sequência Didática. Pelo aspecto prático dessa ferramenta, considerou-se os seguintes dados:

A expectativa quanto à abordagem diferenciada, como uma Sequência Didática, é a de que haja mais engajamento dos alunos e a aprendizagem mais efetiva e significativa. Essa expectativa foi correspondida.

Quanto às contribuições ou pontos positivos, é notável o envolvimento dos alunos no laboratório. As atividades avaliativas não previstas pela Sequência Didática proposta inicialmente também foi uma das atividades mais citadas na produção textual meta-cognitiva.

Quanto aos desafios, é difícil conciliar o tempo didático com a aplicação da Sequência Didática. Para se aplicar episódios de História da Ciência, é preciso se organizar bem para não prejudicar o tempo disponível para outros assuntos e conteúdos. A apresentação da linha do tempo pronta não empolgou alguns estudantes, pois não fez sentido para eles.

Os textos do Darwin poderiam ter sido mais discutidos. As produções textuais poderiam ser melhoradas se os textos históricos fossem discutidos, assim como os resultados dos experimentos deveriam ter sido mais explorados.

A diferença entre as atividades usuais de laboratório e a replicação de um experimento histórico se dá pelo fato de que os experimentos realizados foram elaborados pelos próprios alunos. Eles se sentem motivados em realizar uma coisa, que de certa forma, foi proposta a eles.

A utilização de um episódio da História da Biologia como estratégia didática foi positiva porque contextualiza não apenas os conteúdos a serem aprendidos, mas principalmente deixa muito mais claro aspectos relacionados à Natureza da Ciência (NdC). Isso faz com que eles se sintam mais próximos aos cientistas e fiquem motivados.

Os estudantes se sentiram importantes em participar de uma pesquisa acadêmica (uma dissertação de mestrado) e de se sentirem valorizados por replicarem experimentos de alguém tão importante como Charles Darwin.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, que trabalhou com a temática replicação de experimentos históricos, teve resultados significativos ao “levar Darwin” pra sala de aula. Muitos trabalhos citam a História da Ciência como uma ferramenta importante para o ensino de ciências, mas trabalhos empíricos envolvendo experimentos históricos e história da Biologia não são muito numerosos. Para aprimorar as estratégias de aplicação é necessário investigar as contribuições e os desafios do uso inclusivo de episódios da História da Ciência, no ensino de Biologia, que foi uma questão que a dissertação procurou atender.

A pesquisa realizada promoveu um estudo de um episódio histórico da História da Biologia, sobre Charles Darwin e a sua investigação sobre a dispersão das sementes. Esse estudo gerou um material que pode servir de subsídio para o professor que sinta motivado a desenvolver trabalho semelhante em sala de aula, bem como para seus próprios estudantes.

A Sequência Didática produzida e aplicada permitiu enfrentar alguns dos desafios da utilização da História da Ciência no ensino. Pautada em uma concepção de ensino-aprendizagem guiada pela participação ativa dos estudantes, ela forneceu evidências de que a abordagem histórica é motivadora e facilitadora da aprendizagem. A Sequência também permitiu a discussão de aspectos meta-científicos da construção do conhecimento científico.

Particularmente relevante, na fala dos alunos sobre as atividades desenvolvidas foi a sua declaração de que não conheciam o “lado experimental” de Charles Darwin. Além disso, realçaram que se sentiram importantes ao refazer experimentos feitos por um cientista tão respeitado na área. Ou seja, ao se colocarem no lugar de Darwin, eles perceberam que podem vir a ocupar o lugar de um cientista, algo bastante positivo para a autoestima do aluno. Foram discutidas questões como Darwin era um “gênio”? Que traços o caracterizam mais? A sua grande capacidade intelectual ou a sua grande habilidade de observação? O seu trabalho sistemático, metódico?

Apesar de os alunos da Escola da Vila estarem acostumados às aulas no laboratório, a replicação de experimentos foi uma atividade prática diferente das que geralmente participam. A avaliação da atividade, através de sínteses e de artigo científico também foi diferente dos relatórios entregues nas outras atividades de laboratório. Assim, pode-se concluir que, configurada em uma Sequência Didática, a replicação de experimentos históricos foi altamente satisfatória.

Em relação à aplicação da própria Sequência Didática e o modo como foi conduzida, foi possível também extrair algumas considerações que podem orientar investigações e práticas didáticas futuras semelhantes.

Uma delas, diz respeito ao uso de experimentos. Para serem efetivas na melhoria do ensino de Ciências, as atividades experimentais não devem ser trabalhadas como algo à parte das aulas teóricas. Uma atividade experimental significativa, que possibilite ao aluno ser agente do conhecimento, deve ser relacionada às aulas teóricas, emergindo de algumas questões que elas despertam.

Outra consideração diz respeito às discussões dos resultados. Elas são tão importante quanto a realização do experimento, pois, dessa forma, os estudantes vivenciam completamente o processo, o que pode auxiliar na compreensão e aprendizagem dos conceitos trabalhados.

Um desafio vislumbrado no início da pesquisa se mostrou resolvido ao longo da aplicação da Sequência Didática. O desafio era o seguinte: de um lado, a proposta de motivar os alunos a pensar sobre o problema de Darwin e a elaborar hipóteses e desenhos experimentais que pudessem fornecer dados que levassem à sua resolução. De outro lado, conduzir as discussões para que se encaminhassem para a replicação do que Darwin realizou. Esse desafio foi superado pela habilidade da professora em organizar as discussões das hipóteses levantadas pelos alunos. Ela conseguia, de modo brincalhão, mas sempre respeitoso, mostrar as dificuldades de realização das propostas dos alunos, conduzindo, gradativamente, para a alternativa proposta por Darwin. Não se trata de restringir a criatividade, nem de menosprezar as ideias dos estudantes, pelo contrário. Foram apresentadas hipóteses, no ANEXO H, que são diferentes das que o Darwin pensou. Mas a professora soube expor aos alunos que há ideias muito interessantes, mas que devem ser plausíveis e passíveis de realização com os recursos e condições disponíveis.

As pesquisas voltadas à utilização da História da Biologia na escola básica são ainda bastante incipientes no Brasil. Este trabalho representa uma iniciativa que procura desbravar trilhas e sugerir caminhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLCHIN, Douglas. Appreciating classic experiments. In: SHOFIELD, Carolyn (ed.). *2004-2005 Professional Development for AP Biology*. New York: College Entrance Examination Board, 2004a.

_____. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, v. 13, p. 179-195, 2004b.

ARRUDA, Sérgio de Mello; LABURÚ, Carlos Eduardo. Considerações sobre a função do experimento no Ensino de Ciências. IN: NARDI, Roberto (org). *Questões atuais no Ensino de Ciências*. 2 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

BARBERÁ, O.; VALDÉS CASTRO, P. Investigación y experiencias didácticas. El trabajo práctico em la enseñanza de las Ciências: una revisión. *Enseñanza de las Ciências*, v. 14, n. 3, p. 365-379, 1996.

BESSON, Ugo; BORGHI, Lidia; De AMBROSIS, Anna; MASCHERETTI, Paolo. A three dimensional approach and open source structure for the design and experimentation of Teaching-Learning Sequences: the case of friction. *International Journal of Science Education*, v. 32, n. 10, p. 1289-1313, jul. 2010.

BIZZO, Nélío. *Darwin- no telhado das Américas*. 2 ed. revisada e ampliada. São Paulo: Odysseus, 2009.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Tradução: Maria João Alvarez, Sara Bahua dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BOWLER, Peter. DARWIN, Charles Robert. In: KOERTGE, Noretta (ed). *New dictionary of scientific biography*. Detroit: Charles Scribner's Sons / Thomson Gale, 2008. V. 2, p. 242-249.

_____. *Evolution: the history of an idea*. Berkeley: University of California, 1989.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *PCN+ Ensino Médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília, MEC, 2002.

BROWNE, Janet. *A origem das espécies de Darwin: uma biografia*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

_____. *Charles Darwin: viajando*. Tradução de Gerson Yamagami. São Paulo: Aracati / Editora Unesp, 2011a.

_____. *Charles Darwin: o poder do lugar*. Tradução de Otacílio Nunes. São Paulo: Aracati / Editora Unesp, 2011b.

CARMO, Viviane Arruda. *Episódios da História da Biologia e o ensino da ciência: as contribuições de Alfred Russel Wallace*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

_____. Concepções evolutivas de Charles Darwin no *Origin of Species* e de Alfred Russel Wallace em *Darwinism*: um estudo comparativo. São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

CARMO, Viviane Arruda; BIZZO, Nélio; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Alfred Russel Wallace e o princípio de seleção natural. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 209-233, 2009.

CARRASCOSA, Jaime; GIL-PÉREZ, Daniel; VILCHES, Amparo; VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental em la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.

CERRI, Yara Lygia Nogueira Sáes; TOMAZELLO, Maria Guimar Carneiro. Crianças aprendem melhor ciências por meio da experimentação? IN: PAVÃO, Antônio Carlos; FREITAS, Denise de. (orgs.) *Quanta ciência há no ensino de ciências*. São Carlos: EdUFSCAR, 2011.

CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* Tradução de Raul Filker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHANG, Hasok. How historical experiments can improve scientific knowledge and Science Education: the cases of boiling water and electrochemistry. *Science & Education*, 20: 317-341, 2011.

COMMITTEE ON HIGH SCHOOL BIOLOGY EDUCATION. *Fullfilling the promise: biology in the nationals' schools*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1990.

DARWIN, Charles R. *A origem das espécies*. Tradução: Eduardo Nunes Fonseca. São Paulo: Editora da Folha de S. Paulo, 2010.

_____. Does sea-water kill seeds? *Gardeners' Chronicle*, n. 21, p. 356-357, 26 May 1855.²⁴

²⁴ Disponível em: <<http://darwinonline.org.uk/content/frameset?itemID=F1683&viewtype=text&pageseq=1>> Acesso em 14 de jan. de 2012

_____. *Entendendo Darwin: A autobiografia de Charles Darwin*. Tradução de Débora da Silva G. Isidoro. São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2009.

_____. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

_____. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray. 6th ed., with additions and corrections, 1876.

DARWIN, Francis (ed). *The life and letters of Charles Darwin. Vol II*. London: Dodo press, 1887.

DE BEER, Gavin. DARWIN, Charles Robert, In: GILLISPIE, Charles Coulston (ed). *Dictionary of scientific biography*. New York: Charles Scribner's Sons, 1981. V. 3, p. 565-577.

DE BEER, Gavin. DARWIN, Charles. Tradução de Carlos Almeida Pereira. In: BENJAMIN, César (ed.). Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. V. 1, p. 574-587.

DENNISON, Robert. Using Darwin's experimental work to teach the Nature of Science. *The American biology teacher*, vol. 55, n.1 (Jan. 1993), pp. 50-52.

DESMOND, Adrian; MOORE, James. *Darwin: a vida de um evolucionista atormentado*. Tradução: Cynthia Azevedo. 6ª ed. revista e ampliada. São Paulo: Geração editorial, 2009.

ESCOLA DA VILA, *30 olhares para o futuro*. São Paulo: Escola da Vila, 2010.

FORATO, Thaís C. de M. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2009.

GIL-PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: um exemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

HODSON, Derek. Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOFSTEIN, Avi; LUNETTA, Vincent N. The role of the laboratory in Science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, v. 52, n. 2, p. 201-217, 1982.

_____. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century *Science Education*, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2002.

HÖTTECKE, Dietmar. How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, v. 9, p. 342-362.

KRAGH, Helge. *Introdução à historiografia da ciência*. Porto: Porto, 2001.

KRASILCHIK, Myriam. *Prática de ensino de Biologia*. 4ª ed. rev. e ampl., 3ª reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

KRASILCHIK, Myriam. “Biologia – Ensino prático”, IN: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAÚJO, Elaine S. Nicolini Nabuco. *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. *Ensino de Ciência e cidadania*. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2007.

LENAY, Charles. *Darwin*. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. A experimentação científica e o ensino experimental em Ciências. IN: *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo: Cortez, 2009.

MARTINS, André Ferrer P. História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 24, n.1, p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A História da Ciência e o ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, n. 5, p. 18-21, 1998.

_____. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. Dissertação (Mestrado em Genética) – Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1993.

MARTINS, Roberto A. Sobre o papel da História da Ciência no Ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, v. 9, p. 3-7, 1990.

_____. Introdução: a História das Ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle C. (org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006. P. xvii-xxx.

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. *Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário*. Tradução de Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

MÉHEUT, Martine. Teaching-Learning Sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, Kerst et al. (eds.). *Research and the quality of Science Education*. Dordrecht: Springer, 2005. P. 209-220.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, v. 26, n. 5, p. 515-535, 2004.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2005.

MORAES, Roque. As práticas e a experimentação no processo da pesquisa. IN: PAVÃO, Antônio Carlos; FREITAS, Denise de. (orgs.) *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*. São Carlos: EdUFSCAR, 2011.

NAPOLITANO, Marcos. *Como usar a televisão na sala de aula*. São Paulo: Contexto, 2007.

NOGUEIRA, Luciana Valéria; SILVA, Tatiana Tavares da. Análise das concepções sobre a natureza da ciência em estudantes mediadas por sequência didática centrada na replicação de experimentos históricos darwinianos. In: Anais do 13º Seminário Nacional de História da Ciência e tecnologia. São Paulo, 2012.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. Categorias de análise nas pesquisas sobre conceitos alternativos. *Revista de Ensino de Física*, v. 12, p. 123-138, dez. 1990.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel G. A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5ª ed. São Paulo: Artmed, 2009.

PRESTES, Maria Elice B. *História da Ciência no ensino de ciências: repetição de experimentos históricos em sala de aula*. São Paulo: Acervo-TV Escola, 2009.

_____. Os cálculos que “provaram” a curta duração do calor solar. *Scientific American Brasil*. Volume especial: Erros da Ciência, out. 2006. P. 62-67.

PRESTES, Maria Elice B.; CALDEIRA, Ana. Maria. A. Introdução: a importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 1-16, 2009.

POLIT, Denise F.; HUNGLER, Bernadette P. *Fundamentos de pesquisa em enfermagem*. Tradução de Regina Machado Garcez. 3ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.

ROSITO, Berenice Álvares. O ensino de ciências e a experimentação. IN: MORAES, Roque (org.). *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da PUC-RS, 2008.

RUDOLPH, John L.; STEWART, Jim. Evolution and the Nature of Science: on the Historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 10, p. 1069-1089, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. Coordenadora Maria Inês Fini. São Paulo: 2008.

SANTOS, Silvana. Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula. São Paulo: Annablume / Fapesp, 2002.

SILVA, Cibelle C. (org). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

SILVA, Paulo R. C. da; CORREIA, Paulo R. M.; INFANTE-MALACHIAS, María Elena. Charles Darwin goes to school: the role of cartoons and narrative in setting science in an historical context. *Journal of Biological Education*, v. 43, n. 4, p. 175-180, 2009.

SILVA, Tatiana Tavares da; PRESTES, Maria Elice B. História da Biologia no ensino: análise das concepções de alunos sobre os métodos científicos, através de episódios históricos de Charles Darwin. In: Atas do VIII ENPEC, Campinas, 2011.

SULLOWAY, Frank J. Darwin and his finches: the evolution of a legend. *Journal of the History of Biology*, v. 15, n. 1, p. 1-53, 1982.

VARELLA, Drauzio. As cinco teorias de Darwin. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. 3ª Série. *Ensino Médio. Biologia: Ciências da Natureza. Caderno do Aluno, volume 3*. São Paulo: 2009.

ZANCUL, Maria Cristina de Senzi. O ensino de Ciências e a experimentação: algumas reflexões. IN: PAVÃO, Antônio Carlos; FREITAS, Denise de (orgs.) *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*. São Carlos: EdUFSCAR, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Sequência didática proposta para a aplicação em sala de aula

Darwin na sala de aula: reprodução de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva

Público-alvo: Estudantes do 3º ano do Ensino Médio, da Rede Estadual de Educação ou alunos provenientes de escolas particulares que irão ter no ano letivo o conteúdo de Evolução.

Tempo estimado: 6 aulas não consecutivas, de 50 minutos/cada.

Duração: 6 semanas.

Orientações para a preparação prévia pelo professor

Objetivos:

- Preparar a fase inicial do experimento de germinação de sementes imersas em água salgada por 28 dias.

Duração: tempo necessário para a aquisição e preparação dos materiais e 25 minutos para a execução dos experimentos.

Material:

- Sementes de diferentes espécies de plantas, 6-10 (um tipo para cada grupo de alunos), encontradas em loja de jardinagem. Sugestão de sementes (utilizadas no experimento do documentário): ervilha, repolho, rabanete, tomate, cebola e agrião.
- Garrafas pet vazias (6-10, a mesma quantidade que o número de tipos de semente selecionadas).
- Água.
- Sal (35g para cada litro de água)
- 1 tampa de caneta “bic” ou 1 balança digital
- Recipientes ou copos plásticos descartáveis para a separação da quantidade de sal
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico (canetas para retroprojektor, encontradas em papelarias).
- 1 colher para mexer a água salgada (pode ser daquelas para a preparação de suco)
- 1 funil
- Algodão

Procedimentos:

Três semanas antes da 1ª aula da Sequência Didática, em sua casa ou no laboratório da escola, o (a) professor (a) deve preparar a água salgada e distribuí-la nas garrafas pet, juntamente com um pouco de sementes de cada espécie (pode ser a quantidade que vem no saquinho, comprado em lojas de jardinagem). Para a preparação da água salgada, se o (a) professor(a) não tiver uma balança que possa medir 35 g de sal, ele pode separar em um pote ou copo descartável, utilizando a tampa de uma caneta “bic”. Cada tampa equivale a 1g de sal. Desse modo, o professor deverá medir 35 “tampinhas” de sal, para cada litro de água.

Depois, o(a) professor(a) deve escrever nas garrafas o nome do vegetal, de que pertence às sementes. As garrafas devem ser fechadas com algodão e guardadas em local fresco.

Mais detalhes sobre esse primeiro procedimento será dado na seção 3.2.3 Realização preliminar do experimento 1 da Sequência Didática, sobre a validação do experimento.

AULA 1 – Semana 1.**Objetivos:**

- Apresentar o naturalista Charles Darwin, a obra a ser trabalhada (*A origem das espécies*) e o contexto histórico e social da época.
- Discutir aspectos da teoria evolutiva de Darwin (as cinco teorias), focalizando a questão da descendência comum dos seres vivos.
- Apresentar o problema de investigação proposto por Darwin no capítulo XII de *A origem das espécies*.
- Registrar as hipóteses dos alunos para o problema proposto por Darwin.

Conceitos: evolução, ancestral comum, variação, seleção natural, distribuição geográfica.

Duração: uma aula de 50 minutos

Contextualização: século XIX, revolução industrial, criacionismo, movimentos de libertação dos escravos, independência das colônias.

Material:

- Caderno do aluno - Biologia, 3ª série do Ensino médio. Volume 3- 3ºbimestre (2009)
- Slides de aula (se houver datashow)
- Computador e datashow

- Material do contexto histórico e científico (em elaboração)
- Mapa de distribuição geográfica de uma espécie vegetal (em elaboração)
- Cartela de situação-problema (distribuição geográfica dos vegetais) – (em elaboração)
- Texto “As cinco teorias de Darwin” – Dráuzio Varella (presente no caderno do aluno)

Procedimentos:

Apresentar brevemente o naturalista Charles Darwin e o livro *A origem das espécies* e o seu contexto, pois já deverá ter sido trabalhado alguns conteúdos de Evolução antes da aplicação dessa Sequência Didática, que visa somente complementar alguns assuntos.

