

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

**Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Ciências e Matemática**



Dissertação

**O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA SOB A PERSPECTIVA DA
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO**

RENATA PORTUGAL OLIVEIRA

Pelotas, 2015

RENATA PORTUGAL OLIVEIRA

**O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA SOB A PERSPECTIVA DA
CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rita de Cássia M. Cóssio Rodriguez

Co-orientador: Prof Dr. César Jaeger Drehmer

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

O48e Oliveira, Renata Portugal

O ensino da evolução biológica sob a perspectiva da construção do conhecimento / Renata Portugal Oliveira ; Rita de Cássia Moren Cássio Rodriguez, orientadora ; César Jaeger Drehmer, coorientador. — Pelotas, 2015.

92 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Evolução biológica. 2. Construção do conhecimento. 3. Epistemologia genética. 4. Mudança conceitual. 5. Ensino-aprendizagem. I. Rodriguez, Rita de Cássia Moren Cássio, orient. II. Drehmer, César Jaeger, coorient. III. Título.

CDD : 575

Elaborada por Simone Godinho Maisonave CRB: 10/1733

Banca examinadora:

Profª Dr. Rita de Cássia M. C. Rodriguez- PPGECM-FAE-UFPEL – Orientadora

Profº. Dr. César Jaeger Drehmer – IB – UFPEL - Co-orientador

Profº Drº Bernadete Porto - UFC

Profº Drº Edison Zefa – PPGE- FAEM- UFPEL

Profª Drª Maria de Fátima Duarte Martins - PPGECM-FAE-UFPEL

Profº Drº Robledo Lima Gil - PPGECM-FAE-UFPEL

Dedicatória

Dedico este trabalho aos professores e professoras. Mulheres e homens que vivem de encorajar sonhos com o poder das palavras!

Agradecimentos

A Deus por estar presente em minha vida todos os dias abençoando meus passos e meus sonhos. Sem me deter a definições, eu sei que ele é a força que nunca me deixou desistir nos momentos em que eu me vi completamente sozinha.

Aos meus familiares pelo apoio e compreensão nestes dois anos nos momentos de ausência, preocupação e até mal humor. Cada um de vocês é fundamental em meu crescimento como ser humano. Obrigada por fazerem parte da minha vida.

À minha melhor amiga de quatro patas Pantufa, por me mostrar todos os dias que Darwin estava certo, ao afirmar que os outros animais assim como o homem também possuem emoções e sentimentos. Obrigada por me mostrar que a felicidade é um sentimento tão simples!

Aos professores Edimilson Porto, Gabriela Manske e Denise Silveira, amigos valiosos que estarão sempre no meu coração. Obrigada por todos os conselhos e momentos fraternos ao lado de vocês.

Aos colegas e amigos do LIFE e do OBEDUC Robledo Gil, Francele Carlan, Priscila Voigt, Caciele Gindri, Caroline Lopes e Raphaela Medeiros por fazerem parte de tantos momentos importantes nestes dois anos e tornarem meus dias afetuosos e divertidos.

Ao meu co-orientador e amigo Professor César Jaeger Drehmer por ser a pessoa que plantou a primeira semente para que este trabalho se tornasse uma realidade e por nossa amizade já de longa data que será sempre um dos melhores presentes que a vida me proporcionou.

À minha orientadora e também amiga professora Rita Cossio, exemplo de profissional e de educadora mas antes de tudo, exemplo de ser humano. Obrigada por aceitar este desafio que acredito mesmo sendo um trabalho simples, representou conhecimento e superação de limites para ambas. Agradeço por todos os momentos de afeto e também pelos “puxões de orelha” que contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

A CAPES pela bolsa, permitindo dedicar-me em tempo integral ao Mestrado buscando o aperfeiçoamento profissional na pesquisa e na docência.

Aos professores do PPGECM UFPEL, por acreditarem na escola como um espaço de formação, pesquisa, construção e troca de conhecimento.

Nunca acreditei em verdades únicas. Nem nas minhas, nem nas dos outros. Acredito que todas as escolas, todas as teorias podem ser úteis em algum lugar, num dado momento. Mas descobri que é impossível viver sem uma apaixonada e absoluta identificação com um ponto de vista. No entanto, à medida que o tempo passa, e nós mudamos, e o mundo se modifica, os alvos variam e o ponto de vista se desloca. (...)para que um ponto de vista seja útil, temos que assumi-lo totalmente e defendê-lo até a morte. Mas, ao mesmo tempo, uma voz interior nos sussurra: não o leve muito a sério. Mantenha-o firmemente, abandone-o sem constrangimento.

Peter Brook

RESUMO

OLIVEIRA, Renata Portugal. **O ensino da evolução biológica sob a perspectiva da construção do conhecimento.** 2015. 100f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

O ensino da evolução biológica é um dos mais complexos temas dentro do ensino de biologia, sendo considerado por muitos autores como o eixo que integra todos os conhecimentos estudados no campo biológico. Este trabalho objetivou investigar as possibilidades pedagógicas de uma prática que oportunize a construção de conhecimentos sobre a temática “Evolução Biológica” em uma turma de 1º ano do Ensino Médio Politécnico da rede Estadual de Pelotas-RS. A pesquisa apoia-se na Epistemologia Genética de Jean Piaget e na teoria que orienta o modelo de mudança conceitual. Caracteriza-se como uma pesquisa-ação, visando a constante reflexão sobre a prática pedagógica. A investigação foi realizada a partir de dez encontros com uma turma do 1º. Ano do Ensino Médio, para desenvolvimento de uma unidade onde foram utilizados diferentes recursos didáticos. Os trabalhos dos alunos foram registrados de forma individual e coletiva, com vistas ao acompanhamento de seus conceitos e construções. Os dados foram analisados numa abordagem qualitativa, envolvendo a Análise Descritiva das atividades desenvolvidas na turma e acompanhamento das aprendizagens e a Análise de Conteúdo, onde os trabalhos dos alunos, o diário de campo para acompanhamentos da prática e registros da construção de conhecimentos foram categorizados e teorizados.

Palavras-chave: Evolução Biológica; Construção do Conhecimento; Epistemologia Genética; Mudança Conceitual; Ensino-aprendizagem

ABSTRACT

OLIVEIRA, Renata Portugal. **The teaching of biological evolution from the perspective of knowledge construction.** 2015. 100f. Thesis (MS). Graduate Program in Science and Mathematics Teaching. Federal University of Pelotas. Pelotas.

The teaching of biological evolution is one of the most complex issues within the biology education and is considered by many authors as the axis that integrates all the knowledge studied in the biological field. This study aimed to investigate the pedagogical possibilities of a practice further opportunity to build knowledge on the theme "Biological Evolution" in a class of 1st year of the Polytechnic School of the State network Pelotas. The research relies on epistemological Genética of Jean Piaget and the theory that guides the conceptual change model. It is characterized as an action research aimed at constant reflection on the pedagogical practice. The research was carried out ten meetings with a group of the 1st. Year of high school, to develop a unit where different teaching resources were used. The work of students were registered individually and collectively, with a view to monitoring their concepts and constructs. Data were analyzed in a qualitative approach, involving the Descriptive Analysis of the activities developed in the classroom and monitoring of learning and content analysis, where the works of students, daily field to practice accompaniments and records the construction of knowledge were categorized and theorized.