Discutir aspectos da teoria evolutiva de Darwin: As cinco teorias de Darwin, propostas por Ernst Mayr, em texto de Dráuzio Varella no Caderno do Aluno da Proposta Curricular do Estado de São Paulo. Apresentar observações derivadas da comparação do texto de Drauzio Varella com Mayr, Diogo Meyer e Charbel El-Hani.

Apresentar as situações-problema levantadas por Darwin no capítulo XII de *A origem das espécies*:

Situação-problema 01: Uma determinada espécie vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes separados por uma barreira geográfica (como um continente e uma ilha ou em continentes diferentes). Como você imagina que isso seja possível?

Atividade 1

Pedir para que os estudantes se dividam em grupos, de no máximo quatro alunos e dêem um nome para o seu grupo. Em seguida, devem iniciar a discussão e elaboração de suas hipóteses no caderno para a situação-problema 01 (10 minutos). Um aluno do grupo ficará responsável em escrever as hipóteses levantadas pelo grupo para que seja entregue à professora.

Após a discussão e redação das hipóteses pelos alunos, a professora promove a socialização das hipóteses levantadas, colocando-as resumidamente na lousa.

Contextualização do problema: discussão sobre distribuição geográfica, com base em um exemplo espécie vegetal (mapa).

Hipóteses esperadas: 1) uma espécie vegetal surgiu de modo independente nos dois lugares; 2) uma espécie de planta teve origem em um local e emigrou para um novo local. Caso não surjam, essas possibilidades devem ser apresentadas pelo professor.

Situação-problema 02 (evidências para a hipótese 2): as estruturas de uma planta (semente, fruto, por exemplo) pode atravessar o mar com relativa facilidade? Quais os obstáculos o vegetal enfrentaria para atravessar o mar? Quais as facilidades?

Os grupos de alunos devem passar a discutir como seriam encontradas evidências que pudessem sustentar a segunda hipótese (5 minutos). Os grupos devem escrever na lousa as evidências que julgaram relevantes.

Em seguida, o (a) professor (a) pode ajudar os alunos esclarecendo que Darwin indicou a necessidade de encontrar evidências que sustentassem três aspectos relacionados à emigração das plantas pelos mares:

- a) Capacidade de flutuação da planta ou de suas partes reprodutivas, garantindo desse modo que pudessem ser levadas pelas correntes oceânicas.
- b) Resistência da planta ou de suas partes reprodutivas à água salgada.
- c) Viabilidade da semente (capacidade de germinação) após contato com a água salgada.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Apresentar o naturalista Charles Darwin, a obra a ser trabalhada (<i>A origem das espécies</i>) e o contexto histórico e social da época	Breve apresentação, com a utilização de imagens (datashow ou cartazes)	10 minutos
Discutir aspectos da teoria evolutiva de Darwin (as cinco teorias), focalizando a questão da descendência comum dos seres vivos	Leitura e discussão do texto “As cinco teorias de Darwin” – Drauzio Varella	10 minutos
Apresentar o problema de investigação proposto por Darwin no capítulo XII de <i>A origem das espécies</i> .	Apresentação das situações-problema e discussão	10 minutos

Registrar as hipóteses dos alunos para o problema proposto por Darwin	Levantamento de hipóteses e discussão	20 minutos
---	---------------------------------------	------------

AULA 2 – Semana 1.

Objetivos:

- Identificar, em trecho do capítulo XII de Darwin, os três experimentos planejados para investigar a) capacidade de flutuação; b) resistência à água salgada e c) a germinação da semente após imersão de 28 dias.
- Assistir a trechos previamente selecionados pelo professor do documentário *Idéias perigosas* da série *O jardim de Darwin*, da BBC (15 minutos).
- Selecionar entre os dois últimos, qual será o experimento a ser realizado por cada grupo de alunos.

Conceitos: distribuição geográfica, hidrocoria.

Duração: uma aula de 50 minutos.

Contextualização: [a ser desenvolvido]

Material:

- Trechos do Capítulo XII, de *A origem das espécies*, de Charles Darwin.
- Trechos do documentário *Ideias perigosas*: trecho que mostra estruturas vegetais, como sementes, frutos e galhos sendo encontradas na areia de uma praia, trazidas pelo mar; trechos que mostram a realização dos experimentos de resistência e germinação.
- Duração: 15 minutos
- Televisão e aparelho de DVD ou computador com drive de DVD e Datashow

Procedimentos:

Os alunos deverão reunir-se nos grupos para ler e discutir o texto de Darwin, procurando identificar os três experimentos (flutuação, resistência e germinação).

Em seguida, assistirão aos trechos do documentário com o objetivo de melhor compreender as etapas dos três experimentos.

Os alunos deverão escolher entre os dois últimos (da resistência à água salgada ou a germinação da semente após a imersão de 28 dias), qual será o experimento a ser realizado por cada grupo e, a partir de instruções fornecidas pelo professor, organizar a aquisição de materiais que serão utilizados nos experimentos da aula seguinte.

Lista de materiais do experimento resistência à água salgada:

- Sementes de diferentes espécies de plantas, 6-10 (um tipo para cada grupo de alunos), encontradas em loja de jardinagem. Cada grupo de aluno deve escolher sementes de uma determinada espécie.
- Garrafas pet vazias (6-10 , a mesma quantidade do número de espécies de sementes que foram selecionadas).
- Água.
- Sal (35 g para cada litro de água)
- 1 tampa de caneta “bic” ou 1 balança digital
- potes ou copos descartáveis para a separação da quantidade de sal
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico (canetas para retroprojektor, encontradas em papelarias).
- Etiqueta ou fita crepe para fechar a extremidade da tampa da caneta “bic”
- 1 colher para mexer a água salgada

Lista de materiais do experimento germinação de sementes:

- Garrafas pet com sementes imersas em água salgada há 28 dias o (a) professor(a) deverá trazer).
- Potes plásticos ou embalagens vazias de iogurte.
- Terra preta adubada (saco de 4kg encontrado em lojas de jardinagem)
- Húmus (saco de 2 kg)
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico (canetas para retroprojektor, encontradas em papelarias).

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Identificar em trecho do capítulo XII de Darwin, os três experimentos planejados para investigar: a) capacidade de flutuação; b) resistência à água salgada e c) a germinação da semente após imersão de 28 dias	-Leitura de um trecho do texto do Capítulo XII -Identificação dos experimentos	25 minutos

Assistir a trechos previamente selecionados pelo professor do documentário <i>Idéias perigosas</i> da série <i>O jardim de Darwin</i> , da BBC	-Exibição de um trecho do documentário	15 minutos
Selecionar entre os dois últimos, qual será o experimento a ser realizado por cada grupo de alunos	-Discussão e organização dos materiais para o experimento	10 minutos

AULA 3 – Semana 2.

Objetivos:

- Registrar e preencher um protocolo para a realização de seu experimento (resistência ou germinação).
- Iniciar a realização de seu experimento.

Conceitos: germinação, função de proteção da semente.

Duração: aula de 50 minutos.

Contextualização: importância dos experimentos para a investigação científica, semente e fruto como protetores do embrião.

Material:

- Sementes de diferentes espécies de plantas, 6-10 (um tipo para cada grupo de alunos), encontradas em loja de jardinagem. Cada grupo de aluno deve trazer um punhado de sementes da mesma espécie. Sugestão de sementes (utilizadas no experimento do documentário): ervilha, repolho, rabanete, tomate, cebola e agrião.
- Garrafas pet vazias (6-10).
- Água.
- Sal (35 g para cada litro de água).
- Funil.
- Balde ou jarra para a preparação da água salgada.
- Pinças para a retirada das sementes.
- Recipiente para descartar a água das garrafas.

- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico.
- Garrafas pet com sementes imersas em água salgada há 28 dias – professor (a) deve levar.
- Potes plásticos ou embalagens vazias de iogurte.
- Terra preta adubada.
- Regador (para semanalmente hidratar as sementes plantadas).

Procedimentos:

Cada grupo deve registrar um protocolo para o acompanhamento de seu experimento (resistência ou germinação) e iniciar a realização do mesmo.

Os experimentos devem ser montados na própria classe, em espaço reservado para isso, ou no laboratório. Os alunos devem elaborar avisos a serem colocados sobre os materiais, solicitando que não sejam manipulados nem retirados do local.

Data:

Escola:

Turma:

Nome do grupo e dos alunos:

Ficha de experimento

1) Identificação do experimento:

2) Hipótese a ser testada:

3) Material utilizado (inclusive os biológicos):

4) Etapas do procedimento experimental:

5) Resultados

Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada:

Pote nº	Semente de	Germinação em número de dias
01	...	...
...	...	...

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Registrar e preencher um protocolo para a realização de seu experimento (resistência ou germinação)	-registrar os materiais e procedimentos na ficha	15 minutos
Iniciar a realização de seu experimento.	-realizar o experimento escolhido pelo grupo	35 minutos

AULA 4 – Semana 2.**Objetivos:**

- Realizar o experimento da flutuabilidade das estruturas vegetais e discutir alguns resultados.

Duração: uma aula de 50 minutos.

Contextualização: a flutuabilidade de algumas estruturas vegetais por longos períodos pode ser uma evidência da dispersão de sementes.

Material (providenciados pelo professor para cada grupo de alunos).

- Galhos de árvores.
- Sementes de vários tamanhos (diferentes das utilizadas nos outros dois experimentos).
- Frutos de vários tamanhos.
- Baldes transparentes ou aquários.
- Água e sal (35g para cada litro de água).

Procedimentos:

Em seus grupos de trabalho, os alunos devem realizar o experimento da flutuabilidade de estruturas vegetais.

Preparar a água salgada e dosar a quantidade de sal para cada litro de água colocado em uma bacia. Colocar os três tipos de materiais em seus baldes e registrar o tempo em que cada estrutura flutuou e/ou afundou.

Anotar os resultados em uma tabela:

Nome do grupo	Estruturas que	Estruturas que não
----------------------	-----------------------	---------------------------

	flutuaram – em quanto tempo	flutuaram – em quanto tempo

Discutir os resultados e suas implicações sobre a possibilidade das plantas percorrerem longas distâncias nos oceanos.

Observação: algumas estruturas podem flutuar mais de 50 minutos. O experimento deve ficar em local protegido, em que os estudantes possam fazer observações e as anotações.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Realizar o experimento da flutuabilidade das estruturas vegetais e discutir alguns resultados.	Fazer o experimento, anotar e discutir os resultados preliminares.	50 minutos.

Intervalo entre as aulas 4 e 5

Duração: três semanas

Material:

- Fichas de experimentos

Objetivos:

- Registrar as observações do acompanhamento semanal dos experimentos.
- Fazer a leitura e entregar um resumo na terceira semana do artigo de Charles Darwin “Does sea-water kill seeds?”

Estratégias:

Os grupos devem observar semanalmente o andamento de seus experimentos, fazendo devidos registros em suas fichas. Também, os alunos devem aguar os vasos, no caso do experimento de germinação.

Ao longo das três semanas, eles deverão ler o artigo escrito por Darwin sobre os experimentos que eles realizaram e deverão entregar um resumo na terceira semana.

AULA 5 – Semana 6.

Objetivos:

- Registrar os resultados finais nas fichas de experimentos.
- Socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada)
- Discutir os resultados de cada grupo para a classe.
- Comparar os resultados obtidos por Darwin

Duração: uma aula de 50 minutos.

Contextualização: comparar os resultados dos outros grupos e os de Darwin e discuti-los, para a confecção do relatório e/ou artigo.

Material:

- fichas de experimentos
- material experimental

Estratégias:

Cada grupo de alunos deve registrar os resultados finais nas fichas de experimentos. Em seguida, devem socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada) e discutir os resultados no grupo classe.

A comparação com os resultados de Darwin deve ser feita mediante a retomada dos trechos do capítulo XII de *A origem das espécies* e do artigo “Does sea-water kill seeds?” (que será traduzido).

Retomar a ancestralidade comum e a situação-problema: uma espécie surgiu em um lugar ou em vários lugares ao mesmo tempo?

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Registrar os resultados finais nas fichas de experimentos.	Registro dos dados nas tabelas.	10 minutos.
Socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada).	Discussão dos resultados.	15 minutos.
Discutir os resultados de cada grupo para a classe.	Discussão e comparação dos resultados.	10 minutos.
Comparar os resultados obtidos por Darwin.	Comparar e discutir os resultados.	15 minutos.

AULA 6 – Semana 6.

Objetivos:

- Elaborar coletivamente dois artigos científicos com o relato de cada um dos experimentos realizados.

Duração: uma aula de 50 minutos.

Material:

- Modelo de um artigo científico
- Ficha de experimentos com resultados finais

Procedimentos:

O (a) professor(a) deverá ajudar os alunos na montagem de um artigo coletivo. Deve fornecer um modelo e orientar para que cada grupo de alunos redija uma das sessões do artigo.

Outra possibilidade para a integração dos grupos: resumo do que entenderam sobre o experimento do outro grupo e como o experimento do outro grupo influencia no resultado do grupo em questão.

Itens que devem compor um artigo científico

Título.
 Nome completo dos autores e instituição em que estudam.
 Resumo (até 200 palavras).
 Palavras-chave (até seis).
 Introdução.
 Objetivos.
 Material e métodos.
 Resultados e conclusões.
 Bibliografia consultada.

Avaliação

Além da avaliação continuada da participação dos alunos durante as atividades desenvolvidas, será dada uma nota pelo artigo entregue ao professor.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia	Tempo estimado
Elaborar coletivamente dois artigos científicos com o relato de cada um dos experimentos realizados.	Escrita de um artigo/relatório.	50 minutos.

Referências Bibliográficas utilizadas na elaboração da Sequência Didática

IDEIAS Perigosas. Série *O Jardim de Darwin*. Apresentado por Jimmy Doherty. BBC. Londres, 2009. 1 DVD (58 min), son., color.

DARWIN, Charles R. *A origem das espécies*. Tradução Eduardo Nunes Fonseca. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2010.

DARWIN, Charles R. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray. 6th ed., with additions and corrections, 1876.

DARWIN, Charles R. Does sea-water kill seeds? *Gardeners' Chronicle*, n. 21, p. 356-357, 26 May 1855. Disponível em:

<<http://darwinonline.org.uk/content/frameset?itemID=F1683&viewtype=text&pageseq=1>>

Acesso em 14 de jan de 2012.

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. *Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário*. Tradução Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel N. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2005.

PRESTES, Maria Elice B. *História da Ciência no ensino de ciências: repetição de experimentos históricos em sala de aula*. São Paulo: Acervo- TV Escola, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. Coordenadora Maria Inês Fini. São Paulo: 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Caderno do aluno: Biologia*. 3ª série do Ensino Médio, volume 3. Coordenadora Ghisleine Trigo Silveira. São Paulo: 2009

APÊNDICE B. Biografia de Charles Darwin, contexto histórico, científico, social e cultural utilizado na Sequência Didática.

BIOGRAFIA DE CHARLES DARWIN, CONTEXTO HISTÓRICO, CIENTÍFICO, SOCIAL E CULTURAL.

Anos	Vida de Charles Darwin	Acontecimentos históricos	Contexto científico, social e cultural
1809 – 1820	1809 Nascimento, no dia 12 de Fevereiro, em Shrewsbury, no oeste da Inglaterra 1817 Morte de sua mãe, Susanna	Napoleão invadiu a Rússia Fim da Era Napoleônica Congresso de Viena Independência da Argentina e do Chile	George Stephenson inventou a locomotiva a vapor
1821 – 1830	1825 Ingressou na Universidade de Edimburgo pra estudar Medicina 1827 Ingressou na Universidade de Cambridge para estudar Teologia	Independência do Brasil Surgem os primeiros sindicatos Revolução Liberal, em Paris	É publicado o primeiro volume de <i>Os princípios da Geologia</i> , de Charles Lyell Surge o primeiro trem no Reino Unido Nicéphore Niepce realiza a primeira fotografia
1831 – 1840	1831 Licenciou-se em Cambridge. Em 27 de Dezembro inicia a viagem no HMS Beagle 1832 Em sua viagem, passou por Salvador, na Bahia 1833 Explorou o Pampa argentino 1835 Fez observações e coleta de material biológico nas ilhas Galápagos 1836 Retornou para a Inglaterra em 12 de Outubro	Abdicação do trono brasileiro por D. Pedro I Início do reinado da rainha Vitória, do Reino Unido (durou até 1901) Começa o Segundo Reinado, no Brasil, com D. Pedro II	A teoria celular, de que os seres vivos são constituídos por células é proposta pelos alemães Theodor Schwan e Matthias Schleiden Surge a primeira fábrica a vapor na Espanha Samuel Morse inventa o telégrafo Nascimento de Machado de Assis

	<p>1838 Lê o <i>Ensaio sobre a população</i> de Thomas Malthus</p> <p>1839 Publica o <i>Diário de Viagem do Beagle</i></p> <p>Casa-se com sua prima Emma</p>		
1841 – 1840	<p>1841 Nascimento de sua filha Annie</p> <p>1842 Mudou-se para uma casa de campo em Downe, no sudoeste da Inglaterra</p> <p>Publicou <i>Estrutura e distribuição dos Recifes de Corais</i></p> <p>1846 Publicou <i>Observações geológicas sobre a América do Sul</i></p>	<p>Terceira onda de revoluções liberais na Europa</p> <p>A Lei Eusébio de Queirós determina o fim do tráfico negreiro no Brasil</p>	<p>Karl Marx e Friedrich Engels lançaram <i>O Manifesto Comunista</i></p>
1851 – 1860	<p>1851 Morte da sua filha Annie</p> <p>1858 São publicados um ensaio de Alfred Russel Wallace e um resumo de <i>A origem das espécies</i></p> <p>1859 Em 24 de Novembro foi publicado <i>A origem das espécies</i>, sua principal obra</p>	<p>Abraham Lincoln assume a presidência dos Estados Unidos</p>	<p>Produção de aço em grande escala</p> <p>Primeira estrada de ferro no Brasil e adoção da navegação a vapor</p> <p>Perfuração do primeiro poço de petróleo</p> <p>Romantismo no Brasil: Gonçalves Dias</p>
1861 – 1870	<p>1860 Lançou a segunda edição de <i>A origem das</i></p>	<p>Guerra de Secessão Americana</p>	<p>Publicação de alguns trabalhos de Mendel</p>

	<p>espécies, com correções importantes</p> <p>1861 Publicou a terceira edição de sua principal obra</p> <p>1862 Publicou <i>Fertilização das Orquídeas</i></p> <p>1866 É publicada a quarta edição de <i>A origem das espécies</i></p> <p>1868 Lançou o <i>Variações em animais e plantas sob domesticação</i></p> <p>1869 Publicou a quinta edição ampliada, de <i>A origem das espécies</i></p>	<p>Início da Guerra do Paraguai</p>	<p>Dimitri Mendeleiev publica a tabela periódica dos elementos</p> <p>Karl Marx publica <i>O Capital</i></p>
1871 – 1882	<p>1871 Publicou <i>A origem do Homem e a Seleção Sexual</i></p> <p>1872 Lançou <i>A expressão das emoções no homem e nos animais</i></p> <p>1875 Foi publicado o livro <i>As plantas insetívoras</i></p> <p>1882 Morreu em abril</p>	<p>Unificação alemã e proclamação do Segundo Império</p> <p>A rainha Vitória torna-se também imperatriz da Índia</p> <p>O Reino Unido ocupa o Egito</p>	<p>Graham Bell inventou o telefone</p> <p>Thomas Edison inventa o fonógrafo e a lâmpada incandescente</p> <p>Nascimento de Albert Einstein</p> <p>Nascimento de Pablo Picasso</p> <p>Robert Koch descobre o bacilo da tuberculose</p>

Fontes:

BIZZO, Nélío. *Darwin- no telhado das Américas*. 2 ed. revisada e ampliada. São Paulo: Odysseus, 2009

BROWNE. Janet. *A origem das espécies de Darwin: uma biografia*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

DESMOND, Adrian; MOORE, James. *Darwin: a vida de um evolucionista atormentado*. Tradução: Cynthia Azevedo-6ª edição revista e ampliada. São Paulo: Geração editorial, 2009

MATEU, Lluís Cugota. *Meu nome é Charles Darwin* [texto Lluís Cugota Mateu; ilustrações Teresa Nartí Jové: tradução Célia Regina Rodrigues de Lima]. 2ªed. – São Paulo: Publifolha, 2010

STRICKLAND, Sidney; STRICKLAND, Eliza. *The illustrate timeline of Science. A crash course in words & pictures. A John Boswell Associates book. Sterling publishing CO., New York, 2006*

APÊNDICE C. Texto: As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr.

As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr

Tatiana Tavares da Silva

Em *A origem das espécies*, sua principal obra, Darwin referiu-se às suas ideias no singular, como “minha teoria”, mas segundo Ernst Mayr, o paradigma de Darwin consiste em várias teorias independentes. Para Mayr, há cinco teorias da Evolução, de Darwin: **evolução propriamente dita, descendência comum, gradualismo, multiplicação de espécies e seleção natural**.

A seguir, há uma breve explicação sobre cada uma dessas teorias, de acordo como foi exposto nos livros de Mayr.

1) Evolução propriamente dita.

Essa é a teoria de que mudanças acontecem nas espécies. O mundo não é constante e os organismos são modificados ao longo do tempo. Essa teoria é base para as outras quatro teorias evolucionistas, pois os outros elementos presentes nelas não poderiam ser explicados e nem fariam sentido se a evolução não fosse um fato.

2) Descendência comum ou origem comum. A teoria de descendência comum, segundo Mayr, derivou da observação de espécies da Ilha Galápagos. Cada grupo de organismos descendia de uma espécie ancestral, ou seja, tiveram uma origem única na Terra, e de acordo com o seu ambiente, se adaptaram diferentemente.

Quando divulgada esta teoria, a inclusão de seres humanos na linha de descendência, encontrou uma forte resistência, a julgar pelas caricaturas da época, pois era difícil a aceitação de que os seres humanos poderiam ter a mesma origem que outros primatas.

3) Gradualismo: a transformação evolutiva acontece gradualmente, não aos saltos. A mudança evolutiva ocorre pela transformação lenta e gradual da população, e não pela produção rápida (saltacional) de novos indivíduos que representam um novo tipo.

4) Multiplicação de espécies. Nesta teoria tenta-se explicar a origem da diversidade orgânica. As espécies se multiplicam, separando-se em espécies-filhas, ou, então, desenvolve-se pelo estabelecimento de populações fundadoras, isoladas geograficamente, e que a partir daí evoluem em novas espécies.

5) Seleção Natural. Esta teoria é a mais ousada e inovadora. A partir da proposta de um mecanismo de mudança evolutiva, explica a harmonia e adaptação do mundo orgânico. Para Darwin, a seleção natural ocorre em duas etapas: a produção de variação e a distinção

por seleção e variação. De todas as teorias de Darwin, foi a que encontrou a maior resistência em relação à aceitação.

As cinco teorias não são um todo indivisível, pois uma ou mais das cinco teorias foram rejeitadas por evolucionistas, apesar de a maioria concordar com a modificação (inconstância) das espécies.

Referências bibliográficas

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. *Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário*. Tradução Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

APÊNDICE D. Tradução do artigo de Darwin: Does sea water kill seeds? (A água do mar mata sementes?). Por Tatiana Tavares da Silva e Maria Elice Brzezinski Prestes

Fonte: **DARWIN, Charles Robert. Does sea-water kill seeds? *Gardeners' Chronicle and Agricultural Gazette* no. 21 (26 May): 356-357.** Disponível em <<http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1683&viewtype=text&pageseq=1>> Acesso em 14 jan. 2012.

A ÁGUA DO MAR MATA SEMENTES?

Charles Robert Darwin.

Como vocês honraram-me em notar meu desejo de averiguar experimentalmente o poder de resistência das sementes à ação nociva da água do mar, talvez apreciem conhecer este relato. Como esses experimentos podem parecer naturalmente infantis a muitos, eu me permito admitir a premissa de que eles mantem importância direta com um problema muito interessante que atraiu muita atenção ultimamente, especialmente na América, a saber, se um mesmo ser orgânico foi criado em um ponto ou em diversos pontos sobre a superfície de nosso planeta. Como geólogo, eu tenho interesse especial sobre a possibilidade de as plantas serem transportadas pelo mar para ilhas distantes, devido à grande influência, bastante óbvia, que as noções do saudoso falecido Edward Forbes exerceram sobre os escritos subsequentes de botânicos e zoólogos. Forbes, como é bem sabido, audaciosamente supôs que a costa Norte da Espanha esteve antes ligada continuamente à Irlanda, e ele estendeu o continente da Europa para além dos Açores²⁵. Imaginar essas mudanças geológicas enormes no período de existência dos seres vivos atuais com base em nenhum outro fundamento que a distribuição, me parece, no presente estado de nossa ignorância sobre os meios de transporte, um passo quase retrógrado na ciência – ele corta o nó, em vez de desatá-lo. Eu creio que objeções fortes podem ser levantadas contra as hipóteses de Forbes, como as dos casos acima e em muitos outros, mas este não é o lugar apropriado para discutir tal questão. Como, ao começar [os experimentos], eu não tinha a menor noção se as sementes poderiam ou não ser todas mortas após uma única semana de imersão, eu primeiro apanhei apenas algumas, selecionando-as quase ao acaso a partir das grandes famílias naturais; mas agora estou trabalhando com um conjunto escolhido com base em princípios filosóficos, graças à gentileza do Dr. Hooker²⁶.

²⁵ Forbes, 1846 (nota de John van Wyhe, editor do texto original, doravante: N. Ed.).

²⁶ Joseph Dalton Hooker (1817-1911), botânico, Diretor Assistente dos Jardins Botânicos Reais de Kew (1855-1865), Diretor (1865-1885), tornou-se amigo próximo de Darwin. (N. Ed.)

A água do mar foi produzida artificialmente com sal obtido do Sr. Bolton²⁷, Holborn Bars 146, e foi testada por químicos melhores do que homens, ou seja, por numerosos animais marinhos e algas que viveram nela por mais de um ano. As sementes foram colocadas em garrafas separadas, de 56 ml a 112 ml cada, em ambiente externo, na sombra: a temperatura média durante o período foi em torno de 7 °C, subindo em uma semana para uma média de cerca de 9 °C. A maioria das sementes inchou na água, e algumas delas coloriram-na levemente, e cada uma cedeu-lhe seu próprio odor peculiar e forte. A água em que foram mergulhadas as sementes de repolho e de rabanete tornou-se pútrida e com odor demasiadamente forte; e é surpreendente que algumas sementes, como é o caso do rabanete, possam ter resistido a influência tão contaminante; como a água se tornou pútrida antes que eu tivesse imaginado essa contingência, não foi, nunca, renovada. Eu também coloquei sementes em uma garrafa de um litro dentro de um tanque com neve e água, para verificar se as sementes mantidas à temperatura de 0°C resistiriam melhor à água salgada; essa água, como aquela das garrafas pequenas, para a minha surpresa, tornou-se turva e com odor bastante forte. Na lista à seguir, eu não tenho nenhuma razão para supor, exceto nos casos assim declarados, que as sementes resistiram seu tempo integral.

Sementes de agrião (*Lepidium sativum*) germinaram bem após imersão de 42 dias; elas originaram uma quantidade surpreendente de lodo, de modo a aderirem em uma massa.

Os rabanetes não germinaram tão bem, no mesmo período.

Sementes de repolho: após 14 dias de imersão, apenas uma semente, de muitas, germinou; eu acho isso bastante estranho, considerando que o repolho é uma planta que cresce à beira-mar; na água salgada gelada, no entanto, várias sementes germinaram após 30 dias de imersão.

As sementes de alface cresceram bem após 42 dias.

Das sementes de cebola, apenas algumas germinaram após o mesmo período.

Sementes de cenoura e (7) aipo [germinaram] bem depois dos 42 dias.

Borago officinalis [borragem], (9) *Capsicum* [pimenta], (10) *Cucurbita ovifera* [abóbora] germinaram bem após 28 dias de imersão; as duas últimas, embora frágeis, também foram colocados na água gelada e germinaram após 30 dias de imersão.

Satureja ou segurelha cresceu um pouco menos bem após 28 dias.

Linum usitatissimum [linhaça]: somente uma dentre uma quantidade de sementes (que deram origem a bastante lodo) germinou após 28 dias, e a mesma coisa aconteceu após 14

²⁷ William Bolton era um negociante de produtos químicos. (N. Ed.)

dias; e somente três sementes germinaram após os primeiros sete dias de imersão, ainda que a semente era muito boa.

Ruibarbo, (14) beterraba, (15) atriplex, (16) aveia, (17) cevada, (18) *Phalaris canariensis* [alpiste], todas germinaram excelentemente após 28 dias; da mesma forma, estas seis [sementes germinaram] após 30 dias na água gelada.

Feijões e (20) *Ulex*: destas, poucas sobreviveram, com dificuldade, 14 dias; os feijões foram todos mortos pelos 30 dias na água gelada.

Ervilhas germinaram após sete dias, mas todas morreram depois de 14 dias de imersão em ambiente externo, e também depois de 30 dias em água gelada.

Trifolium incarnatum [trevo-encarnado] é a única planta cujas sementes foram todas mortas por sete dias de imersão; nem resistiu a 30 dias em água salgada gelada.

Feijões roxos foram testados somente na última água e todos estavam mortos depois dos 30 dias.

Como desses 23 tipos de sementes, selecionadas praticamente ao acaso, apenas as cinco leguminosas foram mortas (com exceção das sementes de repolho, que sobreviveram na água gelada), somos tentados a inferir que as sementes desta família devem, em geral, ter uma resistência à água salgada bem pior que a das sementes das outras grandes famílias naturais; ainda assim, a partir de comentários em trabalhos botânicos, eu esperava que elas sobrevivessem por mais tempo. Foi realmente muito curioso observar quão uniforme foi a germinação, mesmo em um dia, em quase todos os tipos de semente, quando retiradas semana após semana, da água salgada e do mesmo modo quando comparadas com as mesmas sementes não-salgadas – todas, é claro, tendo sido cultivadas sob as mesmas circunstâncias, ou seja, em copos de vidro na minha lareira, para que as sementes estivessem ao alcance de meus olhos, desde o dia de terem sido plantadas. As germinações do Ruibarbo e do aipo foram diferentes, aceleradas. Com relação à *Convolvulus tricolor*, não incluída na lista acima, eu posso mencionar que muitas das sementes germinaram e saíram de suas cascas, enquanto ainda estavam na água salgada, depois de seis ou sete dias de imersão.

Para voltar ao tema de transporte, eu posso afirmar que no “Atlas Físico de Johnston” são fornecidas as taxas de 10 correntes distintas no Atlântico [...], e a média delas é de 33 milhas náuticas por dia; portanto, em 42 dias – período de imersão em que sete dos oito tipos de sementes testadas tinham sobrevivido – uma semente pode ser facilmente carregada por cerca de 1.300 e 1.400 milhas [2.600 e 2.800 km].

Eu vou encerrar esta já longa comunicação, observando que todas as 40-50 sementes que eu testei afundaram na água salgada; isto pode parecer um obstáculo fatal para a

disseminação de plantas pelas correntes oceânicas; mas pode ser questionado se a maioria das sementes (com exceção das de tipo alado), uma vez espalhada, é levada pelo mar como ocorre com plantas inteiras, ou quase inteiras, com seus frutos, sendo levadas pelos rios durante as cheias, por águas das fontes, redemoinhos de vento, deslizamento de falésias etc., constantes durante o longo lapso das idades geológicas modernas. Deve-se ter em mente o quão lindamente vagens, cápsulas etc., e até mesmo as cabeças completamente expandidas [da família] *Compositae* fecham-se quando molhadas, como se pelo firme propósito de carregar as sementes de forma segura à terra. Quando depositadas em terras longínquas pelas marés e ondas, e talvez ligeiramente conduzidas ao interior por vendavais costeiros, as vagens etc. vão secar e, abrindo, vão lançar suas sementes; e elas estarão então prontas para os muitos meios de dispersão pelos quais a Natureza semeia seus amplos campos, e que têm despertado a admiração de todo observador. Mas quando a semente é semeada em sua nova morada, então, como eu acredito, vem a provação; será que os ocupantes antigos, na grande luta pela vida, permitem ao novo e solitário imigrante espaço e sustento?

Charles Darwin, Down, Farnborough, Kent, May 21, 1855.

APÊNDICE E. Termo de consentimento utilizado antes da aplicação da sequência didática

Termo de consentimento livre e esclarecido

Nome:

Idade:

RG:

Concordo em participar como voluntário (a), da pesquisa “Darwin na sala de aula: Reprodução de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva”, desenvolvida pela professora Tatiana Tavares da Silva, RG nº 32. 445.596-3, mestranda do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, na modalidade de Biologia, da Universidade de São Paulo (USP).

Esta pesquisa objetiva trabalhar com a História da Biologia e a utilização de experimentos históricos, para auxiliar em uma melhor compreensão dos conteúdos de Evolução. Neste trabalho terei espaço para expressar minhas opiniões e percepções sobre o assunto pesquisado, que poderão ser úteis para melhorar o conhecimento sobre o tema e expandir os estudos nesta área.

As aulas poderão ser filmadas, gravadas ou fotografadas. Autorizo a utilização das gravações e imagens para fins de pesquisa.

A duração de cada aula será de 50 minutos, e esta atividade não é obrigatória caso não queira participar (isso em nada afetará o tratamento que você recebe nesta instituição).

Ao decidir aceitar participar deste estudo tomei conhecimento de que:

- Caso não me sinta à vontade, estou ciente de que posso interromper a minha participação, a qualquer momento, sem que isso implique em qualquer prejuízo;
- As informações que fornecerei poderão serem utilizadas para trabalhos científicos;
- A minha identificação será mantida sob sigilo;
- Não há nenhum risco significativo para mim em participar deste estudo;

- A minha participação neste estudo é inteiramente voluntária;
- Não haverá despesas por minha parte.

Considerando as observações acima, caso tenha dúvidas, posso contatar a pesquisadora Tatiana Tavares da Silva e/ou sua orientadora Prof. Dra. Maria Elice de Brzezinski Prestes, para qualquer tipo de explicação no seguinte endereço: Rua do Matão, 277, sala 317 A. Cidade Universitária. CEP: 05508-090 – São Paulo, SP-Brasil. Poderei contatá-las nos e-mails: tati.ts@gmail.com e eprestes@ib.usp.br

_____, ____ de _____ de 201__.

Assinatura do voluntário

Assinatura do Pesquisador

Nome, RG e assinatura do responsável caso o estudante seja menor de idade.

APÊNDICE F. Uma nova proposta de sequência didática

Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva

Público-alvo: Estudantes do 3º ano do Ensino Médio, da Rede Estadual de Educação de São Paulo ou alunos de escolas particulares que irão ter no ano letivo o conteúdo de Evolução.

Tempo estimado: seis aulas não consecutivas, de no mínimo 50 minutos/cada.

Duração: três semanas não consecutivas

Orientações para a preparação prévia pelo professor

Objetivo:

- Preparar a fase inicial do experimento de germinação de sementes, quando estas devem ficar imersas em água salgada por vinte e oito dias.

Duração:

Tempo necessário para a aquisição e preparação dos materiais e aproximadamente 25 minutos para a execução dos experimentos.

Material:

- Sementes de diferentes espécies de plantas, encontradas em loja de jardinagem. São sugeridos os mesmos tipos de sementes do experimento feito no documentário *Darwin's Garden* (No jardim de Darwin), no episódio *Dangerous ideas* (Ideias perigosas), da BBC: ervilha, repolho, rabanete, tomate, cebola e agrião.
- 6 garrafas pet vazias, por grupo (a mesma quantidade que o número de tipos de semente selecionadas).
- Água.
- Sal (35g para cada litro de água)
- 1 balança digital
- Recipientes ou copos plásticos descartáveis para a separação da quantidade de sal
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico (canetas para retroprojektor, encontradas em papelarias).
- 1 colher para mexer a água salgada (pode ser daquelas para a preparação de suco)
- 1 funil

– Algodão

Procedimentos:

Quatro semanas antes da primeira aula da Sequência Didática, em sua casa ou no laboratório da escola, o (a) professor (a) ou o técnico de laboratório deve preparar a água salgada. Deve-se colocar 35g de sal para cada litro de água. Após isso, deve-se distribuir a água salgada nas garrafas pet, juntamente com um pouco de sementes de cada espécie (pode ser a quantidade que vem no saquinho, comprado em lojas de jardinagem). Depois, o (a) professor (a) deve escrever nas garrafas o nome do vegetal, e a data em que foi colocada na água salgada. As garrafas devem ser fechadas com algodão e guardadas em local fresco.

Dica: Para a preparação da água salgada, se o (a) professor (a) não tiver uma balança que possa medir 35 g de sal, ele pode separar em um pote ou copo descartável o sal, que será medido utilizando-se a tampa de uma caneta “bic”. Cada tampa equivale a 1g de sal. Desse modo, o professor deverá medir 35 “tampinhas” de sal, para cada litro de água.

AULA 1 – Semana 1

Objetivos:

- Elaboração de hipóteses para o problema de Darwin
- Registrar e preencher um protocolo para a realização de seu experimento (resistência ou germinação da semente)

Duração: tempo de uma aula regular.

Contextualização da aula: Nesta aula deverão ser levantadas as hipóteses dos alunos para o problema de Darwin, sobre a distribuição geográfica de vegetais. Deverão ser apresentadas as situações problemas pelo professor (a), e os alunos (as), em grupos, devem discutir e elaborar hipóteses e testes. Após a discussão coletiva na sala, o (a) professor (a) deve ajudá-los a elaborar o protocolo experimental dos experimentos, que deverão ser feitos na próxima aula.

Material: não será necessário

Procedimentos:

Apresentar as situações-problema levantadas por Darwin no capítulo XII de *A origem das espécies*:

Situação-problema 01: Uma determinada espécie vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes separados por uma barreira geográfica (como um continente e uma ilha ou em continentes diferentes). Como você imagina que isso seja possível?