Key words: Biological Evolution; Construction of knowledge; Genetic Epistemology; Conceptual change; Teaching and learning

Lista de Figuras

Figura 1: O naturalista Jean Piaget	35
Figura 2: O naturalista Charles Darwin.....	44
Figura 3: Rota da Viagem do Beagle.....	44
Figura 4: Ciclo de Investigação-ação.....	47
Figura 5: Quadro de instrumentos e eixos investigativos.....	49
Figura 6: Quadro-resumo dos conteúdos desenvolvidos na unidade didática	51
Figura 7: aula sobre fósseis e tempo geológico.....	56
Figura 8: aula sobre fósseis e tempo geológico.....	56
Figura 9: jogo sobre seleção natural.....	59
Figura 10: jogo sobre seleção natural.....	59
Figura 11: quadro-resumo das principais ideias sobre evolução biológica retiradas dos trabalhos realizados pelos alunos.....	60
Figura 12: subcategorias retiradas dos trabalhos realizados pelos alunos.....	66

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A: Instrumento para coleta de ideias prévias

Apêndice B: Instrumento de avaliação escrita final

Apêndice C: Termo de Consentimento livre esclarecido

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Artigo sobre o jogo “ A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas”

Anexo B: Atividade sobre fósseis

SUMÁRIO

1- Introdução.....	15
2 - A construção da pesquisa.....	16
2.1- Trajetória pessoal e profissional.....	16
2.2- O problema de pesquisa.....	20
2.3- As questões de pesquisa.....	21
2.4- Justificativa.....	21
2.5- Objetivos.....	22
2.5.1- Objetivo Geral.....	22
2.5.2- Objetivos Específicos.....	22
3 - O Percurso Teórico.....	23
3.1- O Estado do Conhecimento.....	23
3.2- Epistemologia Interacionista.....	25
3.3-Piaget.....	28
3.3.1 teoria da equilibração.....	33
3.4 - Breve histórico do Ensino de Biologia no Brasil.....	36
3.5 - Evolução Biológica e ensino.....	38
3.6 - Charles Darwin.....	41
3.7- Mudança Conceitual.....	45
4 – Aspectos Metodológicos.....	46
4.1- Contextualização da pesquisa.....	46
4.1.1- O cenário e os sujeitos da pesquisa.....	46
4.2- Método de Pesquisa.....	46
4.3- Procedimento e instrumentos de coleta de dados.....	48
4.4 – Método de análise dos dados.....	50
5- Análise Descritiva da Prática Pedagógica.....	50
5.1 Desenvolvimento da unidade didática e relato dos encontros.....	50
5.2 Concepções prévias e acompanhamento da aprendizagem sob o modelo de mudança conceitual.....	60
5.3 Análise de conteúdo: o que dizem as produções dos alunos.....	63

5.3.1 Categoria I: construção da prática pedagógica interacionista.....	64
5.3.2 categoria II: Mudança Conceitual e evolução biológica.....	66
5.3.2.1 Noção de evolução como mudança.....	67
5.3.2.2 Confusão entre os conceitos de adaptação e seleção natural.....	67
5.3.2.3 Convicção de que os indivíduos SE adaptam ao meio ambiente...68	
5.3.2.4. Abstração e a dificuldade de compreensão do tempo geológico...69	
6- O produto da dissertação.....	70
7 – Considerações Finais	71
Referências	
Apêndices	
Anexos	

1- Introdução

A presente dissertação, intitulada “ O Ensino de Evolução Biológica sob a Perspectiva da Construção do Conhecimento”, objetiva investigar as possibilidades pedagógicas de uma prática que oportunize a construção de conhecimentos sobre a temática “Evolução Biológica” em uma turma de 1º ano do Ensino Médio Politécnico.

A opção pelas teorias que fundamentam a perspectiva interacionista se justificam na medida em que busca-se investigar os processos de construção de conceitos dos alunos, as ideias que apresentam e sua reorganização ao longo da unidade didática e, ainda, como organizar uma prática pedagógica que possibilite as mudanças conceituais, ultrapassando os limites da transmissão de conteúdos e aproxime os estudantes dos conhecimentos científicos, a partir de suas próprias concepções, ampliando-as e modificando-as de forma reflexiva.

O texto encontra-se dividido em sete capítulos, assim estabelecidos. O primeiro apresenta uma breve introdução, localizando o leitor no proposto. O segundo capítulo aborda o processo de construção da pesquisa, enfatizando a trajetória pessoal e profissional da pesquisadora, o delineamento do problema e das questões de pesquisa, apresentando ainda, a justificativa e os objetivos do trabalho. O terceiro capítulo descreve o percurso teórico percorrido para embasar o estudo, dividido em tópicos obedecendo a seguinte ordem: epistemologia genética, Piaget e a construção do conhecimento, breve histórico do ensino de biologia no Brasil, evolução biológica e ensino, Charles Darwin e a viagem do Beagle e por fim aspectos da teoria da mudança conceitual.

No quarto capítulo os aspectos metodológicos são organizados iniciando pela contextualização da pesquisa, abordando o cenário do estudo, bem como os sujeitos pesquisados. Após, faz-se uma breve apresentação do método de pesquisa escolhido, qual seja, a pesquisa-ação. Em seguida descreve-se o procedimento e os instrumentos de coleta de dados e discute-se a metodologia de análise de dados. No quinto capítulo estão descritos, tabelados e discutidos os resultados, bem como as suas categorizações. A partir da triangulação dos dados, foram estabelecidas duas categorias de análise, a saber: Categoria I: construção da prática pedagógica

interacionista; categoria II: Mudança Conceitual e evolução biológica. A primeira categoria compreende o percurso, desafios e análises do percurso percorrido na organização da prática pedagógica a ser desenvolvida na unidade didática e a segunda, detalhar e analisar os conceitos dos alunos, prévios, no decorrer e ao final da prática, à luz do Interacionismo Piagetiano e da teoria da mudança conceitual, aliados as análises da teoria da evolução. No sexto capítulo descreve-se a formatação do produto da dissertação e por fim no sétimo capítulo discorre-se as considerações finais acerca do percurso da pesquisa.

2 - A construção da pesquisa

2.1. Trajetória pessoal e profissional.

Neste capítulo altera-se o tempo verbal, tendo em vista seu contexto autobiográfico. Nos demais, retoma-se a organização apresentada na Introdução.

Não sonhei desde a infância em ser professora. Queria ser bailarina de uma grande companhia de dança e me apresentar em um palco repleto de pessoas me aplaudindo. Estar rodopiando em volta do corpo era uma maneira de relaxar, já que desde que me conheço por gente tenho uma cabeça que não para de pensar. Pensa o porquê de tudo e de forma agitada, querendo respostas rápidas. Logo, dançar sempre foi uma forma de me desprender da mente, mas pensar também me faz muito feliz. Analisando sobre o porquê fiz uma licenciatura e porque estou em um mestrado em ensino, chego à conclusão de que tudo o que tenho e tudo o que sou, devo a minha ligação com a escola, com o conhecimento e com essa mania de pensar sobre tudo. Podemos acreditar na educação de diferentes perspectivas, a minha é de alguém que teve o próprio destino transformado por ela. Nada melhor do que agradecer, me envolvendo e defendendo meus pontos de vista. Se serei uma boa professora ou não, só o tempo irá dizer, mas uma coisa é certa: eis aqui um ser humano que acredita no poder da educação. Sob todos os aspectos e direções a educação é a força maior que o ser humano tem, para desabrochar humanidade em si mesmo e no outro. Pelo menos eu acredito profundamente nisso.

Volto no tempo e as lembranças surgem devagar... lembro de minha mãe, mulher humilde e com poucos anos de estudo me ensinando a escrever antes de eu entrar para a escola. Foi ela quem me presenteou com meu primeiro livro. Um

almanaque do Pica-Pau cheio de desafios os quais completei com facilidade e rapidez. Eu devia ter uns cinco anos e já sabia ler e escrever textos relativamente longos. Nessa época, meus pais trabalhavam e era uma de minhas irmãs que cuidava de mim. Sou a caçula de oito filhos. Certo dia apareceu um senhor vendendo alguns livros e minha irmã insistiu até que meu pai comprasse dois para ela. Eram livros grandes e cheios de imagens. Um deles é um Atlas Geográfico Mundial que guardo até hoje. À noite, quando meus pais saíam para trabalhar eu insistia até que ela me emprestasse o “livro grande” para eu ver. Abria no meio do tapete da sala e ficava olhando para ele atentamente por alguns minutos. Assim nasceu a minha paixão pelos livros e que só cresce a cada dia.

A educação em casa era rígida, conto nos dedos de uma mão as vezes que recebi um elogio de meus pais. Estudar era uma obrigação, tirar nota boa também e embora eu não me sentisse obrigada e sim motivada, já adolescente me sentia deslocada, como se não pudesse ser eu mesma. Eu não tinha a menor vontade de aprender afazeres domésticos, achava tudo uma perda de tempo e não concordava que meu pai desse as ordens em casa, já que quem ficava junto de mim era sempre minha mãe. Na escola era tudo diferente, a maioria dos professores simpatizava muito comigo e me colocava nos grupos de alunos com dificuldades para ajudá-los. Sempre ouvia que eu poderia ser o que quisesse quando me tornasse adulta, geralmente médica ou advogada. Minhas professoras eram uma inspiração para mim. Elas eram bonitas, inteligentes, falavam corretamente, dirigiam. Andavam sempre com uma pilha de livros e tinham outras preocupações, como por exemplo, a política do país e a educação dos alunos. Eram sempre muito ocupadas e ainda assim estavam lá, todos os dias a 8h da manhã, a maioria sorrindo!