Atividade 1

Pedir para que os estudantes se dividam em grupos (de no máximo quatro alunos) e decidam um nome para o grupo. Em seguida, devem iniciar a discussão e elaboração de suas hipóteses no caderno para a situação-problema 01. Um aluno do grupo ficará responsável em escrever as hipóteses levantadas pelo grupo para que seja entregue ao (à) professor (a).

Hipóteses esperadas: 1) uma espécie vegetal surgiu de modo independente nos dois lugares; 2) uma espécie de planta teve origem em um local e emigrou para um novo local. Caso não surjam, essas possibilidades devem ser apresentadas pelo professor.

Situação-problema 02 (evidências para a hipótese 2): as estruturas de uma planta (semente, fruto, por exemplo) pode atravessar o mar com relativa facilidade? Quais os obstáculos o vegetal enfrentaria para atravessar o mar? Quais as facilidades?

Os grupos de alunos devem passar a discutir como seriam encontradas evidências que pudessem sustentar a segunda hipótese.

Após a discussão e redação das hipóteses pelos alunos, o (a) professor (a) promove a socialização das hipóteses levantadas, colocando-as resumidamente na lousa.

Em seguida, o (a) professor (a) pode ajudar os alunos esclarecendo que Darwin indicou a necessidade de encontrar evidências que sustentassem três aspectos relacionados à emigração das plantas pelos mares:

- a) Capacidade de flutuação da planta ou de suas partes reprodutivas, garantindo desse modo que pudessem ser levadas pelas correntes oceânicas.
- b) Resistência da planta ou de suas partes reprodutivas à água salgada.
- c) Viabilidade da semente (capacidade de germinação) após contato com a água salgada.

O (a) professor (a) deve pedir aos estudantes a elaboração de um protocolo, para a realização de experimentos, para testar as hipóteses no laboratório da escola ou na sala de aula. O professor (a) deve ajudá-los a montar uma ficha com o protocolo.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
Elaboração de hipóteses para o problema de Darwin	Discussões em grupo
Registrar e preencher um protocolo para a realização de seu experimento (resistência ou germinação)	Registrar os materiais e procedimentos na ficha

AULA 2 – Semana 1

Objetivos:

- Realizar os experimentos da flutuabilidade das estruturas vegetais, resistência à água salgada e germinação das sementes.

Duração: tempo de uma aula regular

Contextualização da aula: Nesta aula, os estudantes deverão realizar os experimentos. A observação da flutuabilidade de algumas estruturas vegetais por longos períodos pode ser uma evidência da dispersão de sementes. Os estudantes deverão observar os experimentos, durante vinte e oito dias após esta aula, anotando a germinação das sementes.

Material: descritos a seguir (providenciados pelo professor (a) ou pela escola, para cada grupo de alunos).

Procedimentos:

Deverão feitos no laboratório três experimentos:

- 1) Flutuabilidade de estruturas vegetais** (TODOS os alunos farão)
- 2) Resistência à água salgada** (em um primeiro momento, apenas alguns grupos farão)
- 3) Germinação das sementes** (em um primeiro momento, apenas alguns grupos farão)

Abaixo, os materiais e os procedimentos para cada experimento.

1) Flutuabilidade de estruturas vegetais

Material

- Galhos de árvores.
- Sementes de vários tamanhos (diferentes das utilizadas nos outros dois experimentos).
- Frutos e estruturas vegetais de vários tamanhos.
- Baldes transparentes ou aquários (ou qualquer recipiente que possam ser colocadas as estruturas vegetais para a observação de flutuação).
- Água (de 1,5L a 2L) – uma quantidade que quase encha o recipiente
- Sal (35g para cada litro de água).
- Recipiente para colocar as estruturas que serão retiradas da caixa

Procedimentos:

Em seus grupos de trabalho, os alunos devem realizar o experimento da flutuabilidade de estruturas vegetais.

Preparar a água salgada e dosar a quantidade de sal para cada litro de água. Após quase encher o recipiente com a água salgada que foi preparada, colocar as estruturas vegetais. Observar e registrar o tempo em que cada estrutura flutuou e/ou afundou.

Anotar os resultados em uma tabela, como a seguinte:

Nome do grupo	Estruturas que flutuaram – em quanto tempo	Estruturas que não flutuaram – em quanto tempo

Os estudantes devem anotar os resultados e suas implicações sobre a possibilidade das plantas percorrerem longas distâncias nos oceanos.

2) Resistência à água salgada

Material:

- Sementes de diferentes espécies de plantas, encontradas em loja de jardinagem. São sugeridas as mesmas sementes utilizadas no documentário: rabanete, agrião, ervilha, tomate, cebola e repolho.
- Recipiente para abrigar as sementes em água salgada, como garrafa pet (a mesma quantidade do número de espécies de sementes que foram selecionadas). Pode ser garrafa pet pequena (aquelas de água)
- Algodão
- Sal (35 g para cada litro de água)
- 1 balança digital
- Recipiente para a separação da quantidade de sal
- Recipiente para medir a quantidade de água
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico (canetas para retroprojektor, encontradas em papelarias).

Procedimentos:

Pesar 35g de sal na balança digital para cada litro de água. Cada garrafa pet abrigará um tipo de semente.

Identificar nas garrafas pets, com uma caneta de retroprojektor ou com etiqueta o tipo da semente a ser colocada e outras informações pertinentes (como o nome do grupo, a data em que foi colocada as sementes etc). Colocar a água salgada e um tipo de semente em cada garrafa pet. Tampar com um pedaço de algodão. Deixar as garrafas expostas à luz e ao ambiente, no laboratório.

3) Germinação das sementes

Material:

- Recipientes com as sementes (de ervilha, repolho, rabanete, tomate, cebola e agrião) imersas em água salgada há 28 dias
- Copos plásticos descartáveis (aqueles de água)
- Agulha para fazer dois furos no fundo dos copos plásticos

- Terra preta adubada (saco de 4kg encontrado em lojas de jardinagem)
- Húmus (saco de 2 kg)
- Recipiente para a preparação da terra
- Etiquetas ou canetas de retroprojektor para escrever nos copos
- Coador OU funil forrado com algodão (para que as sementes fiquem presas ao algodão)
- Pinças para a retirada das sementes.
- Recipiente para descartar a água das garrafas (não é necessário se houver pia no laboratório)
- Etiquetas ou canetas para escrever em plástico.
- Regador (para a hidratação das sementes plantadas).

Procedimentos:

Retirar as sementes que ficaram imersas por 28 dias para fazer o experimento da germinação. Para a retirada, pode ser utilizado um coador. Ou em um funil forrado com algodão, acoplado a um recipiente, jogar a água através do funil e as sementes ficarão presas ao algodão.

Os alunos devem furar o fundo dos copos descartáveis (6 copos por grupo) com uma agulha, com a ajuda do técnico de laboratório e/ou da professor (a). Os alunos devem fazer também a identificação no copo plástico da semente a ser plantada, a data em que ocorreu o plantio e o nome do grupo.

A terra para o plantio das sementes deve ser preparada com a seguinte proporção: para cada três partes de terra preta, colocar uma de húmus.

Nos copos descartáveis (já furados no fundo e com identificação), os alunos deverão colocar a terra que foi preparada e plantar as sementes. Devem molhar e deixá-los em um local que receba luz.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
Realizar os experimentos da fluabilidade das estruturas vegetais, resistência à água salgada e germinação das sementes.	Fazer os experimentos, anotar e discutir alguns resultados preliminares.

Observações: Os grupos devem observar semanalmente, por vinte e oito dias o andamento de seus experimentos, fazendo os registros em suas fichas. Também, os estudantes devem aguar os vasos, no caso do experimento de germinação.

Se o professor (a) ou estudantes quiserem fazer um grupo controle, ou seja, realizar o plantio de sementes que não ficaram imersas em água salgada, poderão plantar as sementes e observar a germinação, para comparação com as sementes do experimento.

AULA 3 – Semana 2

Objetivos:

- Conhecer o naturalista Charles Darwin e orientar a pesquisa a ser feita pelos alunos, sobre eventos históricos, científicos, sociais e culturais do século XIX

Duração: duração de uma aula regular

- **Contextualização da aula:** Nesta aula, o professor deve apresentar o naturalista Charles Darwin e pedir que os alunos façam uma pesquisa de eventos históricos, científicos, sociais e culturais do século XIX, para compreender o contexto da época e trazer uma linha do tempo.

Material: (para o professor)

- Linha do tempo com a biografia de Charles Darwin e contexto histórico, científico, social e cultural
- Biografia científica de Charles Darwin

Procedimentos:

O professor deve apresentar brevemente o naturalista Charles Darwin e se quiser, poderá falar do contexto da época. Mas não deve se estender muito, pois na próxima aula, os estudantes, em grupo, devem elaborar e trazer uma linha do tempo com o contexto histórico, social, cultural do século XIX.

O professor (a) de Biologia poderá consultar a linha do tempo e/ou pedir a ajuda de professores de outras áreas, como História, Filosofia, Sociologia, Artes etc.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
----------	------------

Apresentar o naturalista Charles Darwin	Breve apresentação, com a utilização de imagens (datashow ou cartazes)
Orientar a pesquisa para a elaboração da linha do tempo	Conversas em grupos

Observação: Se a quarta aula da segunda semana for no mesmo dia, os estudantes deverão elaborar em sala e apresentar ao (a) professor (a). Na aula 3, pedir para os estudantes trazerem para a próxima aula um resumo comparativo dos seguintes textos:

- 1) As cinco teorias de Darwin. Por Drauzio Varella
- 2) As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr. Por Tatiana Tavares da Silva

AULA 4 – Semana 2

Objetivos:

- Apresentação e discussão da linha do tempo.
- Discussão dos textos sobre as cinco teorias de Darwin

Duração: tempo de uma aula regular.

Contextualização da aula: Nesta aula, o professor deve conduzir a discussão sobre a montagem da linha do tempo e também da discussão sobre os textos que falam sobre as cinco teorias de Darwin. Os alunos devem comparar o estilo e os objetivos de cada texto.

Material:

- 1) Linha do tempo confeccionada pelos estudantes
- 2) As cinco teorias de Darwin. Por Drauzio Varella
- 3) As cinco teorias da Evolução de Darwin, segundo Mayr. Por Tatiana Tavares da Silva

Procedimentos:

Discussões em sala de aula sobre as produções solicitadas aos alunos. Por meio da apresentação e discussão da linha do tempo do século XIX, principalmente das décadas de nascimento de Charles Darwin (de 1809 a 1882), deve-se refletir sobre o contexto da época e a relação com as produções científicas de Darwin.

Ao comparar os dois textos, é possível buscar uma visão mais crítica, de como as informações são repassadas por diferentes meios.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
Conduzir a discussão sobre a montagem da linha do tempo	Discussões sobre a montagem e o produto final
Analisar os textos indicados, de acordo com a linguagem e o propósito.	Comparar os dois textos, fazendo discussões na sala de aula.

INTERVALO ENTRE A SEMANA 2 E 5:

Fazer a leitura para a aula quinta semana do artigo de Charles Darwin “Does sea-water kill seeds?”, de um trecho do capítulo XII de *A origem das espécies* e algumas correspondências entre Charles Darwin e Joseph Dalton Hooker. Se o (a) professor (a) preferir, poderá solicitar que os estudantes fazem um resumo dos textos, para entregar.

AULA 5 – Semana 5

Objetivos:

- Registrar os resultados finais nas fichas de experimentos.
- Socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada)
- Comparar com os resultados obtidos por Darwin

- Discutir os textos históricos

Duração: tempo de uma aula regular.

Contextualização da aula: Comparar os resultados dos outros grupos e os de Darwin e discuti-los, para a confecção do relatório e/ou artigo.

Material:

- Fichas com os registros dos experimentos

Procedimentos:

Cada grupo de alunos deve registrar os resultados finais nas fichas de experimentos. Em seguida, devem socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada) e discutir os resultados no grupo classe.

A comparação com os resultados de Darwin deve ser feita mediante a retomada dos trechos do capítulo XII de *A origem das espécies*, do artigo “Does sea-water kill seeds?” e das correspondências entre Darwin e naturalistas da época.

O professor deve retomar a ancestralidade comum (ou descendência comum), que é a parte da teoria evolutiva de Darwin escolhida para a discussão e a situação-problema: uma espécie surgiu em um lugar ou em vários lugares ao mesmo tempo?

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
Registrar os resultados finais nas fichas de experimentos.	Registro dos dados nas tabelas.
Socializar os resultados dos grupos em uma tabela única na lousa (Controle de germinação de diferentes tipos de sementes anteriormente imersas em água salgada).	Discussão e comparação dos resultados.
Comparar os resultados obtidos por Darwin.	Comparar e discutir os resultados.
Discutir os textos históricos	Discussão com a classe sobre os textos citados

Observação: Caso os estudantes queiram plantar as sementes que ficaram imersas por vinte e oito dias na água salgada, poderão acompanhar a germinação.

AULA 6 – Semana

Objetivos:

- Discutir sobre as contribuições e desafios da Sequência Didática aplicada.
- Elaborar coletivamente dois artigos científicos com o relato de cada um dos experimentos realizados.

Duração: tempo de uma aula regular.

Contextualização da aula:

Material:

- Modelo de um artigo científico
- Ficha de experimentos com resultados finais

Procedimentos:

Após as discussões sobre a Sequência Didática, o (a) professor (a) deverá auxiliar os estudantes na elaboração de produções textuais. Cabe ao professor como serão essas produções: em forma de artigo científico, relatório, questionário.

No caso da escolha ser um artigo científico, segue abaixo um modelo a ser trabalhado com os (as) alunos (as).

Itens que devem compor um artigo científico

Título
Nome completo dos autores e instituição em que estudam.
Resumo (até 200 palavras).
Palavras-chave (até seis).
Introdução.
Objetivos.
Material e métodos.
Resultados e conclusões.
Bibliografia consultada.

Avaliação

Além da avaliação das diversas atividades produzidas pelos estudantes ao longo da Sequência Didática, o professor pode pedir uma auto-avaliação do aluno, como um processo meta-cognitivo.

Orientações para o professor

Objetivo	Estratégia
Discutir sobre as contribuições e desafios da Sequência Didática aplicada.	Discussão em sala sobre a Sequência Didática. Alguns alunos deverão registrar a discussão por escrito.
Elaborar coletivamente artigos científicos ou relatórios dos experimentos realizados.	Escrita de um artigo/relatório.

Observação: Além das atividades de produções textuais e avaliações citadas acima, pode-se socializar os conhecimentos produzidos durante a Sequência Didática: em uma exposição (para os estudantes da escola, pais e comunidade), em feira de ciência ou um blog.

Referências Bibliográficas utilizadas na elaboração da Sequência Didática

IDEIAS Perigosas. Série *O Jardim de Darwin*. Apresentado por Jimmy Doherty. BBC. Londres, 2009. 1 DVD (58 min), son., color.

DARWIN, Charles R. *A origem das espécies*. Tradução Eduardo Nunes Fonseca. São Paulo: Folha de S. Paulo, 2010.

DARWIN, Charles R. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray. 6th ed., with additions and corrections, 1876.

DARWIN, Charles R. Does sea-water kill seeds? *Gardeners' Chronicle*, n. 21, p. 356-357, 26 May 1855. Disponível em:

<<http://darwinonline.org.uk/content/frameset?itemID=F1683&viewtype=text&pageseq=1>>

Acesso em 14 de jan de 2012.

MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. *Uma ampla discussão: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário*. Tradução Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel N. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2005.

PRESTES, Maria Elice B. *História da Ciência no ensino de ciências: repetição de experimentos históricos em sala de aula*. São Paulo: Acervo- TV Escola, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia*. Coordenadora Maria Inês Fini. São Paulo: 2008.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. *Caderno do aluno: Biologia*. 3ª série do Ensino Médio, volume 3. Coordenadora Ghisleine Trigo Silveira. São Paulo: 2009

Para receber atualizações ou informações ou enviar dúvidas ou sugestões sobre essa Sequência Didática, entre em contato:
Tatiana Tavares da Silva
e-mail: tati.ts@gmail.com

APÊNDICE G. Nova proposta de Biografia de Charles Darwin, contexto histórico, científico, social e cultural

BIOGRAFIA DE CHARLES ROBERT DARWIN (1809-1882) E O CONTEXTO HISTÓRICO, CIENTÍFICO, SOCIAL E CULTURAL

Anos	Vida de Charles Darwin	Acontecimentos históricos	Contexto científico, social e cultural
1809 – 1820	1809 Nascimento, no dia 12 de Fevereiro, em Shrewsbury, no oeste da Inglaterra, filho de Robert Darwin e Susannah Wedgwood Darwin 1817 Morte de sua mãe, Susannah	1811 a 1812 Ludismo 1812 Napoleão invadiu a Rússia 1815 Fim da Era Napoleônica 1815 Congresso de Viena: reorganização das potências europeias 1815 Brasil é elevado a Reino Unido de Portugal e Algarves 1816 Independência da Argentina 1818 Independência do Chile	1809 Publicação de <i>Philosophie zoologique</i> , de Lamarck 1814 George Stephenson desenvolve mais a locomotiva a vapor
1821 – 1830	1825 Ingressou na Universidade de Edimburgo pra estudar Medicina 1827 Ingressou na Universidade de Cambridge para estudar Teologia	1822 Independência do Brasil 1830 Revolução Liberal, em Paris	1826 Nicéphore Niepce realiza a primeira fotografia 1830 É publicado o primeiro volume de <i>Princípios de Geologia</i> , de Charles Lyell (de 1830 a 1833 são publicados os três volumes da obra)
1831 – 1840	1831 Licenciou-se em	1831 Abdicação do	

	<p>Cambridge.</p> <p>Em 27 de Dezembro inicia a viagem no HMS Beagle</p> <p>1832 Em sua viagem, passou por Salvador, na Bahia</p> <p>1833 Explorou o Pampa argentino</p> <p>1835 Fez observações e coleta de material biológico nas ilhas Galápagos</p> <p>1836 Retornou à Inglaterra em 12 de Outubro</p> <p>1838 Lê o <i>Ensaio sobre a população</i> de Thomas Malthus</p> <p>1839 Publica o <i>Diário de Viagem do Beagle</i></p> <p>1839 Casa-se com sua prima Emma Wedgwood</p>	<p>trono brasileiro por D. Pedro I</p> <p>1837 Início do reinado da rainha Vitória, do Reino Unido (durou até 1901)</p> <p>1831 a 1840 Período regencial</p> <p>1840 Começa o Segundo Reinado, no Brasil, com D. Pedro II</p>	<p>1837 Samuel Morse cria o telégrafo</p> <p>1839 Nascimento de Machado de Assis</p> <p>1839 A teoria celular, de que os seres vivos são constituídos por células é proposta pelos alemães Theodor Schwan e Matthias Schleiden</p>
1841 – 1850	<p>1841 Nascimento de sua filha Anne</p> <p>1842 Mudou-se para uma casa de campo em Downe, no sudoeste da Inglaterra</p> <p>Publicou <i>Estrutura e distribuição dos Recifes de Corais</i></p> <p>1846 Publicou <i>Observações geológicas sobre a América do Sul</i></p>	<p>1848 Primavera dos povos: revoluções populares na Europa</p> <p>1850 Lei Eusébio de Queiroz determina o fim do tráfico negreiro para o Brasil</p>	<p>1848 Karl Marx e Friedrich Engels lançaram <i>O Manifesto Comunista</i></p>
1851 – 1860	<p>1851 Morte da sua filha Anne</p>	<p>1854 Início da Era</p>	<p>1854 Primeira estrada de</p>

	<p>(Annie)</p> <p>1858 São publicados um ensaio de Alfred Russel Wallace e um resumo de <i>A origem das espécies</i></p> <p>1859 Em 24 de Novembro foi publicado <i>A origem das espécies</i>, sua principal obra</p>	<p>Mauá: surto industrial no Brasil</p> <p>1860 Abraham Lincoln assume a presidência dos Estados Unidos</p>	<p>ferro no Brasil</p> <p>1859 Perfuração do primeiro poço de petróleo nos EUA</p>
1861 – 1870	<p>1860 Lançou a segunda edição de <i>A origem das espécies</i>, com correções importantes</p> <p>1861 Publicou a terceira edição de sua principal obra</p> <p>1862 Publicou <i>Fertilização das Orquídeas</i></p> <p>1866 É publicada a quarta edição de <i>A origem das espécies</i></p> <p>1868 Lançou o <i>Variações em animais e plantas sob domesticação</i></p> <p>1869 Publicou a quinta edição ampliada, de <i>A origem das espécies</i></p>	<p>1861 a 1865 Guerra de Secessão Americana</p> <p>1864 a 1870 Guerra do Paraguai</p> <p>1870 Unificação alemã</p>	<p>1869 Dimitri Mendeleiev publica a tabela periódica dos elementos</p> <p>1863 Karl Marx publica <i>O Capital</i></p>
1871 – 1882	<p>1871 Publicou <i>A origem do Homem e a Seleção Sexual</i></p> <p>1872 Lançou <i>A expressão das emoções no homem e nos animais</i></p> <p>1875 Foi publicado o livro <i>As plantas insetívoras</i></p> <p>1882 Morreu em abril</p>	<p>1871 Lei do ventre livre</p> <p>As potências europeias dominam quase toda a África e Ásia</p> <p>Início dos conflitos diplomáticos que culminaram na Primeira Guerra Mundial</p>	<p>1879 Thomas Edison construiu a primeira lâmpada elétrica incandescente</p> <p>1879 Nascimento de Albert Einstein</p> <p>1881 Nascimento de Pablo Picasso</p>

			1882 Robert Koch descobre o bacilo da tuberculose
--	--	--	--

Fontes:

BIZZO, Nélío. *Darwin- no telhado das Américas*. 2 ed. revisada e ampliada. São Paulo: Odysseus, 2009

BROWNE, Janet. *A origem das espécies de Darwin: uma biografia*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

DESMOND, Adrian; MOORE, James. *Darwin: a vida de um evolucionista atormentado*. Tradução: Cynthia Azevedo-6ª edição revista e ampliada. São Paulo: Geração editorial, 2009

HOBBSAWN, Eric J. *A Era das Revoluções: Europa 1789-1848*. Tradução: Maria Tereza Lopes Teixeira e Marcos Penchel. 22ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977

MATEU, Lluís Cugota. *Meu nome é Charles Darwin* [texto Lluís Cugota Mateu; ilustrações Teresa Nartí Jové: tradução Célia Regina Rodrigues de Lima]. 2ªed. – São Paulo: Publifolha, 2010

STRICKLAND, Sidney; STRICKLAND, Eliza. *The illustrate timeline of Science. A crash course in words & pictures*. A John Boswell Associates book. Sterling publishing CO., New York, 2006

APÊNDICE H. Nova proposta de termo de consentimento livre e esclarecido**Termo de consentimento livre e esclarecido**

Prezado responsável,

O (a) estudante _____, foi convidado a participar da pesquisa “Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva”, criada pela pesquisadora Tatiana Tavares da Silva, que será realizada na Escola _____.

Esta pesquisa objetiva trabalhar com a História da Biologia e a utilização de experimentos históricos, para auxiliar em uma melhor compreensão dos conteúdos de Evolução.

Nesta pesquisa:

A expressão das opiniões e percepções sobre o assunto pesquisado podem ser úteis para melhorar o conhecimento sobre o tema e expandir os estudos nesta área e são destinadas a fins científicos;

As aulas poderão ser filmadas, gravadas ou fotografadas. Autorizo a utilização das gravações e imagens para fins de pesquisa registro de áudio e vídeo;

A duração de cada aula será de ____ minutos, e esta atividade não é obrigatória. Caso não me sinta à vontade, estou ciente de que posso interromper a minha participação, a qualquer momento, sem que afete o tratamento recebido na instituição;

A participação no estudo é inteiramente voluntária;

A identificação dos participantes é sigilosa;

Não há riscos ou despesas, para a participação deste estudo.

Considerando as observações acima, caso tenha dúvidas, posso contatar a pesquisadora Tatiana Tavares da Silva e/ou sua orientadora Prof. Dra. Maria Elice de Brzezinski Prestes, para qualquer tipo de explicação no seguinte endereço: Rua do Matão,

277, sala 317 A. Cidade Universitária. CEP: 05508-090 – São Paulo, SP-Brasil. Poderei contatá-las nos e-mails: tati.ts@gmail.com e eprestes@ib.usp.br

_____, ____ de _____ de 201__.

Concordo/Não concordo (por favor, risque o que não se aplicar)

Assinatura:

Nome em letra de forma:

Relação de parentesco com a criança:

Data:

APÊNDICE I. Questionário elaborado para avaliar as opiniões e experiências da aplicação da Sequência Didática, para a professora Luciana Valéria Nogueira

Considerando a sua experiência na aplicação da Sequência Didática (SD) “Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva” junto a alunos de 2º ano do Ensino Médio da Escola da Vila, por favor, responda:

- 1) Você consegue lembrar quais foram as suas expectativas iniciais, ao aceitar aplicar a SD?
- 2) Ao final do trabalho, você considera que essas expectativas foram atendidas? Em que medida? Surgiram novidades?
- 3) Quais os principais aspectos positivos e desafios que se revelaram durante a aplicação da SD?
- 4) Que diferenças e similaridades você indicaria entre as atividades práticas usuais no laboratório de sua escola e a replicação do experimento histórico da SD?
- 5) Como foi o emprego de um episódio da História da Ciência como estratégia didática?
- 6) A aplicação da SD produziu algum efeito sobre a tua concepção prévia acerca da utilização da História da Ciência no ensino?
- 7) Escreva livremente o que mais achar necessário sobre a SD, o uso de História da Ciência no ensino e a experiência vivenciada com os alunos.

ANEXOS

ANEXO A. Texto: As cinco teorias de Darwin. Por DráuzioVarella

Fonte: <http://www.opovo.com.br/www/opovo/colunas/drauziovarela/594661.html>

Acesso em 02/01/2012

As cinco teorias de Darwin

Dráuzio Varella

Exceção feita à Bíblia, nenhum livro influenciou mais a filosofia do homem moderno quanto "A Origem das Espécies", de Charles Darwin.

Até sua publicação, em 1859, o pensamento científico não oferecia alternativa à visão religiosa; ao contrário, era inseparável dela: o Criador havia estabelecido as leis que regem o Universo e criado todas as formas de vida na Terra num único dia.

Numa época em que a cultura ocidental entendia ser o homem criado à imagem e semelhança de Deus, é possível imaginar a agitação intelectual causada pela idéia de que a vida na Terra seguia um fluxo contínuo de evolução, resultado da competição pela sobrevivência que, geração após geração, encarrega-se de eliminar os menos adaptados? E, pior, esquecer o sopro divino e admitir que a espécie humana pertence à ordem de primatas como chimpanzés, micos ou gorilas!

Darwin era um observador tão criterioso e as conclusões que tirou foram tão primorosas que os avanços científicos dos últimos 150 anos só fizeram comprovar o acerto de suas ideias. Da anatomia dos dinossauros ao capricho microscópico das proteínas que se dobram dentro de nossas células, todos os fenômenos biológicos obedecem à lei da seleção natural.

Na verdade, Charles Darwin e Alfred Wallace, trabalhando independentemente, descobriram um mecanismo universal, uma lei que rege não apenas a vida entre nós, mas a que porventura exista ou venha a existir em qualquer canto do Universo.

Por qual razão as pessoas aceitam com naturalidade o fato de a Terra girar ao redor do Sol e ainda hoje rejeitam os ensinamentos de Darwin? Ernst Mayr, considerado "o Darwin do século XX", atribui essa dificuldade ao desconhecimento de que a teoria de Darwin não é única, mas pode ser decomposta em pelo menos cinco outras:

1. Teoria do ascendente comum

Na viagem às ilhas Galápagos, Darwin verificou que o formato do bico de três espécies de pássaros locais sugeria serem eles descendentes de um ancestral que habitava o continente. Ciente de que a evolução não cria mecanismos particulares para qualquer espécie, entendeu que esse ancestral devia descender de outro: "Todas as nossas plantas e animais descendem de algum ser no qual a vida surgiu antes". Nenhuma das teorias de Darwin foi aceita com tanto entusiasmo como esta, porque dava sentido à semelhança entre os seres vivos, à distribuição geográfica de certas espécies e à anatomia comparada. Um século mais tarde, ao demonstrar que os genes das bactérias são quimicamente iguais aos das plantas, dos fungos ou dos vertebrados, a biologia molecular ofereceu a prova definitiva de que todos os organismos complexos descendem de seres unicelulares.

2. Teoria da evolução como tal

Segundo ela, o mundo não se encontra em equilíbrio estático, as espécies se transformam no decorrer do tempo. A existência dos fósseis e as diferenças entre o organismo dos dinossauros e o das aves, únicos dinossauros sobreviventes à extinção, ilustram com clareza o que chamamos de evolução das espécies.

3. Gradualismo

As transformações evolucionistas ocorrem gradualmente, nunca aos saltos. Para explicar como as espécies em nossa volta estão muito bem adaptadas às condições atuais, Darwin encontrou apenas duas alternativas: teriam sido obra da onipotência de um Criador ou evoluído gradualmente segundo um processo lento de adaptação: "Como a seleção natural age somente através do acúmulo de sucessivas variações favoráveis à sobrevivência, não pode produzir grandes nem súbitas modificações: ela deve exercer sua ação em passos lentos e vagarosos".

4. Teoria da multiplicação das espécies

Calcula-se que existam de 5 a 10 milhões de espécies de animais e de 1 a 2 milhões de espécies de plantas. Darwin passou a vida atrás de uma explicação para tamanha biodiversidade e propôs, pela primeira vez, o conceito de que a localização geográfica seria responsável pelo surgimento das espécies. Embora mereça esse crédito, Darwin não foi capaz de perceber com clareza a importância do isolamento geográfico no aparecimento de espécies novas. Hoje, sabemos que indivíduos isolados por tempo suficiente da população

que lhes deu origem podem acumular tantas mutações que passam a constituir uma espécie nova incapaz de acasalar-se com os ascendentes.

5. Teoria da seleção natural

Foi o conceito filosófico mais revolucionário desde a Grécia antiga. Segundo Darwin, a seleção natural é resultado da existência da variabilidade genética, que assegura não existirem dois indivíduos exatamente idênticos, em qualquer espécie. Como consequência da vida num planeta com recursos limitados, a competição pela sobrevivência se encarregará de eliminar os mais fracos.

A seleção natural varreu o determinismo que dominou a biologia desde a Antiguidade, segundo o qual cada espécie existiria para atender a determinada necessidade. Só então foi possível abandonar interpretações sobrenaturais para explicar o mundo orgânico.

A seleção natural é um mecanismo universal inexorável, alheio a qualquer finalidade, imprevisível como a própria vida.

ANEXO B. Trecho do capítulo XII de *A origem das espécies*. Por Charles Darwin

Fonte: DARWIN, Charles R. *A origem das espécies*. Tradução: Eduardo Nunes Fonseca. São Paulo: Editora da Folha de S. Paulo, 6 ed, 2010, pp 266-270.

Capítulo XII: Distribuição geográfica

Charles Darwin

Centros únicos de criação

[Vamos] examinar uma questão que suscitou tantas discussões entre os naturalistas. Trata-se de saber se as espécies foram criadas em um ou em muitos pontos da superfície terrestre. Há, sem dúvida, casos em que é extremamente difícil compreender como a mesma espécie pode transmitir-se de um ponto único a diversas regiões afastadas e isoladas onde hoje as encontramos. Todavia, parece tão natural que cada espécie fosse produzida no princípio em uma única região, que esta possibilidade cativa facilmente o espírito. [...]

Parece-me, pois muito mais provável, como também a muitos outros naturalistas, que a espécie se produziu numa única região, de onde a seguir se espalhou tão longe quanto lhe permitiram os meios de emigração e de subsistência, tanto nas condições da vida passada como nas condições da vida atual. Surgem, sem dúvida, muitos casos em que é impossível explicar a passagem de uma mesma espécie de um ponto a outro, mas as alterações geográficas e climáticas que com certeza se efetuaram desde as épocas geológicas recentes, devem ter rompido a continuidade da distribuição primitiva de muitas espécies. [...]

Se a existência da mesma espécie em pontos distantes e isolados da superfície da Terra pode, num grande número de casos, explicar-se pela possibilidade de cada espécie ter emigrado no seu centro de produção, então, considerando a nossa ignorância do assunto, no que se refere às alterações climáticas e geográficas que se efetuaram outrora, como aos meios casuais de locomoção que puderam concorrer para esta disseminação, creio eu que a possibilidade de um berço único é incontestavelmente a mais lógica. [...]

Meios de dispersão

[...] Devo agora dizer algo sobre o que se tem denominado meios acidentais de dispersão, meios que melhor se denominariam ocasionais; falarei aqui apenas das plantas.

Diz-se, nas obras de botânica, que se ignora quase com certeza se tal ou tal planta pode atravessar o mar com relativa facilidade. Não se sabia mesmo, antes de algumas experiências que realizei a respeito com o concurso de Mr. Berkeley, durante quanto tempo as sementes podem resistir à ação nociva da água salgada. Verifiquei para grande surpresa minha que, de oitenta e sete espécies, sessenta e quatro germinaram após uma imersão de vinte e oito dias, e algumas suportaram uma imersão de cento e trinta e sete dias. É bom assinalar que certas ordens se mostram muito menos capazes que outras a resistir a esta prova; nove leguminosas, com exceção de uma só, não suportaram a ação da água salgada; sete espécies pertencentes a duas ordens associadas, hidrofiláceas e polemoniáceas, foram todas destruídas em um mês de imersão. Para mais comodidade, fiz a experiência principalmente com os pequenos grãos despojados do fruto, ou da cápsula. Ora, como todas foram ao fundo ao final de poucos dias, não teriam atravessado grande braços de mar, quer fossem ou não danificadas pela água do mar. Experimentei, a seguir, com alguns frutos e algumas cápsulas maiores: alguns flutuaram por muito tempo. Sabe-se que a madeira verde flutua muito menos tempo que a madeira seca. Pensei que as inundações muitas vezes arrastam para o mar plantas ou ramos secos carregados de cápsulas e de frutos. Esta ideia induziu-me secar hastes e ramos de noventa e quatro plantas tendo frutos maduros, e colocá-los em seguida em água do mar. A maioria foi prontamente ao fundo, mas algumas que, verdes foram ao fundo rapidamente; secas, porém, flutuaram noventa dias, e germinaram depois de serem plantadas em terra; uma planta de espargo, com bagas maduras, flutua vinte e três dias; depois de seca, flutua oitenta e cinco dias, e as sementes germinam a seguir. As sementes maduras do *Helosciadium*, que ia ao fundo ao fim de dois dias, flutuaram mais de noventa dias depois de secas, e germinaram a seguir. Ao todo, de noventa e quatro plantas secas, dezoito flutuaram mais de vinte e oito dias, e algumas superaram este termo. Disto resulta que 64 entre 87 das sementes que submeti à experiência germinaram após uma imersão de vinte e oito dias, e que 18 entre 94 das plantas com frutos maduros (nem todas pertenciam às mesmas espécies da experiência precedente) flutuaram, após dissecação, mais de vinte e oito dias. Concluimos, pois tanto pelo menos quanto é permitido tirar uma conclusão de um tão pequeno número de fatos, que as sementes de 14 entre 100 das plantas de uma região qualquer podem ser arrastadas durante vinte e oito dias pelas correntes marítimas sem perder a faculdade de germinar.

[...] Seria, pois mais seguro admitir que as sementes de aproximadamente 10% das plantas de uma flora podem, depois da dessecação, flutuar através de um braço de mar de aproximadamente 1.450 km de largura e germinar a seguir. O fato dos frutos maiores serem capazes de flutuar mais tempo que os pequenos é interessante porque não há outro meio de

disseminação para as plantas de grandes frutos e de grandes sementes, além disso, assim como demonstrou Afonso de Candolle, estas plantas tem geralmente uma extensão limitada.

ANEXO C. Correspondências entre Darwin e naturalistas, de 1855. Excerto de *Origens: cartas seletas de Charles Darwin*

Fonte: DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

1) Para J. D. Hooker, Down, 7 de Abril [1855]

Meu estimado Hooker

Escrevi hoje de manhã para agradecer pelos Rododendros. –

Iniciei minhas experiências de salgar sementes, e ficaria extremamente grato se me dissesse quais os tipos que espera que fossem *mortos com mais facilidade* pela água do mar, além das Cruciferae, que eu havia achado que seriam, como confirmou; eu tinha a intenção de lhe perguntar isto, mas esqueci, quando estive com você pela última vez. –

Se puder mencionar algumas que sejam fáceis de obter, como sementes Agrícolas ou de Jardins ou de flores, peço-lhe que enumere. Apenas algumas. – Em segundo lugar, será que sabe me dizer, fazendo uma *estimativa*, quanto tempo de imersão em água do mar *imagina* que mataria as sementes mais suscetíveis? Será que esperaria que uma boa imersão de uma semana destruísse alguma delas? ...

Peço-lhe a gentileza de me mandar uma nota breve como resposta, para que assim eu possa livrar-me mais depressa de meu sofrimento e terminar minhas experiências, que receio que considere tão tolas quanto minha esplêndida ideia de que as plantas do Carbonífero viviam em água salgada, como os manguezais, a qual o deixou tão enfurecido {.}

Adios | C. Darwin

Minhas ideias às vezes dão bons resultados; o dr. Davy tem feito experiências a meu pedido (para ver como as ovas de peixe poderiam ser transportadas) sobre a preservação da vitalidade; e constatou que as ovas de salmão, expostas ao ar livre por três dias inteiros e até a um pouco de sol, produziram belos filhotes de peixe. O dr. D. enviou um artigo sobre o assunto à Royal Soc. – N. B. Lembre-se de indagar sobre meu caso *singular* de “uma senhora da América do N.” que viu ovas de peixe aderidas a um Ditiscus [besouro-d’água].