Meu ensino médio foi um período conturbado. A escola na qual estudei tinha uma filosofia bastante competitiva, mas eu não tinha motivação para competir por nada pois todas as atividades giravam em torno de tecnologias e cálculos, meus pontos fracos como estudante. Inúmeras vezes pensei em trocar de escola, mas não o fiz. Apesar de tudo, meus professores eram excelentes e muitos se esforçavam para mudar a lógica da escola que era prioritariamente profissionalizante. Participei de um grupo de literatura com outros alunos onde declamávamos poesias gaúchas em eventos. Foi o máximo de integração que consegui. Concluí o ensino médio em

2006, com uma estranha sensação de tristeza e de alívio ao mesmo tempo de que aqueles três anos passaram por mim e eu nem vi.

Depois de passar por alguns meses sem estudar e de superar alguns problemas pessoais, em 2007 decidi voltar a sonhar com a universidade. Enquanto a maioria dos estudantes se preocupava com a redação, eu me sentia despreparada para realizar as provas que envolviam cálculos e por isso decidi fazer um curso pré-vestibular. Foi um ano de muito aprendizado e motivação. O curso fazia parte de um projeto popular e tinha como perfil alunos de baixa renda, ou seja, pessoas que como eu, vinham de uma família humilde e queriam ingressar em um curso superior. Ao final do ano, prestei vestibular para Licenciatura em Ciências Biológicas e consegui finalmente entrar na universidade.

Iniciei meus estudos em biologia na Universidade Federal de Pelotas no ano de 2008. Logo no segundo semestre comecei a participar como colaboradora em um projeto de iniciação científica sobre comportamento e bioacústica de grilos (Insecta, Orthoptera, Grylloidea) no Laboratório de Zoologia de Invertebrados, sob a orientação do Prof^o Dr^o Edison Zefa. Durante os quase dois anos em que atuei no projeto, construí minha base de aprendizado. Aprendi procedimentos essenciais ao pesquisador como ir a campo, observar, anotar, coletar dados, analisar tabelas e gráficos, organizar o material de um laboratório além de aspectos relacionados a ética do trabalho científico e da transparência nas relações de trabalho em um grupo de pesquisa. Foi aqui, acompanhando o envolvimento do meu então orientador com seu trabalho que se desenhava a vontade de ser professora. Em 2009 fiquei sabendo de um edital com possibilidade de bolsas em um projeto na área de educação. Depois de conversar e ter total apoio do professor com quem trabalhava, decidi me inscrever e acabei selecionada.

O Programa Nacional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) tem o objetivo de fomentar a formação de alunos das licenciaturas e para isso, nosso grupo deveria desenvolver projetos disciplinares e interdisciplinares em escolas participantes do projeto. Após algumas reuniões, o grupo da biologia decidiu organizar um projeto em comemoração ao bicentenário de nascimento de Charles Darwin, o qual representou um grande desafio para mim, pois tinha apenas dois semestres de curso concluídos e ouvia colegas e professores o exaltarem como o nome mais importante dentro das Ciências Biológicas, no entanto, eu pouco

lembrava da sua figura. Pedi auxílio ao meu orientador e ele recomendou que eu conversasse com o professor César Drehmer, também zoólogo daquele departamento. As palavras do professor César ao contar os feitos de Darwin me causaram uma grande inquietação. Desde então, a cada semestre que avancei no curso, me senti mais instigada a pesquisar sobre o tema em livros, na internet e propor algumas sugestões para a sua abordagem no ensino, incluindo meu Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Caminhando pelas Páginas da Evolução: análise do tema evolução biológica em livros didáticos e a resignificação da literatura científica na sala de aula” no qual investiguei número de páginas, conceitos e imagens utilizados em livros didáticos de ensino médio para o conteúdo de evolução biológica, além de propor a utilização de ensaios de divulgação científica do biólogo evolucionista Stephen Jay Gould, nas aulas de biologia, como material paradidático. O resultado foi extremamente compensador e decidi continuar minha busca no mestrado. Posso dizer que estudá-la mudou minha visão sobre a biologia e sobre o meu papel como profissional diante da sociedade.

Ensinar evolução além de um prazer é também um dever de qualquer professor que trabalha com esta ciência. No entanto em minha caminhada, percebi que faltam metodologias para trabalhar um assunto tão desafiador com alunos de ensino médio. Mais desafiador ainda é para o professor, aliar um ensino de biologia contextualizado a partir da evolução dos seres vivos com a sua prática voltada à construção do conhecimento. Se por um lado parece uma proposta ousada, por outro penso ser a maneira mais adequada em fazê-lo. Um ensino de biologia evolutiva baseado apenas na transmissão e reprodução do conhecimento não possui as bases necessárias para a sua total compreensão.

Paralelo aos estudos nas áreas mais específicas da biologia como já mencionei desde os primeiros passos que dei no curso o ensino sempre me encantou. Não faço distinção entre professor e pesquisador. Penso que a biologia é uma ciência que se volta naturalmente a pesquisa, de modo que nunca enxerguei maneira melhor de ensiná-la que não fosse aliando a pesquisa e o ensino. Ambos são uma extensão de como uma sociedade pode construir e se apropriar do conhecimento. Embora eu tenha encontrado muitos colegas de profissão que tem opinião contrária, enfatizando a distância entre o professor que está na escola e o professor que está na universidade, este último apontado como sendo o “legítimo”

pesquisador, encontrei aporte teórico nas palavras de Paulo Freire em *Pedagogia da Autonomia*: “*Não há pesquisa sem ensino e ensino sem pesquisa. Esses que-fazer-se encontram um no corpo do outro. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo.*”

Desta forma, durante toda a graduação, sempre gostei de estar envolvida em diferentes projetos com diferentes experiências e propostas de ensino. Ao longo de todas estas vivências que tive o privilégio de ter, diversas dúvidas sobre o ensino e o exercício da docência também passaram a inquietar a minha mente. Uma delas é a questão epistemológica do conhecimento e a sua relação com o ensino.

A figura de um professor construtivista e interacionista, que tenha múltiplos conhecimentos e saiba ensinar a seus alunos de forma interdisciplinar é apresentada aos graduandos como sendo o perfil do professor ideal, ou seja, aquele que se opõe ao ensino tradicional. Em que pese estas informações, a ideia de que o Interacionismo é uma concepção de conhecimento, não uma indicação explícita para a prática, cabendo ao docente a sua construção e organização didática, levantava mais questionamentos que indicativos. Estas dúvidas, que percorreram o tempo de formação se mantiveram e se evidenciaram na busca pelo mestrado. É possível preparar uma aula com metodologias a partir dos pressupostos interacionistas? Trabalhar na perspectiva da construção do conhecimento é necessariamente ministrar uma aula diferente do tradicional? O aluno só constrói conhecimento no espaço formal de aprendizagem? A construção do conhecimento é apenas uma metodologia diferente da aula tradicional ou uma concepção de como se dá o conhecimento? Estas e outras questões ficaram pendentes durante minha formação acadêmica e, pensando que são questões que também desafiam a outros professores no ensino da biologia, optei por relacionar o tema específico ao campo educacional e investigar estratégias didático-metodológicas para o ensino de evolução biológica em uma perspectiva de construção do conhecimento. A partir daqui, abordo a justificativa da pesquisa, as questões investigativas e seus objetivos.

2.2. O problema de pesquisa

As trajetórias e as questões postas em seu decorrer, levaram-nos a buscar, através da pesquisa-ação, atender a seguinte questão: É possível construir uma prática pedagógica que oportunize a construção dos conhecimentos sobre a

temática de Evolução Biológica, em uma turma de 1º. ano do Ensino Médio Politécnico?

2.3. As questões de pesquisa

Deste questionamento, originaram-se as seguintes questões:

Quais as concepções prévias dos alunos sobre o tema Evolução Biológica em uma turma de 1º ano do Ensino Médio Politécnico do Colégio Estadual Dom João Braga?