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp. 198-199)

2) Para J. D. Hooker, Down, 13 de Abril [1855]

Meu estimado Hooker

... Muito obrigado pelas informações sobre as sementes ²⁸. Eu havia imaginado que tinha uma opinião definitiva de que as sementes de alguns grupos não tinham nenhuma possibilidade de suportar a água salgada. Ainda não estou preparado para realizar o experimento em uma escala tão grande quanto a que sugeri: na verdade, mal disponho de meios, mas fico contente por constatar que comecei seguindo exatamente os princípios que sugeri, só que em escala muito menor. Tenho em andamento, há algum tempo, uma experiência que penso que será interessante, qual seja, sementes imersas em água salgada à temperatura de 32°-33°{F}, da qual disponho e disporei por muito tempo, uma vez que enchi de Neve um tanque grande. – Quando escrevi pela última vez, eu ia cantar vitória com você, pois meu experimento tinha obtido um pequeno grau de êxito, porém, com infinita baixeza, não o revelei, por temer que dissesse que comeria todas as plantas que eu conseguisse cultivar depois da imersão. É muito irritante eu não conseguir ter a mínima lembrança do que foi que disse, no passado, que me fez achar que zombava vastamente desses experimentos, pois agora parece encarar a experiência como um bom cristão. Até o momento, em pequenas garrafas do lado de fora de casa, expostas a variações de temp., mas guardadas à sombra e expostas à luz, tenho apenas sementes de Agrião, Rabanete, Repolho, Alface, Cenoura, Aipo e Cebola; quatro grandes Famílias. Todas essas, após uma imersão de exatamente uma semana, germinaram, o que eu não tinha a mínima esperança de que acontecesse (e imaginei o quanto iria rir de mim), pois a água de quase todas elas, especialmente do agrião, tinha um cheiro fétido, e as sementes de agrião soltavam uma extraordinária quantidade de muco (Os vestígios haveriam de esperar que elas se transformassem em girinos), a ponto de se agregarem em uma massa; mas essas sementes germinaram e cresceram esplendidamente. A germinação de todas elas (especialmente do Agrião e do Alface) foi acelerada, com exceção

²⁸ Na página de capa de um exemplar repleto de anotações do catálogo de sementes de floricultura de John Cattell, de 1855, C.D. escreveu à tinta: “Hooker sugere, para água do mar | 1. Plantas com ampla distribuição | 2. Plantas aquáticas. Perguntar a Cattell como eu poderia conseguir algumas | 3. Plantas com albume farináceo | 4. Com i [dem] carnosos | 5. com i[bidem] oleoso” (Arquivo Darwin, Biblioteca da Universidade de Cambridge).

das de repolho, que brotaram com muita irregularidade, e um bom número das quais creio que morreu. Seria de supor, a julgar pelo hábitat natural, que o repolho resistisse bem. As Umbelliferae e as cebolas parecem suportar bem o sal. Lavo as sementes antes de plantá-las. Escrevi para o *Gardener's Chronicle*, embora duvide de que tenha valido a pena. Se meu sucesso parecer justificá-lo, mandarei a você uma lista de sementes para lhe pedir que assinale algumas classes diferentes. Hoje estou replantando as mesmas sementes que citei acima, depois de 14 dias de imersão. Uma vez que muitas correntes marítimas se deslocam à razão de uma milha por hora, em uma única semana elas poderiam ser transportadas por 168 milhas: dizem que a corrente do Golfo percorre cinquenta e sessenta milhas por dia. – Já chega desse assunto; mas meus gansos são sempre cisnes. ...

Adeus, | Meu estimado Hooker, | Mui cordialmente, | C. Darwin

Planto minhas sementes salgadas em copos de vidro (depois de experimentar e registrar o índice de germinação de algumas sementes não salgadas), a fim de poder vê-las o tempo todo, antes e depois da germinação, sobre o painel da lareira. –

[As investigações de Charles Darwin, sobre a distribuição geográfica das plantas levaram a uma correspondência global com botânicos. Asa Gray, professor de Botânica na Universidade de Harvard, tornou-se seu principal correspondente e autoridade sobre a flora dos Estados Unidos.]

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp 199-200)

3) À Asa Gray, Down Farnborough Kent, 25 de Abril [1855]

Meu prezado senhor

Espero que se recorde de que tive o prazer de ser apresentado ao senhor em Kew. Quero solicitar-lhe um enorme favor, pelo qual bem sei que não posso apresentar nenhuma desculpa. Mas o favor, creio eu, não há de causar muita dificuldade e me obsequiará enormemente. Como não sou Botânico, há de parecer tão absurdo que eu lhe faça perguntas sobre botânica, que posso começar por lhe dizer que há vários anos venho compilando dados

sobre a “Variação”, e que, quando constato que uma observação geral parece ser válida quanto aos animais, procuro verificá-la nas Plantas.

Tenho uma enorme curiosidade sobre a Flora alpina dos Estados Unidos e copiei de seu Manual a lista que vai anexa; pois bem, gostaria de saber se pode ter a grande gentileza de acrescentar de memória (não tenho, nem por um momento, a pretensão de desejar que consulte outros especialistas) os outros habitats ou áreas de distribuição dessas plantas, anotando “Ativas” naquelas que se restringem às montanhas dos Estados Unidos. – “Am. Ártica” naquelas que também são encontradas na América Ártica. – “Eu. Ártica” nas que também são encontradas na Europa Ártica – e “Alpes” nas que são encontradas em muitas *montanhas* da Europa. – “e Ásia Árt.”. Comparei a lista com as plantas da Grã-Bretanha, mas naturalmente, receio confiar em mim, por meu desconhecimento dos sinônimos etc. –

Vejo que existem 22 espécies comuns aos Montes Brancos e às Montanhas de Nova York, e lhe rogo dizer-me qual é a extensão da área de planícies que separa essas montanhas e nas quais essas plantas alpinas não conseguem crescer: tenho dificuldade de avaliá-la, uma vez que a altitude não está assinalada no prolongamento das montanhas de Vermont. –

Arrisco-me a solicitar mais uma informação, a saber, se tem publicado em algum lugar uma lista de espécies fanerogâmicas comuns à Europa, tal como foi feito com as conchas e Pássaros, a fim de que um não Botânico possa formar algum juízo sobre a relação entre as duas floras. Tal lista me seria de extremo interesse sob vários pontos de vista, e creio que também para outros. Suponho que não haveria mais que algumas centenas de 2.004 espécies de seu Manual. Porventura consideraria muito pretensioso de minha parte sugerir que publique (se é que isso já não foi feito) uma lista delas em algum Periódico? – Eu mesmo o faria, mas com certeza, incorreria em muitos erros. Posso assegurar-lhe que percebo como é pretensioso que eu, não sendo Botânico, faça sequer a mais insignificante sugestão a um Botânico como o senhor, mas, pelo que vi e ouvi a vosso respeito de nosso querido e gentil amigo Hooker, espero e creio que haverá de perdoar-me, e mui respeitosamente me subscrevo, | Prezado Senhor, | Atenciosamente, | Charles Darwin
(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp 201-202)

4) Para J. D. Hooker, Down, 5 de Junho [1855]

Meu estimado Hooker

Muitíssimo obrigado por suas sementes e Saxifragáceas, e por um lote tão esplêndido: ... Obrigado também, por sua notinha sobre todos os votos terríveis a respeito das sementes, aos quais quase chego a fazer eco, pois começo a achar que elas são imortais e que o trabalho com as sementes vai ser um outro trabalho com as Cracas; pois achei que as do primeiro lote estavam todas mortas; e agora. Passados 56 dias, seis dos setes tipos brotaram, embora apenas alguns brotos de cada uma. – Foi uma ótima sugestão (embora eu a considerasse inútil naquele momento) experimentar com *repolho*, *brócolis* e *couve-flor*, havendo todas {as sementes} destes dois últimos morrido após 22 dias, ao passo que o repolho germinou bem. Como não tenho ninguém com quem conversar, tenho que lhe dizer o que me parece curioso: que os brotos de Tussilago farfara saíram de suas sementes na água salgada e continuam vivos há nove dias, alguns flutuando e alguns no fundo da água do mar e que, quando plantados eles crescem bem. ... O *seu* lote de sementes saiu-se muito mal, em parte, talvez, pelo fato de diversas delas serem plantas de Estufa, e em parte, em vista de as sementes serem ruins; e elas são terrivelmente lentas para germinar, o que é péssimo, e sem dúvida as escolheu de propósito para me aborrecer. – A srta. Thorley e eu estamos fazendo um *livrinho de Botânica* (!) para nos distrairmos, e ele realmente me diverte muito, ou seja, fazer uma coleção de todas as plantas que cresceram em um terreno que ficou sem cultivo durante 15 anos, mas que antes era cultivado desde tempos imemoriais; e também estamos colecionando todas as plantas de um campo adjacente e *similar*, mas cultivado, só pelo prazer de ver que as plantas surgiram ou desapareceram. Daqui em diante, vamos precisar de um pouco de ajuda para dar nome às que são problemáticas. – Quão terrivelmente difícil é dar nomes a plantas! ...

Agradeço-lhe muito pelo Hedysarum: espero que não seja muito precioso, pois, como lhe disse, ele se destina a um objetivo que é, provavelmente, *muitíssimo* tolo: li em algum lugar que nenhuma planta fecha suas folhas com muita rapidez no escuro, e quero cobri-lo diariamente por ½ hora, e ver se posso ensiná-lo a se fechar sozinho, ou com mais facilidade que a princípio na escuridão. ...

Como eu gostaria de poder vê-lo com mais frequência, que bem isso me faria em meu trabalho! Mas, ocupado como é, rogo-lhe com *a mais perfeita sinceridade*, que de modo algum se incomode em escrever com frequência pelo fato de eu lhe escrever.

Adeus, | C. Darwin

Não consigo entender exatamente por que haveria de preferir a transmissão continental, como creio que faz, ao transporte pelo mar: considerando suas ideias gerais, eu

teria imaginado que gostaria de maior número possível de meios de transmissão. – Para minhas noções teóricas prediletas, é inteiramente indiferente que elas sejam transmitidas por mar ou por terra, desde que se possa mostrar algum caminho toleravelmente provável. Mas, para minha filosofia, é chocante criar terras, sem que haja alguma outra prova independente. Quando nos encontrarmos, creio que com algumas palavras entenderei com mais clareza suas concepções. ...

Acabo de descobrir minha primeira Gramínea, viva! viva!²⁹ Tenho de admitir que a Sorte favorece os destemidos, pois quis o acaso fortuito que se tratasse do simples *Anthoxanthum odoratum*: não obstante, é uma grande descoberta; nunca esperei descobrir uma gramínea em toda a minha vida. Portanto, viva! Fez um bem surpreendente a meu estômago.

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp 203-205)

5) À Asa Gray, Down, 8 de Junho [1855]

Meu prezado senhor

Agradeço-lhe de coração por sua carta singularmente gentil do último dia 22, e pelo modo extremamente agradável e obsequioso como recebeu minhas perguntas complicadas. Mal posso dizer-lhe o quanto me interessou sua lista de plantas alpinas, e agora consigo imaginar, até certo ponto, as plantas de seus cumes alpinos. A nova Edição de seu Manual é uma notícia esplêndida para mim: sei, por seu prefácio, o quanto lhe falta espaço, mas não tomaria muito espaço acrescentar (Eu.) entre parênteses a cada planta europeia e, no que me diz respeito, isso atenderia a todos os meus objetivos. Por minha experiência própria, enquanto eu desvendava as plantas inglesas em nossos Manuais, muitas vezes me ocorreu o quanto seria interessante se tivesse sido fornecida alguma informação sobre sua distribuição, e sendo assim, não duvido que seus investigadores e iniciantes norte-americanos gostassem muito de saber quais de suas plantas são nativas e quais são europeias.

Pergunto se não conviria, nas plantas alpinas, incluir os mesmos acréscimos que agora me enviou em forma manuscrita, embora, nesse caso, graças a sua gentileza, eu não esteja falando por egoísmo, mas apenas pro *bono americano publico*. – Presumo que seria

²⁹ C.D. refere-se a seu projeto de identificar as diferentes espécies de gramíneas que cresciam nos arredores de Down.

muito problemático indicar em seu Manual os habitats das plantas encontradas a Oeste das Montanhas Rochosas, e também das encontradas no Leste da Ásia, considerando o Yenesei (?), que, se bem me lembro, segundo Gmelin, é a principal linha divisória da Sibéria. Talvez a Sibéria se relacione mais com a Flora setentrional da América do N. A distribuição das plantas a Leste e a Oeste, isto é, dizer se a maioria das encontradas está na Groenlândia e na Europa Ocidental ou no Leste da Ásia, parece-me uma questão muito interesse, por tender a mostrar se a migração ocorreu em sentido Leste ou em sentido Oeste. – Rogo-lhe acreditar que tenho plena consciência de que a *única utilidade* destas observações é mostrar a um Botânico os aspectos que um não Botânico tem curiosidade de aprender; pois creio que todo aquele que estuda profundamente um assunto passa, muitas vezes, a desconhecer os pontos em que os ignorantes necessitam de informações. Fico imensamente contente por estar pensando em redigir uma nota sobre a distribuição geográfica, pois a área coberta pelo Manual parece-me, em alguns pontos, mais adaptada a uma comparação com a Europa que com a totalidade da América do N. –

Pedi que eu explicitasse claramente alguns dos pontos sobre os quais tenho grande desejo de obter informações; mas na verdade, eu dificilmente poderia fazê-lo, pois eles são muito vagos, e prefiro ver os resultados que emergirão das comparações a já dispor, neste momento, de objetivos definidos. Presumo que, como outros Botânicos, forneceria, com respeito a sua área, as proporções (deixando de fora as plantas introduzidas) em relação à totalidade das grandes famílias principais: este é um ponto que eu havia tencionado tabular (e de fato o fiz, em linhas gerais) a partir de seu Livro, mas é claro que só posso fazê-lo *de modo muito imperfeito*. Naturalmente, eu também determinaria a proporção em relação a toda a Flora das plantas europeias (deixando de fora as introduzidas) *e das grandes famílias separadas*, a fim de especular sobre os meios de transporte. A propósito, dias atrás, arrisquei-me a remeter-lhe um exemplar de *Gardeners' Chronicle*, com um pequeno relatório meu sobre alguns experimentos insignificantes que venho tentando realizar sobre a capacidade que as plantas tem de suportar a água do mar. Não sei se lhe pareceu, como a mim, que seria aconselhável os Botânicos indicarem em *números inteiros*, bem como nas menores frações, as proporções numéricas entre as Famílias – assim é que depreendendo por seu Manual que entre as plantas *nativas*, a proporção das Umbelliferae é de $36/1798 = 1/49$; isso porque, sem conhecer os números *inteiros*, não se pode avaliar realmente quão próximos são os números das plantas de uma mesma família em duas regiões distantes; mas é muito provável que considere isso supérfluo. – Ao mencionar esses números proporcionais, posso indicar, como um exemplo do número de aspectos que venho *tentando* elaborar e de quão vagos e fúteis

eles frequentemente são, que, ao refletir sobre a observação de R. Brown e Hooker de que a quase identidade do número proporcional das grandes Famílias de duas regiões mostra, provavelmente, que em certa época elas foram unidas em uma continuidade, considerei que poderia calcular, por exemplo, as proporções entre as *Compositae introduzidas* na Grã-Bretanha e todas as plantas introduzidas, e o resultado foi $10/92 = 1/9,2$. Em nossa flora *aborígine* ou nativa, a proporção é de $1/10$; e em muitos outros casos, constatei uma correspondência igualmente impressionante; peguei então seu Manual e trabalhei nessa mesma questão; nele constatei, com respeito às *Compositae*, uma correspondência quase igualmente impressionante, isto é, $24/206 = 1/8$ em relação às plantas introduzidas, e $223/1798 = 1/8$ em relação às nativas; entretanto, quando cheguei às outras Famílias, encontrei proporções inteiramente diferentes, que mostram que as coincidências a Flora britânica foram provavelmente acidentais! –

Presumo que irá fornecer a proporção entre as espécies e os gêneros, isto é, mostrar, em média, quantas espécies cada gênero contém, embora eu tenha feito isso em meu próprio benefício. –

Se não for muito complicado, não lhe parece que seria interessantíssimo, e que daria uma ótima ideia de sua Flora, dividir as espécies em três grupos, isto é, (a) espécies comuns ao velho mundo {sic}, com informações sobre os números comuns à Europa e à Ásia, (b) espécies nativas, mas pertencentes aos gêneros encontrados no velho mundo {sic}, e (c) espécies de gêneros que se restringem à América ou ao Novo Mundo? Para (segundo minhas ideias) aperfeiçoar a perfeição, seria preciso informar se existem outros casos, como o *Erica*, de gêneros comuns na Europa ou no velho mundo {sic} que não sejam encontrados em sua região. –

Sinceramente, porém, sinto que é bastante ridículo eu lhe escrever tanto sobre o assunto, mas, uma vez que me perguntou, faço-o de bom grado, e lhe escrevo do mesmo modo que escreveria a Hooker, que muitas vezes ri impiedosamente de mim, e estou certo de que tem razão ainda melhor para fazê-lo. –

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp 205-207)

6) Para J. D. Hooker, Down, 5 de Julho [1855]

Meu estimado Hooker

Eu seria um homem muito mais feliz, se denominasse especificamente esta gramínea para mim: ela realmente me derrubou: nem sequer tenho certeza de que seja uma Festuca; sinto-me bastante seguro de que não é *F. pratensis*. – Ela cresce em encostas gredosas bastante secas. Colhi 35 espécies e dei nome a todas corretamente, segundo creio, com exceção desta e de outra, a qual creio que descobrirei, quando estiver em floração mais plena. –

Do sempre seu, | C. Darwin

Obs.: Uma *porção* de Aipo e algumas Cebolas e Cenouras, e até um Rabanete e uma Alface, brotaram depois de 85 dias na água salgada!

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, p. 207)

7) Ao *Gardeners' Chronicle*, Down, 21 de Novembro {1855}

Uma vez que os senhores publicaram relatos do sr. Berkeley e meus sobre o período durante o qual as sementes são capazes de suportar a imersão em água do mar, talvez lhe interesse conhecer, sem detalhes minuciosos, os resultados finais de meus experimentos. A semente de Pimenta, após 137 dias de imersão, saiu-se bem, pois trinta de 56 plantas germinaram, e creio que um número ainda maior germinaria no correr do tempo. Do Aipo, brotaram apenas seis de algumas centenas de sementes após o mesmo período de imersão. Uma única semente de Alpiste germinou após 120 dias, e algumas de Aveia germinaram parcialmente após 120 dias; tanto as sementes de Aveia quanto as de Alpiste brotaram muito bem depois de apenas cem dias. O Espinafre germinou bem após 120 dias. Sementes de Cebola, Abóbora, Beterraba, Armoles e Batata, bem como uma semente de *Ageratum mexicanum*, germinaram após cem dias. Algumas sementes de Alface, Cenoura, Agrião e Rabanete, apesar de pouquíssimas, brotaram após 85 dias de imersão. É notável a maneira diferente como as variedades de uma mesma espécie suportam os efeitos nocivos da água salgada; assim, sementes de “Brócolis Branco Gigante” brotaram esplendidamente depois de 11 dias, mas foram mortas pela imersão de 22 dias; a “Couve-Flor temporã” sobreviveu a esse período, mas morreu com 36 dias; o “Repolho de Cattell” sobreviveu aos 36 dias, mas morreu com cinquenta dias; e agora disponho de uma semente de Repolho silvestre de Tenby

que está crescendo com tamanho vigor, depois de cinqüenta dias, que tenho certeza de que sobreviverá a um período consideravelmente mais longo. Entretanto, a semente do repolho silvestre era nova, e alguns fatos me mostram que as sementes muito novas suportam melhor a água salgada que as sementes velhas, mesmo quando muito boas. Com respeito a um aspecto importante de minha comunicação anterior, do dia 26 de Maio, permitam-me os senhores dizer *peccavi*; por ter ouvido falar com freqüência de plantas e arbustos que eram vistos flutuando a uma certa distância da terra, presumi – e, ao fazê-lo, cometi um pecado científico – que as plantas com sementes ou frutos maduros flutuariam pelo menos durante algumas semanas. Sempre tive a intenção de fazer uma verificação disso, e agora a fiz, com um resultado lastimável, pois, tendo colocado na água salgada entre trinta e quarenta plantas herbáceas e ramos com sementes maduras de várias ordens, constatei que todos (com exceção do fruto das sempre-verdes) ³⁰ afundam no intervalo de um mês, e a maioria em 14 dias. Por conseguinte, tanto quanto posso perceber, meus experimentos tem pouca ou nenhuma serventia (exceto talvez, como provas negativas) no que concerne à distribuição das plantas por meio da flutuação de suas sementes pelo mar. Será que alguns dos leitores dos senhores pode explicar-me uma frase de Lineu, que me foi assinalada pelo dr. Hooker, “Fundus maris semina non destrui”? Por que diz Lineu que o fundo do mar não destrói as sementes? As sementes frequentemente carregadas pela Corrente do Golfo até o litoral da Noruega, com o qual Lineu estava bem familiarizado, flutuam, como verifiquei recentemente. Será que ele imaginava que as sementes eram carregadas pelo fundo do oceano? Isso não parece provável, pelo fato de as correntes marinhas, ou pelo menos muitas delas, serem superficiais.