Quais as principais dificuldades dos alunos do 1º ano do Ensino Médio Politécnico do Colégio Estadual Dom João Braga na compreensão do tema Evolução Biológica?

Como viabilizar uma prática pedagógica sobre o tema Evolução Biológica, que privilegie a construção de conhecimentos?

O uso de metodologias diferenciadas de ensino oportunizam a construção do conhecimento e o esclarecimento das dificuldades apresentadas inicialmente pelos alunos?

Quais as principais dificuldades enfrentadas pela professora-pesquisadora para ensinar o tema Evolução Biológica de forma voltada a oportunizar a construção do conhecimento dos alunos, bem como refletir constantemente sobre a sua prática?

2.4. Justificativa

Tradicionalmente, a pesquisa tem sido focada nos aspectos científicos de seu processo, tais como, metodologias, análises, resultados, estruturada considerada complexa quando investigamos o processo pedagógico e o fazer docente. A realidade de sala de aula, a construção de saberes pelos alunos, a partir de seus conhecimentos prévios, culturas e vivências pessoais, assim como os caminhos diferentes tomados por professores em seu ensino, são percursos mutantes e de difícil enquadramento em uma estrutura pré-estabelecida.

De outra parte, a reflexão sobre o processo pedagógico e o fazer docente, urgentes e necessários, podem e devem ser foco de investigação e considerados como produções científicas válidas para o mundo acadêmico. Assim, considera-se

que investigar a construção do conhecimento, tendo como foco o acompanhamento dos processos de ensino e aprendizagem individuais e coletivos, é de suma importância para que o professor, também pesquisador, possa refletir e reorganizar a sua prática constantemente.

No que diz respeito ao ensino de evolução biológica no atual contexto do ensino de biologia, esta temática organiza e centraliza todo o conhecimento biológico. Ainda assim, para Gould (1997), o conceito de evolução biológica é o mais importante e também o mais mal compreendido. Desta incompreensão, resta uma biologia ensinada de forma fragmentada, descontextualizada onde os alunos não conseguem visualizar a evolução das formas de vida no tempo e no espaço. Baseado nestas questões, julga-se que a investigação aqui proposta possa levantar dados importantes, relevantes e principalmente úteis, especialmente aos professores de biologia.

2.5. Objetivos

2.5.1- Objetivo Geral

Diante das colocações feitas o objetivo geral desta pesquisa assim se define: investigar o ensino e a aprendizagem do tema evolução biológica, em uma perspectiva de construção do conhecimento em uma turma de 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública no município de Pelotas-RS.

2.5.2- Objetivos Específicos

Partindo do objetivo geral, constituem-se em objetivos específicos desta pesquisa:

- Coletar as concepções prévias dos alunos sobre evolução biológica;
- Discutir junto aos alunos o conceito de evolução biológica e suas implicações na ciência moderna;
- Oportunizar a construção de conceitos sobre evolução biológica, priorizando o resgate histórico do pensamento evolutivo;
- Possibilitar informações sobre a história de vida de Charles Darwin enfatizando sua Viagem a bordo do H.M.S Beagle e suas descobertas, através de atividades que

auxiliem na construção de conceitos e compreensão de como um pesquisador realiza suas investigações;

- viabilizar uma prática pedagógica sobre o tema Evolução Biológica, que privilegie a construção de conhecimentos;

- Acompanhar o aprendizado dos alunos de acordo com o modelo de mudança conceitual;

- Avaliar se as metodologias utilizadas na unidade didática se constituem em recursos apropriados ao ensino da evolução biológica numa perspectiva epistemológica construtivista;

- Registrar o percurso e principais dificuldades enfrentadas pela professora-pesquisadora para ensinar o tema Evolução Biológica de forma voltada a oportunizar a construção do conhecimento dos alunos, bem como refletir constantemente sobre a sua prática.

3 - O Percurso Teórico

Este capítulo aborda os principais autores que sustentam o referencial teórico do estudo. Apresenta-se uma breve descrição sobre a Epistemologia Interacionista e seus pontos de vista sobre como se dá o conhecimento. Em seguida discorre-se sobre o construtivismo de Jean Piaget, principal teórico que apoia este estudo. Após, uma breve discussão acerca do histórico do ensino de biologia no Brasil seguindo com colocações a respeito da evolução biológica como eixo norteador do ensino de biologia. Segue um breve resumo sobre a vida e obra de Charles Darwin, naturalista britânico escolhido para ser o foco da unidade didática, com destaque para a viagem que realizou a bordo do H.M.S Beagle e suas descobertas sobre a evolução. Por fim explica-se o que é o modelo de Mudança Conceitual e qual a sua relação com o interacionismo.

3.1- O Estado do Conhecimento

Apresenta-se uma relação das obras escolhidas para esta dissertação de forma geral em todas as áreas do conhecimento descritas ao longo do trabalho. Não são listadas e comentadas todas as produções científicas, pois o trabalho envolve

temas como por exemplo construção do conhecimento e epistemologia interacionista, ambos assuntos impossíveis de se esgotar na literatura. Os trabalhos foram retirados do portal periódicos CAPES e do site google acadêmico, tendo o cuidado de tratar-se de pesquisas de dissertações, teses ou estarem devidamente publicados em revistas indexadas. Este estudo, constituído como “estado da arte”, é importante para situar a temática a ser estudada, bem como analisar os percursos das pesquisas desenvolvidas sobre o tema. Este primeiro tempo, coloca o pesquisador em contato com o campo em estudo, as produções relacionadas e as obras mais citadas pelos estudiosos nas temáticas selecionadas.

AGUIAR, O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. **Ensaio - Pesquisa em educação em ciências**. V. 03, n°1. 2001.

ARRUDA, S.M; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.11,n2: p.88-99, ago.1994.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil,1991.

BIZZO, N. Ciências biológicas. **Um pouco de história brasileira das ciências biológicas no Brasil**. < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf> >.

BORGES, R.M.R; VALDEREZ, M.R.L; Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 6 N° 1,2007.

CARNEIRO, A.P.N; **A Evolução Biológica aos olhos de Professores Não-Licenciados**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis 2004.

EL-HANI, C. N; BIZZO. N. Formas de Construtivismo: teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2000.

GOEDERT, L. **A Formação do Professor de Biologia e o Ensino da Evolução Biológica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

KESSELRING, T. **Jean Piaget**. Tradução de Antônio Estevão Allgayer e Fernando Becker. Petrópolis: ed. Vozes, 1993.

KEYNES.R. **Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle**. Rio de Janeiro. Ed. Jorge Zahar,2004.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica: atitudes de alunos da educação básica**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

SILVEIRA, F.L. A Teoria do Conhecimento de Kant: o idealismo transcendental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, número especial: p. 28-51, jun. 2002.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

3.2- Epistemologia Interacionista

Construtivismo significa isto: a ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado - é sempre um leque de possibilidades que podem ou não ser realizadas. p.72

Fernando Becker

A maneira como o homem se apropria do conhecimento, é objeto de discussão desde os tempos mais antigos na história humana. Na Grécia Antiga, os filósofos gregos já se preocupavam em descobrir como se dá o conhecimento. Desde essa época, duas correntes de pensamento foram por muito tempo hegemônicas entre as teorias do conhecimento: o empirismo e o racionalismo.

O empirismo postula que o conhecimento está “fora do ser humano”, ou seja, nos objetos externos ao homem. Portanto, para esta corrente epistemológica o

ser humano se apropria do saber através dos sentidos. A experiência ou experimentação era enfatizada pelos empiristas e seus resultados encarados como a fonte segura de todo o conhecimento (SILVEIRA, 2002). Entre os pensadores empiristas mais conhecidos estão Francis Bacon, John Locke e David Hume.

O racionalismo, corrente epistemológica contrária ao empirismo argumenta que o conhecimento está na razão humana. Por esse motivo também é conhecida como inatismo. Segundo o racionalismo, o ambiente físico tem as representações necessárias para auxiliar nas “lembranças” deste conhecimento que, segundo René Descartes, um de seus maiores defensores, está inato na alma. Esta corrente é representada por René Descartes, Baruch Spinoza e Gottfried Wilhelm Leibniz.

Para o filósofo Immanuel Kant (1724-1804), empirismo e racionalismo não explicavam de forma suficiente como o homem adquire conhecimento. Ele propôs então uma teorização onde o conhecimento parte da experiência (empirismo), mas é organizado por condições *a priori* existentes no próprio homem (racionalismo) (SILVEIRA, 2002). Em suma, pode-se entender que para Kant, o conhecimento se dá em uma conexão entre a experiência e a reflexão, esta última realizada pela razão humana e Kant, portanto, é o primeiro a defender uma epistemologia interacionista na qual o conhecimento se dá na interação entre sujeito e o objeto, não sendo em sentido unidirecional (SILVEIRA, 2002). Mais tarde o biólogo Jean Piaget (principal teórico deste estudo, o qual será aprofundado em um capítulo a parte) por meio de suas pesquisas, muitas delas voltadas ao desenvolvimento da criança, estuda de forma mais detalhada as ideias de Kant, sob o olhar da biologia e da estrutura cognitiva do sujeito. Como naturalista de formação e psicólogo como consequência, os mecanismos de adaptação ao meio utilizados pelo homem passam a interessar sobremaneira seus estudos. Para o autor, como seres biológicos e por esta via estruturados, utilizamos a inteligência como fator de adaptação, criando ou reorganizando os meios com os quais contamos para conseguir superar obstáculos e desafios.

Piaget, inicialmente dedica-se a organizar conceitos oriundos da biologia, relacionando-os com os processos de desenvolvimento da inteligência. Apresenta, neste ponto, conceitos como fenocópia, adaptação, equilíbrio, estrutura, esquema, que mais adiante, se constituirão nos fundamentos de sua epistemologia

genética, a qual situa não por aderir as ideias racionalistas, mas no sentido de “gênese”, origem, início e desenvolvimento.

Após circular seus estudos em suas primeiras obras sobre o desenvolvimento da linguagem e no desenvolvimento da moral, define-se Piaget pelo estudo do desenvolvimento cognitivo, cujos aspectos foram objeto da sequência de seus escritos, em obras tais como: o nascimento da inteligência na criança, a formação do símbolo na criança, a construção do real na criança, entre outras, que se tornaram marcantes no aprofundamento dos conceitos por ele estabelecidos.

Utilizando o “método clínico” como abordagem de investigação, construía formas de contato com crianças e de apresentação de temáticas, cujo rumo de respostas seguiam o curso estabelecido pela própria criança, resultando em achados dos mais impressionantes sobre o desenvolvimento e em construtos que o tornaram conhecido, até de forma simplista por vezes, tais como as etapas do desenvolvimento.

Além destes pontos já conhecidos e divulgados da sua obra, parece-nos que as reais descobertas piagetianas ainda carecem de análise aprofundada por quem se dedica ao estudo do sujeito e seus processos de construção de conceitos. Na mesma sequência de superficialidade, podemos citar termos como assimilação, adaptação, equilíbrio, estrutura, abstração que, em nosso entender, sem o devido aprofundamento teórico, podem instituir entendimentos confusos de sua teoria e definir práticas pedagógicas aligeiradas, ou baseadas em “receitas construtivistas”.

Para Piaget o conhecimento é construído em uma interação entre a estrutura cognitiva que se forma no sujeito e o objeto a ser compreendido. A partir de Piaget a epistemologia interacionista ou construtivista¹ passou a ser discutida por diversos teóricos e ainda é hoje o grande referencial das pesquisas nas ciências humanas, sobretudo na educação. É importante destacar que as teorias do conhecimento aqui abordadas não seguem uma linha de progresso, ou seja, o interacionismo não é uma teoria melhor ou mais avançada do que o empirismo e o racionalismo. Pretende-se apenas refletir as implicações destas teorias na história e na filosofia do pensamento científico além de contextualizar o leitor para que este possa entender a

¹ O termo construtivista refere-se de forma mais direcionada a Piaget, porém outros teóricos basearam suas pesquisas no interacionismo como Vigotski e seu interacionismo sócio-histórico e Ausubel na aprendizagem significativa.

abordagem teórica que sustenta a pesquisa deste trabalho. Diversas áreas das ciências exatas e naturais se utilizam da experimentação sistematizando seus estudos no modo empirista. A biologia é uma das ciências mais voltadas ao empirismo. O racionalismo por sua vez, está presente nas ciências exatas como por exemplo, no caso da matemática que usa leis para generalizar determinado conhecimento. Ambas formas de organizar uma investigação podem contribuir com novidades para a ciência.

No que se refere as discussões sobre correntes epistemológicas no campo da educação, ao longo das últimas décadas, o ensino tem sido questionado com base em teorias que defendem a epistemologia interacionista como sendo a forma como se dá o conhecimento. Dentre as teorias que representam o interacionismo destaca-se o construtivismo, versado pioneiramente por Jean Piaget e defendido por vários autores também estudiosos da teoria e que, assim como Piaget, acreditam que o sujeito só aprende construindo conhecimento (BECKER, 2001). O termo “construtivismo” remete à teoria de Piaget, também conhecida como Epistemologia Genética, mas outros autores também são representantes da corrente de pensamento interacionista, dentre eles Lev Vigotsky, David Ausubel e Gaston Bachelard. Estes últimos não fazem parte do referencial teórico desta pesquisa sendo citados apenas para registro dos nomes mais importantes dentro da corrente interacionista, junto a Jean Piaget. Importante destacar que Piaget não desconsidera a experiência, mas a situa como um dos fatores para o desenvolvimento da inteligência, assim como a maturação biológica, a transmissão social e a equibração, esta última organizando as demais.

3.3 - Piaget

A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe.

Jean Piaget

Jean Piaget nasceu em 9 de agosto de 1896, na cidade de Neuchâtel na Suíça. Filho de Arthur Piaget, professor de literatura e de Rebeca-Suzanne, psicóloga, recebeu educação voltada para o âmbito intelectual desde menino. A

convivência de Jean com o pai agnóstico e com a mãe luterana, fez nele brotar ainda jovem um conflito entre o pensamento científico e a doutrina religiosa (KESSEIRING,1993) o qual percebe-se sutilmente nas escolhas que fez no decorrer de sua vida. Naturalista de formação, sua maior inquietação durante a trajetória profissional foi a de descobrir como o ser humano adquire o conhecimento, como este se apropria do saber. Sua busca por respostas perpassou a biologia evolutiva, a filosofia e a psicologia social.

A vasta produção bibliográfica de Piaget contribuiu para diversas áreas do conhecimento como a biologia, a psicologia, a neurociência, a pedagogia e inclusive a matemática, mais especificamente no campo da álgebra. Mais tardiamente sua teoria construtivista do conhecimento alcançaria os professores, estudiosos da educação e do papel da escola para com a sociedade como consistência científica de uma necessidade: a quebra do paradigma de uma escola tecnicista, que formava indivíduos aptos a cumprir tarefas e deficientes em criar soluções e adaptar-se a diferentes situações. Embora suas pesquisas girassem no âmbito da ciência pura e seus resultados fossem contextualizados em diferentes áreas, mérito que o fez segundo (KESSEIRING,1993), um “atravessador”, a veia biológica custou a Piaget uma série de críticas em torno de suas concepções cognitivistas. A Revolução Socialista Russa da qual Piaget foi contemporâneo e posteriormente a sua expansão por diversos países do mundo, trouxe à tona um olhar no sujeito como ser social, pluralizado e constituído a partir do ambiente social e cultural. Um olhar de diferente perspectiva, que veio a contribuir significativamente aos estudos sobre a epistemologia do conhecimento. O autor reconhecia a importância do meio social, tanto que o próprio a explica em Piaget *apud* Loss e Sant’Ana (2010, p. 147),

A sociedade é a unidade suprema, e o indivíduo só chega às suas invenções ou construções intelectuais na medida em que é sede de interações coletivas, cujo nível e valor dependem naturalmente da sociedade em conjunto. O grande homem que parece lançar novas correntes é apenas um ponto de intersecção ou de síntese de ideias elaboradas por cooperação contínua.

Aqui, fica claro o entendimento do autor quanto ao fato de que a interação e a construção de ideias e valores no âmbito da coletividade refletem diretamente no desenvolvimento do conhecimento e da autonomia individual do sujeito.

Piaget considera que o conhecimento não é pré-formado no indivíduo, nem produto de imposições do meio, mas resultado das interações que o sujeito irá estabelecer.