(DARWIN, Charles R. *Origens: cartas seletas de Charles Darwin (1822-1859)*. Editadas por Frederick Burkhardt. São Paulo: Editora UNESP, 2009, pp. 209-211).

³⁰ O texto é reproduzido tal como foi publicado no *Gardeners' Chronicle*; a palavra “*evergreens*” {sempre-verdes} foi impressa por engano, em vez da pretendida por C.D., “*Euonymus*”.

ANEXO D. Algumas questões da avaliação trimestral de Biologia. Por Luciana Valéria Nogueira

Avaliação Trimestral de Biologia – 2º EM – 1º trimestre

Evolução e Classificação: Entendendo o Mundo Natural

11. O poema abaixo é uma singela homenagem da professora Lua aos seus queridos alunos do 2º ano. Ele conta, de maneira resumida, um grande tema estudado no curso ao longo do 1º trimestre: a evolução biológica.

A História da Vida

Aristóteles, o bom filósofo,

Queria o mundo explicar

Achou boa a ideia

A grande cadeia do ser criar

Lineu gostou

Resolveu adaptar

A grande cadeia do ser agora servia para organizar

E a grande obra de Deus podia glorificar

Lamarck, a princípio achou legal

Mas com os fósseis viu que não ia dar

Mudou de opinião e resolveu revolucionar

A ideia de progressão passou a acalentar

Inventou então a biologia e divulgou que os seres estão sempre a se transformar

Wallace e Darwin curtiram a piração

Compartilharam do enfoque, mas queriam inovar

A seleção natural passou a atuar

E assim prossegue a vida

Em que verdade acreditar?

Ora, caro amigo, a evolução é um fato a considerar,

Mas, esteja à vontade, no seu pensar
Ninguém vai mandar

Explicite a que cada estrofe se refere

Estrofe 1:

Estrofe 2:

Estrofe 3:

Estrofe 4:

Estrofe 5:

Parte V: Questões Laboratoriais

12. O texto abaixo é a transcrição do capítulo XII do livro “Origem das Espécies” em que Charles Darwin manifesta suas preocupações acerca da distribuição geográfica de espécies vegetais. Em nossa sequência de estudos procuramos hipotetizar sobre possíveis explicações para o problema proposto por Darwin e realizamos experimentos para testar nossas hipóteses.

Leia atentamente o texto a seguir procurando **identificar de antemão o problema** exposto por Darwin, sua **hipótese** fundamental, os **experimentos** efetivados:

Capítulo XII: Distribuição Geográfica – Origem das Espécies – Charles Darwin

Centros únicos de criação

[Vamos] examinar uma questão que suscitou tantas discussões entre os naturalistas. Trata-se de saber se as espécies foram criadas em um ou em muitos pontos da superfície

terrestre. Há, sem dúvida, casos em que é extremamente difícil compreender como a mesma espécie pode transmitir-se de um ponto único a diversas regiões afastadas e isoladas onde hoje as encontramos. Todavia, parece tão natural que cada espécie fosse produzida no princípio em uma única região, que esta possibilidade cativa facilmente o espírito. [...]

Parece-me, pois muito mais provável, como também a muitos outros naturalistas, que a espécie se produziu numa única região, de onde a seguir se espalhou tão longe quanto lhe permitiram os meios de emigração e de subsistência, tanto nas condições da vida passada como nas condições da vida atual. Surgem, sem dúvida, muitos casos em que é impossível explicar a passagem de uma mesma espécie de um ponto a outro, mas as alterações geográficas e climáticas que com certeza se efetuaram desde as épocas geológicas recentes, devem ter rompido a continuidade da distribuição primitiva de muitas espécies. [...]

Se a existência da mesma espécie em pontos distantes e isolados da superfície da Terra pode, num grande número de casos, explicar-se pela possibilidade de cada espécie ter emigrado no seu centro de produção, então, considerando a nossa ignorância do assunto, no que se refere às alterações climáticas e geográficas que se efetuaram outrora, como aos meios casuais de locomoção que puderam concorrer para esta disseminação, creio eu que a possibilidade de um berço único é incontestavelmente a mais lógica. [...]

Meios de dispersão

[...] Devo agora dizer algo sobre o que se tem denominado meios acidentais de dispersão, meios que melhor se denominariam ocasionais; falarei aqui apenas das plantas. Diz-se, nas obras de botânica, que se ignora quase com certeza se tal ou tal planta pode atravessar o mar com relativa facilidade. Não se sabia mesmo, antes de algumas experiências que realizei a respeito com o concurso de Mr. Berkeley, durante quanto tempo as sementes podem resistir à ação nociva da água salgada. Verifiquei para grande surpresa minha que, de oitenta e sete espécies, sessenta e quatro germinaram após uma imersão de vinte e oito dias, e algumas suportaram uma imersão de cento e trinta e sete dias. É bom assinalar que certas ordens se mostram muito menos capazes que outras a resistir a esta prova; nove leguminosas, com exceção de uma só, não suportaram a ação da água salgada; sete espécies pertencentes a duas ordens associadas, hidrofiláceas e polemoniáceas, foram todas destruídas em um mês de imersão. Para mais comodidade, fiz a experiência principalmente com os pequenos grãos despojados do fruto, ou da cápsula. Ora, como todas foram ao fundo ao final de poucos dias, não teriam atravessado grande braços de mar, quer fossem ou não danificadas pela água do mar. Experimentei, a seguir, com alguns frutos e algumas cápsulas maiores: alguns flutuaram

por muito tempo. Sabe-se que a madeira verde flutua muito menos tempo que a madeira seca. Pensei que as inundações muitas vezes arrastam para o mar plantas ou ramos secos carregados de cápsulas e de frutos. Esta idéia induziu-me secar hastes e ramos de noventa e quatro plantas tendo frutos maduros, e colocá-los em seguida em água do mar. A maioria foi prontamente ao fundo, mas algumas que, verdes foram ao fundo rapidamente; secas, porém, flutuaram noventa dias, e germinaram depois de serem plantadas em terra; uma planta de espargo, com bagas maduras, flutua vinte e três dias; depois de seca, flutua oitenta e cinco dias, e as sementes germinam a seguir. As sementes maduras do *Helosciadium*, que ia ao fundo ao fim de dois dias, flutuaram mais de noventa dias depois de secas, e germinaram a seguir. Ao todo, de noventa e quatro plantas secas, dezoito flutuaram mais de vinte e oito dias, e algumas superaram este termo. Disto resulta que 64 entre 87 das sementes que submeti à experiência germinaram após uma imersão de vinte e oito dias, e que 18 entre 94 das plantas com frutos maduros (nem todas pertenciam às mesmas espécies da experiência precedente) flutuaram, após dissecação, mais de vinte e oito dias. Concluimos, pois tanto pelo menos quanto é permitido tirar uma conclusão de um tão pequeno número de fatos, que as sementes de 14 entre 100 das plantas de uma região qualquer podem ser arrastadas durante vinte e oito dias pelas correntes marítimas sem perder a faculdade de germinar

[...] Seria, pois mais seguro admitir que as sementes de aproximadamente 10% das plantas de uma flora podem, depois da dessecação, flutuar através de um braço de mar de aproximadamente 1.450 km de largura e germinar a seguir. O fato dos frutos maiores serem capazes de flutuar mais tempo que os pequenos é interessante porque não há outro meio de disseminação para as plantas de grandes frutos e de grandes sementes, além disso, assim como demonstrou Afonso de Candolle, estas plantas tem geralmente uma extensão limitada.

DARWIN, Charles R. A origem das espécies. Tradução: Eduardo Nunes Fonseca. São Paulo: Editora da Folha de S. Paulo, 6 ed, 2010.

Após a leitura do texto e tendo em mente nossas discussões sobre a problemática, pede-se:

- a. Exponha o problema apresentado por Darwin nesse capítulo, isto é, qual o fenômeno que ele deseja explicar.
- b. Qual a hipótese explicativa proposta por Darwin para o problema apresentado?
- c. Identifique e descreva os experimentos realizados por Darwin a fim de comprovar a sua hipótese.

ANEXO E. Orientação para realização da 2ª Etapa do Fechamento da SD do Darwin.
Por Luciana Valéria Nogueira

Orientação para Realização da 2ª Etapa do Fechamento da SD Darwin

2º EM – 2º trimestre

1. Inicialmente, é necessário descrever os experimentos feitos detalhando os procedimentos seguidos. Para isso, faça uso da apostila com o roteiro que receberam. Ela está disponível no AVA.

Além disso, é fundamental que relatem os resultados e procurem **elaborar hipóteses explicativas** para eles.

Podem seguir o seguinte roteiro:

- **Materiais e Métodos** (procedimentos e recursos utilizados)
- **Resultados** (descrição pormenorizada)
- **Conclusões/Discussão**

Após esse primeiro passo, responda as questões abaixo sob a forma de texto corrido (em prosa). Vocês **não** devem responder às questões como se estivessem respondendo a um questionário. As questões abaixo são apenas norteadoras. Responda em prosa de tal forma que ao final todas as questões estejam devidamente contempladas.

Arregacem as mangas e mãos à obra!

2. A partir da leitura das cartas e artigos de Darwin e da experiência com a SD, reflita sobre as questões abaixo as respondendo sob a forma de prosa.

- A ciência é uma atividade coletiva, isto é, os conhecimentos, na verdade, são produzidos por grupos e não por pessoas isoladamente? Procure nos textos da apostila pelo menos dois exemplos que ilustrem sua resposta.

- Supondo que o trabalho científico seja uma produção sempre coletiva, não há espaço para as individualidades, isto é, qual o papel do indivíduo na produção do conhecimento científico? Procure nos textos da apostila pelo menos dois exemplos que ilustrem sua resposta.

- Quais recursos de pesquisa a que Darwin tinha acesso na época (por exemplo, livros, artigos etc)? Procure nos textos da apostila as informações que Darwin utilizou efetivamente para pensar a elaboração de seus experimentos indicando (quando possível) onde a informação foi conseguida. Registre-os.

- Os experimentos feitos por Darwin “provaram” sua hipótese? Seria possível chegar a conclusões sem realizar os experimentos? Procure nos textos da apostila pelo menos dois exemplos que ajudaram a compor sua resposta.

- Supondo que experimentos não provam uma hipótese, discuta com seu grupo qual seria, então, o papel da experimentação na elaboração de um trabalho científico. Registre essa discussão.

- Registre as diferenças e semelhanças entre os experimentos realizados por Darwin e aqueles realizados por nós. Elabore hipóteses que justifiquem porque há determinadas semelhanças e determinadas diferenças.

ANEXO F. Orientação para realização da 3ª Etapa do Fechamento da SD do Darwin.
Por Luciana Valéria Nogueira

Orientação para Realização da 3ª Etapa do Fechamento da SD Darwin

2º EM – 2º trimestre

Caríssimos, esse é o desafio final!!! Peço a colaboração de todos no sentido de produzir um texto bem escrito e consistente. Por favor, fujam do lugar-comum “foi legal”, “aprendi muito” ou, pior ainda, “sim ou não”! Eu quero substância, densidade e, acima de tudo, REFLEXÃO!

Vamos lá: as questões abaixo são apenas norteadoras do pensamento, isto é, elas devem servir para conduzir a reflexão num determinado rumo, logo não quero que respondam uma a uma como se fosse um questionário. Vocês devem usar as questões apenas como base para refletir sobre o aprendizado de vocês. Assim, deverão produzir um texto em prosa em que se disserte acerca dos temas levantados pelas questões norteadoras.

Cuidado com a escrita. O texto final deve ser orgânico, com parágrafos concatenados, como uma espécie de ensaio. É, podemos pensar que se trata de um ensaio em que os temas levantados abaixo compareçam.

Trata-se de um texto autoral, absolutamente pessoal. Utilizem a sua memória afetiva na escritura. Tenho certeza que se escreverem com seriedade o resultado será belíssimo.

Mãos à obra! Se tiverem dúvidas, não hesitem em me procurar.

Questões Norteadoras

- Em relação aos estudos anteriores sobre a teoria darwinista, qual a novidade conceitual apresentada pela SD (se é que você entende que houve uma novidade)?
- Caso tenha concluído que houve a apresentação de uma novidade conceitual, você acredita que esse novo conceito ajudou a compreender melhor a teoria darwinista da evolução?
- Numa SD (sequência didática) há sempre uma maior diversidade de atividades (laboratório, aula expositiva, leitura de textos, discussão em grupos). Na sua opinião, essa diversidade foi contemplada? Por que você imagina que exista esta diversidade de atividades? Em qual das atividades da nossa SD você acredita que houve maior aprendizado pessoal? Por quê?

- Dentre as atividades da SD propostas qual a de que você mais gostou?
Justifique
- Dentre as atividades da SD propostas qual a de que você menos gostou ou achou pouco pertinente (ou até mesmo inútil ou ainda que tenha atrapalhado)?
Justifique
- Como você vê a 2ª etapa da proposta de fechamento (escrever artigo científico e produção do texto em trios)? Quais aspectos do aprendizado você acha que ela contempla e que talvez não tenham sido contemplados em outro momento?
- Para você foi importante ter trabalhado em grupo? Ajudou ter com quem compartilhar as ideias para depois chegar a uma síntese?
- Você acha que teria chegado aos mesmos pontos se estivesse pensando sozinho?
- Para a elaboração das hipóteses acerca da situação-problema proposta por Darwin, o fato de ter assistido ao documentário antes influenciou as ideias do grupo? As ideias do seu grupo foram parecidas com a do Darwin?

ANEXO G. Hipóteses dos alunos para os problemas propostos

1) Por: G., L., C., G. e F. 2ºA – Biologia

“Hipóteses de Darwin”

Hipótese 01: considerando-se que se trata de ambientes com características semelhantes, é possível que tenham ocorrido pressões seletivas parecidas, que coincidentemente levaram a uma seleção de indivíduos idênticos (com mesmas características adaptativas).

Hipótese 02: as estruturas de uma planta (principalmente fruto e semente/vagem com sementes) podem atravessar o mar com algumas facilidades e alguns obstáculos. Destas estruturas, algumas podem atravessar o mar depois de serem ingeridas por aves, por exemplo, e também podem fazer este trajeto pelo mar, boiando e sendo levadas pelas correntes marítimas. Porém, neste segundo caso, existem alguns obstáculos como mudanças nas correntes marítimas e também serem ingeridas eventualmente por predadores marinhos, além disso, também é necessário considerar a extensão do oceano (se trata de uma longa “viagem”, nem sempre a estrutura da planta deve chegar ao outro lado do oceano).

Testes (caso das estruturas irem pelo mar): para testar essa hipótese podemos simular um ambiente oceânico, com água salgada em uma proporção mais próxima da água dos oceanos. Depois verificamos jogando neste ambiente simulado várias estruturas de diferentes plantas, e as deixamos neste ambiente por alguns (vários) dias. Passados estes dias, selecionamos aquelas que “sobreviveram” e plantamos elas, observando assim se as estruturas se desenvolvem ou não.

2) Por: G. L., M. H., P. B., D. M. e M. B.

Hipótese: Uma espécie vegetal pode ser encontrada em um ou mais lugares, pois sua semente pode ser transportada de um lugar para outro. Em novo ambiente essa semente pode germinar e criar uma população de uma espécie vegetal de outro lugar nesse novo.

Teste: Nossa ideia é a de pegar vários galpões imensos, encher de água salgada, colocar alguns montes de terra, com árvores dispostos como no desenho ao lado. Cada monte deverá ter uma árvore diferente.

No primeiro galpão, a água terá correnteza.

No segundo galpão, haverá vento.

No terceiro galpão, deverá haver aves.

No quarto, colocaremos peixes.

Esse experimento deverá durar anos, mas todos os dias será observado o experimento em

todos os galpões. O objetivo de quem estiver observando é o de encontrar sementes de um monte, em outro, por exemplo: sementes A, no monte C. E deve se anotar o quão espalhadas as sementes ficam em cada galpão. Os casos em que as sementes estiverem mais longe de suas ilhas originais, deverão ser os métodos mais eficientes na natureza.

3) Por: M. C., K. P., L. O., L. W. e R. G.– 2º EM B

HIPÓTESE SOBRE A SITUAÇÃO PROBLEMA – DARWIN

Na nossa opinião, uma mesma espécie vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes separados por uma barreira geográfica, pois há algum agente que carregue suas sementes de um local para o outro, como por exemplo o próprio mar. Para testar se é possível que isso ocorra (sementes chegarem de um lugar a outro através dos oceanos), pensamos em colocar sementes na água com sal por um determinado tempo e depois plantá-las. Se estas brotarem, significa que resistem à água salgada e pode ter acontecido do jeito que supusemos.

4) Por: M., L., C., U., B. e J. (2emB)

Nome do grupo: Power Rangers

1) Uma determinada espécie vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes, separados por uma barreira geográfica. Como isso é possível?

- Explicação: São ambientes diferentes, porém com características semelhantes, que influenciam no fato de um potencial adaptativo comum existir em tal espécie (apesar dos diferentes lugares que ocupa). Por acaso o potencial adaptativo comum da espécie em ambos ambientes foi selecionado e a espécie se manteve igual. Essa espécie foi transferida para outro ambiente sem ser o local que habitava originalmente, mas o ambiente era semelhante.

2) - As estruturas de uma planta podem atravessar o mar com relativa facilidade?

- Quais obstáculos o vegetal enfrentaria para atravessar o mar?
- Quais as facilidades?

As estruturas que poderiam atravessar o mar com facilidade são a semente e o fruto, pois se uma ave, ao ingerir o fruto e migrar para outra região, não digere e defeca todo o fruto de uma vez, ela pode migrar e defecar no local de destino, trazendo sementes que se desenvolvem. Além disso, as sementes depositadas no mar podem boiar até a superfície e se desenvolver também.

Obstáculos: Distância a ser percorrida pela ave, tempo de digestão da ave, o fato de ser um mar que está sendo atravessado (pois, se fosse solo, as fezes com fruto e semente não digeridos se desenvolveriam quando defecadas).