Para o autor, em “O nascimento da inteligência na criança”(1970, pág. 15)

A inteligência é uma adaptação. Para apreendemos as suas relações com a vida em geral, é preciso, pois, definir que relações existem entre organismo e meio ambiente. Com efeito, a vida é uma criação contínua de formas cada vez mais complexas entre essas formas e o meio.

Considerando a inteligência um caso particular da adaptação biológica, supõe que funciona e se organiza tal como o organismo ao estruturar o meio. Refere-se, ainda, à existência de elementos variáveis e invariáveis no desenvolvimento mental, sendo que no quadro de funcionamentos invariáveis incluem-se as duas funções biológicas mais amplas: adaptação e organização.

A concordância do pensamento com as coisas e a concordância do pensamento consigo mesmo exprimem essa dupla invariante funcional da adaptação e da organização. Esses dois aspectos do pensamento são indissociáveis: é adaptando-se às coisas que o pensamento se organiza e é organizando-se que estrutura as coisas (idem, pág. 19).

Piaget fala de uma lógica, estruturada paulatinamente por um processo endógeno (auto-regulado) de reelaboração progressiva. Os conflitos, desequilíbrios e desafios próprios da interação permitem ao sujeito reconstruir suas estruturas internas em níveis mais evoluídos. Assim, todo conhecimento está vinculado a uma ação, em que na passagem da ação à operação, intervêm dois mecanismos: abstração e generalização.

Em relação à abstração, distinguem-se duas espécies: empírica e reflexionante. Na abstração empírica, os dados são obtidos do que foi extraído da experiência física, possibilitando à criança abstrair informações das características dos objetos e das próprias ações. Por outro lado abstração reflexionante tem sua base nas ações coordenadas entre si e nas operações realizadas sobre os objetos; consiste em extrair de um sistema de ações estabelecidas num nível inferior, características estruturais que, reorganizadas pela reflexão, dão lugar a novas relações lógicas, o que aumenta o poder auto-regulador das estruturas. Esta

abstração está na base da tomada de consciência que possibilita a ascensão ao nível da operação.

O segundo mecanismo, segundo Piaget, que intervém na passagem da ação à operação é o da generalização, que possibilita a compreensão da extensão e da ordem de sucessão dos esquemas e assegura a atualização das possibilidades já conquistadas.

Em suma, para o autor, o processo psicogenético resulta de um mecanismo psicológico, a abstração reflexionante, que não apresenta um início absoluto, mas que subordina os processos progressivos da razão e da aprendizagem, os quais são permeados por equilíbrios e desequilíbrios, numa permanente reconstrução endógena.

A partir da superação de contradições e perturbações, coordenação das ações e abstrações, equilíbrios provisórios, novos desequilíbrios... o sujeito avança, alcançando patamares cada vez maiores de conhecimento, tendo em vista que o sistema cognitivo apresenta mecanismos reguladores para garantir sua conservação, que visam reequilibrá-lo a cada perturbação.

A inteligência, para Piaget, é uma atividade organizadora, pois diz respeito à construção progressiva de relações a partir das quais os objetos podem ser compreendidos e significados. Considera assimilação e acomodação como processos explicativos do funcionamento da inteligência que são complementares à adaptação.

O autor situa assimilação como um processo funcional de integração de elementos novos a esquemas já construídos e acomodação como uma diferenciação, uma modificação dos esquemas para que o sujeito possa assimilar as situações novas. Ao equilíbrio entre assimilação e acomodação, refere-se como adaptação.

Esses processos, funcionais e invariantes, são desencadeados através dos desafios colocados pelo meio, na medida em que o sujeito age sobre ele, organizando internamente os elementos retirados da experiência. As mudanças estruturais provocadas permitem novos intercâmbios com o meio e possibilitam a reequilibração cognitiva. Sucedendo-se estados de equilíbrio e desequilíbrio, os conhecimentos são construídos e a cada equilibração, falamos em equilibração maximizadora ou majorante.

Segundo Piaget, equilíbrio maximizadora é a expressão destes dois mecanismos gerais, envolvendo a equilíbrio, por reconstruções endógenas e a superação, mediante reorganização, envolvendo novas combinações e novos elementos extraídos dos sistemas anteriores. No processo equilíbrio/ desequilíbrio ocorrem os chamados “erros”, aqui referidos como erros construtivos, por estarem evidenciando um modo de pensar momentâneo que será removido pelo próprio ato de pensar. Tais erros, constituindo-se como hipóteses, permitem sua superação e, portanto, o avanço cognitivo.

Como afirma Lajonquiére (1993, pág. 74):

Neste sentido, pode-se dizer que ter sucesso nas aprendizagens não é nada mais e nada menos do que conseguir remover, após marchas e contramarchas, os erros construtivos.

A superação do erro, com o progresso na construção, é solidária a uma “tomada de consciência”. A cada construção, segue-se uma tomada de consciência, significando reconstruções convergentes com superações a partir das quais o sujeito passa a ter consciência daquilo que se apresenta como resultado e mantém, no “inconsciente cognitivo”, os mecanismos íntimos que o estruturaram.

O processo de construção do conhecimento é comandado, portanto, por um funcionar inconsciente, que será revelado quando as estruturas inconscientes forem desafiadas, provocando a busca de novos meios e a progressiva tomada de consciência.

Em resumo, os conflitos e perturbações desencadeiam, no sistema cognitivo, processos reequilibradores (assimilação e acomodação). A cada equilíbrio, acontece uma nova construção em patamares maiores (majorantes) e a tomada de consciência dos resultados da ação. Uma vez que os mecanismos próprios da ação permanecem no inconsciente cognitivo, será preciso uma nova perturbação que provoque novos desequilíbrios.

As críticas a Piaget não foram maiores do que a influência que sua teoria alcançou a pesquisadores do mundo inteiro, de diferentes áreas, contemporâneos e sucessores. Lev Vigotsky, autor da teoria sócio-histórica escreveu um capítulo de seu livro “ Pensamento e Linguagem”, destacando a importância e o pioneirismo de Piaget nos estudos sobre a aprendizagem.

Em lugar de enumerar as deficiências do raciocínio infantil quando comparado com o dos adultos, Piaget centrou a atenção nas características distintivas do pensamento das crianças, quer dizer, centrou o estudo mais sobre o que as crianças têm do que sobre o que lhes falta. (...) Como muitas outras grandes descobertas, a ideia de Piaget é tão simples que parece evidente. Já tinha sido expressa nas palavras de Rousseau, citadas pelo próprio Piaget, segundo as quais uma criança não é um adulto em miniatura e o seu cérebro não é um cérebro de adulto em ponto reduzido. Por detrás desta verdade, que Piaget escorou com provas experimentais, está outra ideia simples a ideia de evolução, que ilumina todos os estudos de Piaget com uma luz brilhante. (VIGOTSKY, 1934. p.11-12)

O legado deixado por Piaget, é um dos mais ricos existentes na literatura científica. Com tantos experimentos e publicações do autor que é o principal eixo teórico de ensino e aprendizagem que embasa esta pesquisa, buscou-se enfatizar os pressupostos da teoria da equilibração na qual Piaget estuda como são os processos cognitivos do sujeito e que serão apresentados de forma mais detalhada a seguir.

3.3.1 A teoria da equilibração

Ainda que os termos 'construtivismo' e 'construção do conhecimento' sejam amplamente conhecidos, discutidos e estudados no meio educacional, o seu entendimento enfrenta obstáculos e interpretações diversas. Uma das principais dificuldades que os professores enfrentam, é conseguir relacionar os pressupostos teóricos com a sua aplicação prática em sala de aula.

Para Piaget, o desenvolvimento do sujeito é resultado da interação com o meio, não esquecendo de sua raiz genética. Construir conhecimento e desenvolver a inteligência estão na base do ser humano, assim como a utilização da linguagem. Somos geneticamente organizados para aprender, interagir e desenvolver.

A cognição, um dos objetos no qual Piaget focou seu estudo é a parte funcional do cérebro responsável pela aprendizagem humana. Entre as funções cognitivas estão a memória e o raciocínio auxiliados por nosso sistema sensorial. O sistema cognitivo possui mecanismos autorreguladores que fazem parte do nosso repertório de sobrevivência e adaptação ao meio (LAJONQUIÈRE, 1993). Para Piaget, nos primeiros meses de vida, sobrevivemos através de atividades e reflexos inatos. Superada esta fase, seguimos sendo desafiados por processos de adaptação e complexidade (KESSEIRING,1993). Tais processos são diferentes em cada

indivíduo porque o meio passa a ser um elemento de grande influência desde o nascimento tanto no aspecto orgânico quanto no aspecto mental (PIAGET & INHELDER, 1990) dependendo da sua estrutura cognitiva e da situação em questão. O desenvolvimento do pensamento é um processo contínuo de adaptação do organismo ao meio, composto pelas fases de assimilação, acomodação e equilíbrio (KESSEIRING, 1993).

Quando o sujeito sofre um conflito cognitivo ou desequilíbrio no seu pensamento sobre determinado conhecimento, este sujeito busca informações que possam sanar as suas dúvidas. A etapa da assimilação tem a função de integrar um conhecimento novo ao sistema próprio do indivíduo ao qual Piaget chamou de estrutura de aprendizagem. Neste momento, as respostas que o sujeito tem não são suficientes para explicar a suas dúvidas sobre o novo conhecimento. Ele busca então por recursos internos (ligar a nova informação ao conhecimento que já possui) e externos (novas informações que possam estabelecer esta ligação). Subsequente, a fase de acomodação é a modificação da estrutura do sujeito. É nesta fase que está a origem do processo de aprendizagem e uma vez modificada a estrutura, ocorreu a construção daquele conhecimento.

A relação entre a assimilação e a acomodação é um processo de busca por equilíbrio em um ciclo que torna o saber do indivíduo cada vez mais complexo, conforme explica (PIAGET, 1973), *“Uma primeira relação possível entre a assimilação e a acomodação é a procura de um equilíbrio entre as duas. Falamos, neste caso, de adaptação e são as formas superiores dessa adaptação que vêm a dar na atividade inteligente. (p. 348)”*.

Portanto fica claro, adaptação é sinônimo de inteligência para Piaget e esta adaptação ocorre em um ciclo contínuo de desequilíbrio/equilíbrio intelectual. Subjetivamente é possível extrair do conceito de adaptação que a inteligência não possui um padrão composto por habilidades pré-definidas para que o indivíduo possa ser considerado inteligente. De acordo com as experiências pessoais que este indivíduo passar ele terá as condições físicas, psicológicas e sociais para resolver desafios, tomar decisões e por fim, de acordo com o construtivismo, tomar consciência daquilo que aprendeu e que sabe fazer.

A tomada de consciência é o termo utilizado por Piaget para a manifestação seja através de pensamento, discurso ou atitude acerca do que aprendeu. Este

processo pode ser individual ou realizado coletivamente e na escola pode ser aproveitado para formalizar o conhecimento por exemplo, construindo alguns conceitos com a turma toda.

Para (RUSSELL,2002.p.141), a essência da teoria piagetiana é a modificação à vontade da percepção do mundo, a modificação do ponto de vista que interfere na aprendizagem do sujeito. Conforme este autor,

Qualquer que seja a riqueza das entradas perceptivas e quaisquer que sejam o número e a variedade dos módulos de especificados de modo inato, os sujeitos não poderão desenvolver mentalmente não forem capazes de modificar à vontade suas entradas perceptivas. Essas modificações são necessárias ao desenvolvimento do dualismo eu-ambiente.

Os módulos especificados de modo inato são as nossas estruturas e esquemas mentais inerentes à cognição. No entanto, o processo de aprendizagem não ocorre somente na cognição. A capacidade de transformar à vontade as entradas perceptivas é um processo neurológico, mas o ambiente dá o leque das possibilidades de transformação. A leitura em Piaget é óbvia ou não dependendo da atenção perceptiva de quem o lê. O autor deixa claro que o ambiente e as experiências pessoais de cada sujeito “forçarão” a sua cognição a adaptar-se em atividade inteligente. No entanto, Piaget é biólogo e sua linguagem aproximada da gênese e das estruturas cognitivas do pensamento afasta os leitores que formaram seu ponto de vista de que o sujeito é produto exclusivamente do meio social. Nesta pesquisa corrobora-se a ideia principal trazida em Piaget: só se constrói conhecimento em interação constante com o objeto de estudo, com o mundo e com os outros sujeitos. Aprender é, portanto, um processo multifacetado que envolve nossos sistemas biológicos sensório-motor e cognitivo em interação com os processos sociais e culturais.



Fig 1: Jean Piaget

Fonte: <http://www.faculdadeprojecao.edu.br>

3.4 – Breve histórico do Ensino de Biologia no Brasil

“Os cientistas devem contribuir, no entanto, deixando de lado a expectativa de que o melhor resultado possível do ensino de ciências para todos seja o despertar de vocações de cientistas em alguns poucos. Todos devem aprender ciência como parte de sua formação cidadã, que possibilite a atuação social responsável e com discernimento diante de um mundo cada dia mais complexo.” p.157

Nélio Bizzo

Neste capítulo, discute-se de forma breve alguns aspectos históricos importantes no ensino de biologia com o objetivo de entender o panorama atual de ensino desta ciência no Brasil.

De acordo com (BIZZO, 2009) a biologia chegou ao Brasil por meio da influência portuguesa juntamente com o ensino coordenado pelos jesuítas e, logo após, passou por um período onde ficou totalmente dependente da influência francesa, a qual se ressaltou nos manuais didáticos de ciências. O mesmo autor explica que a falta de referências bibliográficas adequadas ao ensino de biologia na sala de aula se devia a dois problemas: a falta de tradição científica no Brasil e a fraca infraestrutura editorial no país, o que atrasava muito as publicações dos pesquisadores (BIZZO, 2009).

A biologia toma força no governo de Getúlio Vargas em um novo contexto do ensino de ciências, onde o ensinar passou a ser mais importante do que memorizar o conteúdo. Para (BIZZO, 2009.p.150)

Tratava-se de implantar uma pedagogia nova, proclamada científica e experimental, nos aspectos: de procurar, no lugar de modelos ideais ou mesmo idealizados, boas práticas; de procurar pesquisa de implementação, no lugar de exercícios de imitação e repetição, feitas em escolas-modelo anexas às escolas normais (...).

Na década de 30, o Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova de Anísio Teixeira trouxe uma nova concepção do ensinar pautada na necessidade de caracterizar a investigação científica na prática do ensino (BIZZO, 2009). O autor afirma que até a década de 60 não havia grande pressão religiosa sobre o ensino de genética e evolução. Estes conteúdos eram tratados no ensino sob a justificativa da atuação da biologia na saúde pública. Este panorama se formou provavelmente pelos crescentes investimentos em pesquisas na área médica, sobretudo com

fármacos nas quais a biologia é a base de estudo. A preocupação com a formação de professores de biologia ganhou espaço nas discussões do ensino de ciências, especialmente no que tange o apoio ao ensino tecnicista, o qual ganhou grande força no governo militar. De acordo com (BIZZO,2009. p.152),

A formação de professores passa a ser preocupação específica, inclusive dos legisladores. A formação de professores em área multidisciplinar, como é o caso das Ciências Biológicas, irá trazer dificuldades adicionais, em especial a partir da reforma universitária de 1968, com a Lei 5.692, de 1971, e a normatização que lhe seguiu, visando a formação de professores para o I e II Graus. Hoje o ensino de ciências biológicas, tanto no Ensino Fundamental como no Ensino Médio, se ressentem das deficiências introduzidas pelo modelo de formação daquela época, o qual leis e normas posteriores não modificaram essencialmente.

Concordando com a posição de (BIZZO, 2009), (BORGES & LIMA, 2007), afirmam que a ideologia política pós-64, impactou na educação como um todo aderindo as influências norte-americanas, pois os Estados Unidos passaram a prestar assistência ao Ministério da Educação. Segundo os autores, essa relação fortaleceu a política do ensino tecnicista no Brasil e trouxe discussões contraditórias. Apesar de os currículos apresentarem proposições que enfatizassem a “aquisição de conhecimentos atualizados” e a “vivência do método científico”, o ensino de Biologia, na maioria das escolas brasileiras, continuou a ser descritivo, segmentado e teórico.” (p.167)

Na década de 80 com a abertura política e o fim do governo militar uma das principais preocupações foi o reestabelecimento de uma sociedade democrática e neste sentido, o ensino como um todo se mobilizou na figura de diferentes correntes educacionais, com propostas de reflexão, crítica e emancipação (BORGES & LIMA, 2007). Nomes como Paulo Freire e Dermeval Saviani passaram a ser os principais referenciais teóricos dos professores na busca por um ensino voltado para a vida e a cidadania respeitando as igualdades e a democracia. A influência marxista nos currículos ganha força com a volta das disciplinas de ciências humanas. Isto interfere diretamente no ensino das ciências naturais, sobretudo a biologia. No lugar da ciência exercida a incansáveis observações no laboratório pela figura do cientista, a biologia se reveste do discurso em favor da preservação da natureza e da preocupação com as gerações futuras.