Facilidades: O fruto não está exposto, mas protegido das condições do meio, (por estar dentro da ave).

Possível experimento:

- Pesquisa sobre um tipo de pássaro migratório (ex: América do sul -> África) e seu sistema digestório.
- Simulas sua migração e digestão.

5) Por: L., A., D., R. e D. 2ª

Hipótese sobre a “viagem” das plantas

Situação Problema 1: Segundo Darwin, todas as espécies tem um ancestral em comum, e além disso, há uma variabilidade determinada pelo acaso nas populações. Devido a estas características, o surgimento de espécies iguais em locais diferentes pode ser dado ao acaso, principalmente se ocorrer em ambientes com características semelhantes. Isso ocorre, por as pressões causadas pelo ambiente serão praticamente as mesmas, selecionando então indivíduos com características parecidas.

Situação Problema 2: Para que as plantas pudessem atravessar o mar em direção a outro continente, seria necessário que esta contesse determinadas características. Entre elas, a planta deveria permanecer na superfície do mar, ou seja, boiar. Dentro da planta estariam as sementes, abrigadas por uma estrutura semelhante a da vagem (plana e extensa, com as sementes protegidas em seu interior). Como é a semente que da origem a outras plantas, ela é que precisa flutuar até o outro continente e também resistir a água salgada do mar. Durante o percurso a planta encontraria diversas dificuldades, como o PH da água, a vida marinha e a distância a ser percorrida. Algumas das facilidades, no entanto, seriam o fluxo do mar e dos ventos. Presumimos então, que para que uma espécie consiga chegar, se estabelecer e germinar, uma grande quantidade de folhas deveria atravessar o mar, para que haja uma maior possibilidade. Isso poderia ocorrer como consequência de uma enchente, por exemplo.

Testes: Para verificar a possibilidade de as plantas viajarem de um continente até o outro, poderíamos simular a situação com uma bacia cheia d’água salgada. Assim colocaríamos a semente nesta e com a ajuda de ventiladores e outros instrumentos, poderíamos simular as dificuldades encontradas durante o caminho, como as correntes de vento, a água salgada e etc.

6) Por: C., G., J e M. (2ºA)

Hipóteses de Darwin

Situação-problema 1 :Nossa hipótese propõe que é possível existir a mesma espécie em lugares diferentes através de animais (provavelmente pássaros) que se alimentam em determinado ambiente e migram para outro e, desse modo ao defecarem nesse novo meio as sementes que estavam em seu sistema digestório seriam “implantados” no local,dando origem a uma nova (no caso, a mesma) espécie.

Situação-problema 2: Determinadas sementes conseguem atravessar o rio através da corrente marítima. A parte da planta transportada seria a semente, pois esta é a origem de todas as plantas. Assim, poderíamos sugerir que um pássaro, por exemplo, transporta a semente até certo rio. Para saber se a semente tem condições de chegar ao outro lado do rio, precisaríamos fazer um experimento, colocando-a na água com sal (para simular brevemente o rio, ou o mar) e ver se a semente bóia. A que boiasse iria com a maré até algum lugar fixo. Porém, as sementes podem afundar durante o percurso. As sementes que não afundariam seguiriam e germinariam. Para sabermos se a semente irá germinar depois de alcançar a superfície, podemos fazer um experimento (baseado em Darwin) que consiste em plantar a semente. Se as sementes germinarem, a espécie poderá se reproduzir no local alcançado.

Concluímos então que por meio desse fenômeno, há a possibilidade de existirem duas espécies iguais em ambientes diferentes.

7) Por: A. N., G. C. , G. G. e L. N.

HIPOTESSES – BIOLOGIA

Hipótese:

Uma determinada espécie de vegetal pode ser encontrada em ambientes diferentes separados por uma barreira geográfica por causa da viagem da semente

-as estruturas de uma planta (semente, fruto, por exemplo) podem atravessar o mar com relativa facilidade?

Depende, porque se ela for com um meio de locomoção ela vai atravessar com facilidade, mas se for a semente em si é difícil.

- quais os obstáculos o vegetal enfrentaria para atravessar o mar?

Os obstáculos seriam: que a semente poderia cair e algum peixe comer, ir para outra direção, o peso/densidade da semente, e que ela pode não se adequar a água do mar.

-quais as facilidades?

As facilidades são: meios de locomoção mais desenvolvidas, o tamanho da semente, e que a semente poderia se adaptar a água do mar

8) Por: L. , J. , S., B.

*Esta hipótese não estava no local do ambiente virtual de aprendizagem em que devia ser postada.

A hipótese que criamos sobre o aparecimento de espécies muito semelhantes em continentes diferentes é que por meio das correntes marítimas aquelas sementes que bóiam e sobrevivam mais de um mês na água salgada do mar consegue atravessar oceanos. Também achamos que não é possível que por meio de pássaros exista espécies de plantas em continentes diferentes, pois a digestão de pássaros são muito rápido.

ANEXO H. Produções textuais: Síntese da Sequência didática

1)

Nossa sequência didática do Darwin foi dividida em 4 passos. Refizemos todo o percurso de Darwin para entender as ideias e seu fazer científico. Dessa forma acabamos desmistificando a dita genialidade desse cientista.

Primeiramente, realizamos um questionário que tinha como objetivo ter uma ideia acerca da visão de cada aluno sobre a natureza da ciência/fazer científico. Além disso, ao final da sequência didática o questionário foi refeito, assim pode-se verificar se o nosso conhecimento e concepção sobre a teoria da evolução - e sobre o fazer científico no geral – mudou, e como mudou, após a sequência didática.

Depois disso, procuramos saber através da biografia de Darwin, de onde suas ideias surgiram e em que suas características pessoais - descrença em Deus, por exemplo - e o contexto em que estava inserido - as pessoas, o entorno e a sociedade da época - influenciaram em seu trabalho científico como um todo – desde a criação de hipóteses até a forma de testar e como foram analisados os resultados obtidos.

O mérito da criação da Teoria da Evolução geralmente é dado totalmente a Darwin, por isso um ponto importante que analisamos é que Wallace, independentemente, sugeriu a teoria da Seleção Natural, isso ocorreu, provavelmente, por conta do contexto sociocultural, em que eles estavam inseridos. Por esse e alguns outros motivos começamos, nessa sequência, a desmistificar a figura do Darwin.

Após a leitura de sua biografia, lemos dois textos a respeito da teoria do darwinista e sua difusão na sociedade. Um texto era de Drauzio Varella (não especialista no assunto, mas com grande alcance na sociedade) e outro de E. Mayr (especialista, sem muita influência social). Procuramos ao ler estes dois textos, identificar como é difundida a teoria da evolução proposta por Darwin. Com o Texto de Mayr ela é tratada de uma maneira mais precisa os conceitos propriamente ditos. É especialista e possui conhecimento /conceitos com maior credibilidade, é uma sistematização mais confiável. Durante a leitura dos textos, as diferenças entre estes ficamos claras. Podemos notar que o texto de alguém que não possui um conhecimento aprofundado no assunto, como é o caso de Drauzio Varella, é uma apresentação ao conceito, e trata o tema abordado da maneira popular, ou seja, da maneira

que todos conhecem, englobando uma opinião popular de massa em suas ideias. Já o texto de um especialista, como E. Mayr, se aprofunda no tema e o trata da maneira não usual, englobando fatores que não são comuns, e podem ser tratados apenas por alguém com conhecimentos prévios. Podemos afirmar que o texto de um especialista promove uma explicação mais concreta.

A partir do percurso que Darwin percorreu para chegar às suas próprias hipóteses e conclusões, elaboramos hipóteses para tentar explicar o seguinte problema: Como uma mesma espécie vegetal pode habitar dois lugares diferentes, ou seja, como elas poderiam se originar em continentes distantes e locais não relacionados? O pressuposto de Darwin era que essas espécies possuíam um ancestral em comum. Para a resolução desse problema a elaboração da hipótese foi feita em grupo, junto com a proposta de um experimento que a comprove.

Os experimentos que foram feitos foram o de flutuabilidade e o de resistência a água do mar. O primeiro foi feito para verificar quais sementes flutuavam e quais afundavam, e o segundo foi realizado para verificar quais sementes sobrevivem a água do mar. Após 28 dias (uma aproximação do tempo necessário para ir para outro continente pelo mar) do experimento de resistência, plantamos as sementes até então submersas na água salgada, e concluímos que as que germinassem seriam as resistentes e poderiam germinar após chegar à outro continente na dada situação. Segundo os resultados, o tomate e o agrião eram as sementes tidas como resistentes, enquanto as outras não conseguiram germinar.

Os resultados obtidos comprovam **(COMPROVAR NÃO É UM BOM TERMO - É SEMPRE MELHOR "DÃO SUPORTE, APOIAM)"**³¹ a hipótese, pois mostram que uma espécie tem meios que a permitem se desenvolver em locais diferentes. Assim, chegamos a conclusão de que determinadas espécies conseguem ser levada a locais distintos, por meio da flutuabilidade no mar, e capacidade de germinação mesmo com o contato com a água. Podemos afirmar que os resultados foram positivos, pois descrevem uma capacidade de locomoção. Porém, também pudemos constatar que apenas as espécies capacitadas (que não perdem a capacidade de germinar e não afundam) podem se desenvolver nesses locais diferentes.

³¹ Esse comentário foi uma correção feita pela professora Luciana Nogueira.

2)

Durante nossos estudos sobre Darwin e suas hipóteses, descobertas e teorias, realizamos diversas atividades. Primeiramente fizemos um questionário sobre o nosso conhecimento (opinião) em relação à evolução e ciências no geral. Logo em seguida, com uma linha do tempo, nos contextualizamos sobre período histórico, social e político em que viveu, estudou e descobriu Darwin. Com isso, obtivemos o conteúdo que nos proporcionou a visão necessária para entender porque as descobertas e ideias evolucionistas de Darwin foram tão, como se pode dizer, revolucionárias. Com isso conseguimos ver um caldo de cultura e uma junção de ideias que tinham algo em comum na época, isto é, de dois cientistas, Darwin e Wallace, que pensaram sobre o mesmo tema isoladamente: o mecanismo da seleção natural como princípio da evolução. Assim, só quando Darwin recebeu o manuscrito dos estudos de Wallace decidiu apresentar as suas ideias para o mundo, tendo em vista que antes disso temia que estas fossem causar um grande impacto na sociedade criacionista e fixista da época ao questionar o mundo como uma criação perfeita originada por Deus.

Dando continuidade as nossas atividades, lemos dois textos com abordagens diferentes sobre o mesmo tema, que explicavam os estudos de Darwin sobre a evolução e seus cinco princípios (dentre eles a seleção natural). O primeiro texto, de autoria do Dr. Dráuzio Varella, trazia uma abordagem mais rasa sobre o tema, para divulgação. Esta abordagem e descrição rasa provocaram o surgimento de questões entre nós alunos pelo texto ser pouco explicativo, tendo em vista que o autor não é alguém com um grande conhecimento em relação a esse tema por trabalhar em outra área da ciência (medicina). No caso do segundo texto, de E. Mayr, biólogo que dedicou a sua carreira, em parte, para estudos da evolução, foi realizada uma síntese especializada com uma credibilidade maior por abordar os temas com maior profundidade, considerando que o autor é dessa área da ciência (sua visão não é leiga). Foi realizado um olhar de dentro, específico, preciso e que não provocou questionamentos entre nós como o primeiro.

Assim, partindo do pressuposto da ancestralidade em comum, dos princípios darwinistas da evolução, elaboramos hipóteses para resolver a mesma situação problema que o cientista enfrentou: como uma mesma espécie de ser vivo poderia existir ao mesmo tempo em territórios diferentes, separados por uma barreira geográfica (oceano). Durante as discussões, os alunos elaboraram diferentes hipóteses, muitas sem se aproximar da

perspectiva de Darwin. Juntamente com elas surgiram algumas questões se um cientista deveria ter crenças ou não, pois, no caso de Darwin, ele possuía uma forte crença em Deus que teve que conciliar com o pensamento científico no qual também acreditava.

Após as elaborações de hipóteses, vimos um documentário sobre os experimentos feitos por Darwin, para compreender outra visão do que tentamos fazer em nossas discussões, ou seja, compreender qual era, na realidade, a hipótese de Darwin para a situação-problema. Nesse documentário pudemos observar as seguintes questões pensadas por Darwin: a flutuabilidade de estruturas vegetais e a germinação de uma semente após um período em água do mar. Essas questões levaram Darwin a realizar diversos estudos sobre as correntes marítimas, quantidade de sal na água e etc., pois, para ele, a existência de uma mesma espécie em dois ambientes distintos pressupunha a viagem desta espécie de um ambiente para outro (de forma que se estabelecesse em ambos). Depois de realizados os estudos do cientista, conseguiu-se chegar a algumas conclusões que evidenciavam: 1) a quantidade de dias que uma semente demoraria para chegar de um local a outro 2) quanto, em relação a proporção de sal na água, essa semente conseguiria aguentar.

O experimento de Darwin foi reproduzido por nós, alunos. Primeiramente estruturas vegetais foram colocadas em um balde com água salgada para testarmos sua flutuabilidade, o que indicaria quais estruturas vegetais provavelmente conseguiriam atravessar o oceano. Em um segundo momento, algumas sementes foram colocadas em diferentes garrafas com água e sal, simulando a água do mar (a partir dos cálculos de Darwin), e ficaram dentro de garrafa tampada por algodão (para que não ficasse totalmente sem circulação de ar) durante vinte e oito dias. Para sabermos se a semente resistira à água salgada, depois dos 28 dias, as sementes foram retiradas das garrafas, plantadas e diariamente observadas: se germinassem significaria que elas sobreviveram ao ambiente aquático que havia sido simulado, se não, significaria que elas não sobreviveriam (levando em consideração uma situação ideal a qual todas foram sujeitas, em que nenhuma seria prejudicada por fatores externos).

Como resultado, apenas as sementes de tomate germinaram. Todavia isso não é garantia de que apenas ela sobreviveria de fato à situação em proporções reais, já que, na realidade, qualquer semente pode passar por maiores obstáculos ou menores. Algumas podem ser prejudicadas no percurso, enquanto outras podem ser beneficiadas de alguma forma. Além disso, temos que considerar que o experimento não soluciona a situação problema, mas sim apresenta uma hipótese de solução. Foi através desta que realizamos os

experimentos que nos forneceram os dados de que apenas os tomates sobreviveriam e que comprovam parcialmente a hipótese (não são todas as estruturas vegetais que conseguiriam realizar a viagem pensada por Darwin). No caso de outra hipótese também possível para solucionar a situação problema, deveriam ser realizados outros experimentos relacionados a tal hipótese que teriam resultados válidos para comprová-la ou refutá-la.

ANEXO I. Questionário utilizado para avaliar as opiniões e experiências da aplicação da Sequência Didática, para a professora Luciana Valéria Nogueira

Considerando a sua experiência na aplicação da Sequência Didática (SD) “Darwin na sala de aula: replicação de experimentos históricos para auxiliar a compreensão da teoria evolutiva” junto a alunos de 2º ano do Ensino Médio da Escola da Vila, por favor, responda:

1) Você consegue lembrar quais foram as suas expectativas iniciais, ao aceitar aplicar a SD?

Minhas expectativas, ao utilizar qualquer abordagem diferenciada, são sempre de que o engajamento dos alunos vai aumentar e, por consequência, a aprendizagem será mais efetiva porque mais significativa.

2) Ao final do trabalho, você considera que essas expectativas foram atendidas? Em que medida? Surgiram novidades?

Pelo fato da SD é uma abordagem diferenciada e sua utilização, de fato, correspondeu às minhas expectativas. Pude perceber isso pelo envolvimento dos alunos no laboratório e, sobretudo, pelas atividades avaliativas propostas (não previstas pela SD). A escrita do artigo científico e do trabalho metacognitivo individual me deu a dimensão de que houve engajamento e que o aprendizado foi mais significativo. Foram estratégias utilizadas no sentido de procurar perceber como os alunos receberam as propostas e o quanto foi possível aprender em termos de conteúdos específicos de Biologia, bem como de aspectos relacionados à NdC.

3) Quais os principais aspectos positivos e desafios que se revelaram durante a aplicação da SD?

Os pontos positivos já mencionei na questão anterior. Os desafios, que podem ser entendidos como aspectos negativos, são a dificuldade de conciliar o tempo didático com a aplicação da SD. Existe uma equação que precisa ser solucionada: como conciliar uma SD complexa como essa com as demandas do conteúdo programático da série e o tempo didático disponível. Um outro desafio é a adequação da apresentação da linha do tempo. Da maneira como fizemos nas duas ocasiões da aplicação, não me pareceu positivo. Gastamos muito tempo para poucos resultados. Acabou ficando um pouco sem sentido para os alunos. Eu, quando aplicar a SD novamente, farei modificações aí. Houve também um subaproveitamento dos textos de Darwin. Eles são fundamentais, mas a organização deve ser

outra de forma a valorizar esses documentos. É necessário que eles efetivamente sejam úteis para os alunos desenvolverem os trabalhos. Isso precisa ser melhor organizado.

4) Que diferenças e similaridades você indicaria entre as atividades práticas usuais no laboratório de sua escola e a replicação do experimento histórico da SD?

Há diferenças entre as atividades usuais de laboratório e as da SD, mas não por ser a replicação de um experimento histórico. A diferença se deu, e isso é mérito da SD, pelo fato de que os experimentos realizados foram elaborados pelos próprios alunos. Infelizmente, de um modo geral, quando se vai ao laboratório, os alunos executam um protocolo de cuja elaboração participaram. Eles sempre gostam de aulas práticas, mas fazer um experimento que eles mesmos elaboraram deu sentido ao que se estava fazendo. Esse aspecto é fundamental e o mais mencionado pelos alunos na avaliação metacognitiva.

5) Como foi o emprego de um episódio da História da Ciência como estratégia didática?

Não sei se entendo a pergunta, mas, como já disse, foi muito positivo na medida em que contextualiza não apenas os conteúdos a serem aprendidos, mas principalmente deixa muito mais claro aspectos relacionados à NdC. Saber que Darwin era um experimentalista, que trocava informações com outros pesquisadores, que usava sua imaginação e seu conhecimento acumulado para lançar hipóteses para tentar responder a questões sobre a natureza é muito positivo. Os alunos relataram o quanto ficaram surpresos ao perceberem de maneira mais concreta esses aspectos e o quanto se sentiram valorizados, capazes de “fazer ciência” também.

6) A aplicação da SD produziu algum efeito sobre a tua concepção prévia acerca da utilização da História da Ciência no ensino?

Não, apenas serviu para reafirmar tudo aquilo que eu já pensava e reafirmar a convicção de sua importância e pertinência. Eu quero mais SDs que trabalhem com HC!

7) Escreva livremente o que mais achar necessário sobre a SD, o uso de História da Ciência no ensino e a experiência vivenciada com os alunos.

Um aspecto muito bacana que apareceu foi o fato de os alunos terem se sentido importantes em participar de uma pesquisa acadêmica (uma dissertação de mestrado) de terem se sentido valorizados por replicarem experimentos de alguém como Charles Darwin. Esse

aspecto da autoestima, da afetividade me parece fundamental para potencializar o aprendizado e valorizar as CN como um todo por parte dos alunos. Acho mesmo que toda prática pedagógica deve ter isso em mente: alunos motivados, envolvidos porque valorizados é fundamental.