Na década de 90 o ensino de ciências no Brasil segue norteado por políticas externas sobretudo americanas. A ideia da implementação de avaliações em larga

escala faz surgir a pretensão de uma base curricular comum. É nesse sentido que em 1998 o Ministério da Educação produziu os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), documento que propõe novas diretrizes ao ensino (KRASILCHIK, 2004). Os PCNs receberam muitas críticas principalmente por parte dos professores que o consideraram impositivo e homogeneizador, embora o Ministério da Educação o tenha apresentado apenas como uma proposta e não como uma norma (BORGES & LIMA, 2007).

As análises feitas por pesquisadores em torno dos PCNs divergem entre elogios e duras críticas. Sobre os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio da área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, (BIZZO, 2009) afirma que as contradições são frequentes com afirmações reducionistas e frases feitas que se perdem nas relações entre produção científica, contexto social, econômico e político. Os PCNs sugerem que o professor trabalhe por meio de temas transversais no sentido de priorizar a totalidade dos fenômenos naturais ao sistema positivista de conteúdo. Essa ideologia é proposta nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (2013), projeto do atual governo que tem uma série de medidas para reorganizar o papel do ensino médio. Para (KRASILCHIK, 2004), a forma como a biologia é ensinada nas escolas hoje ainda reflete o momento histórico do grande desenvolvimento científico das décadas de 1950 e 1960, da esperança depositada na ciência para a solução dos problemas da humanidade (p.20). Esta visão é preocupante, primeiro porque é falsa, pois a ciência não tem todas as respostas e segundo porque dá a ciência um “status” mediante esta responsabilidade que causa grande distância da escola, mais colaborando para sua imagem midiática e comercial, do que para o seu verdadeiro papel social.

3.5 – Evolução Biológica e ensino

A biologia é a ciência que estuda o complexo mecanismo da vida, um dos temas que move a curiosidade humana em sua busca por respostas. Algumas questões desde sempre motivam o homem a pesquisar, como por exemplo o parentesco entre os seres vivos e o entendimento de processos complexos do corpo humano bem como as interações dos seres vivos com o meio físico. Essas e outras questões estão constantemente presentes em discussões no campo científico no

qual diversos autores como Mayr, Gould e Futuyama concordam que o estudo e a compreensão da evolução biológica se fazem extremamente necessários. (GOEDERT, 2004) afirma que é provável que a Evolução Biológica responda nossas principais curiosidades sobre a vida, precisamente aquelas relacionadas à sua diversidade (p. 45). A autora ainda enfatiza, citando (GOULD, 1997) que de todos os conceitos fundamentais nas ciências da vida, a Evolução Biológica é considerada o mais importante e também o mais mal compreendido.

Segundo (OLIVEIRA, 2009.p.26),

A teoria evolutiva é uma estrutura útil e frequentemente essencial dentro do que os cientistas organizam e interpretam sobre o mundo vivo. Por exemplo, se o pesquisador não entender de seleção natural, não entenderá a base de processos como a resistência de insetos aos pesticidas, a resistência de bactérias a antibióticos, ou o processo e o desenvolvimento de doenças como a AIDS.

Apesar de o autor utilizar o termo pesquisador, não é apenas o profissional dedicado a carreira científica que se beneficia com o entendimento sobre a evolução dos seres vivos. Como o próprio comenta, temas relacionados com nosso dia-a-dia como os direcionados à saúde, por exemplo, são explicados de forma mais completa com o auxílio da evolução. Um bom exemplo são as reações do nosso sistema imunológico para combater as doenças. É uma batalha onde as adaptações de sobrevivência são a peça-chave inclusive para que os pesquisadores possam criar medicamentos e vacinas. Na escola, há outros temas para os quais a evolução contribui muito. Um deles é a alimentação. Ao aprender que cada alimento tem seu papel em fornecer nutrientes que garantam o funcionamento adequado do sistema imunológico, percebemos que além de criar tratamentos, é possível uma medicina que esteja preocupada também na prevenção, contribuindo assim, para uma melhor qualidade de vida.

Nesse sentido, destaca-se a importância de um ensino de biologia onde todas as áreas estejam permeadas pelo eixo principal que lhe dá sentido: a evolução da vida (CARNEIRO, 2004). Ao ser passada de forma transmissiva aos alunos sem uma organização, a biologia se resume a um ensino de nomes científicos, características morfológicas e moléculas além de outras estruturas que por si só não explicam corretamente um conteúdo. Desta experiência vem a reclamação dos

alunos ao afirmarem que não gostam de biologia, porque devem memorizar muitos nomes difíceis para serem aprovados nas avaliações.

Procurando compreender os diferentes significados que alunos de ensino médio atribuem a termos relacionados a teoria da evolução, (BIZZO, 1991) em sua pesquisa constatou que a evolução dos seres vivos é entendida como progresso e modificação. O autor também destaca que os entrevistados têm a opinião de que evoluem os animais que tem utilidade ao homem, revelando um ponto de vista antropocêntrico.

O homem no topo da evolução como o “mais evoluído” dos seres vivos, é uma ideia presente no senso comum da sociedade. Tal afirmação dificulta o entendimento de que a evolução não é necessariamente, progresso, sucessão ou melhora. Como afirma (GOULD,1997) a não mudança é uma estratégia adaptativa igualmente bem sucedida à primeira. O exemplo mais notável são as bactérias que pouco modificaram sua estrutura morfológica simples, mas seguem se reproduzindo de forma eficiente. Além disso, o autor explica que nem todas as mudanças tem uma finalidade. Algumas características podem ser simplesmente resultado ou sub-produto de outras adaptações (GOULD & LEWONTIN,1979).

Como se pode perceber, são muitos os equívocos apresentados no ensino da biologia em sua visão evolutiva, dada a complexidade do tema e os obstáculos que ele traz consigo como a noção de tempo geológico e de abstração, já que a seleção natural é de difícil observação.

Apesar de ser quase um consenso entre os cientistas da área a afirmação de que a biologia só faz sentido quando se pode visualizá-la como um todo e entender as ligações entre as suas áreas (genética, zoologia, botânica, ecologia), o geneticista Theodosius Dobzhansky, em 1973, foi além e publicou um artigo intitulado "**Nada faz sentido em Biologia, exceto à luz da Evolução**", no qual discutiu a importância do contexto evolutivo ao se tratar de temas ligados a biologia. (CARNEIRO, 2004) entende que a unidade, a diversidade e as características adaptativas dos organismos são conseqüências da história evolutiva e só podem ser plenamente compreendidas nessa perspectiva (p.22).

A mesma autora defende que, assim como outros temas, a evolução biológica necessita de estratégia de ensino que contemple tanto o conhecimento científico quanto o histórico para seu entendimento, fato que levou a escolher a

história de Charles Darwin como ponto referencial da unidade didática. Embora diversos autores tratem da evolução com riqueza de argumentos e a considerem eixo unificador da biologia (MAYR, 2008; FUTUYMA, 1992; CARNEIRO, 2004; GOEDERT, 2004), foi Darwin quem vivenciou a sua descoberta e a revelou para o mundo, portanto saber sobre a sua história de vida também é essencial para compreender os dados e os argumentos que ele uniu sob as suas observações, especialmente durante a viagem do Beagle e os anos que se seguiram à sua volta para a Inglaterra.

3.6 – Charles Darwin

Ora, enquanto este planeta, continua a girar na sua órbita, de acordo com as leis fixas da gravidade, uma quantidade infinita de belas e admiráveis formas, saídas de um começo tão simples, não tem cessado de evoluir e evoluem ainda!

Charles Robert Darwin

Charles Robert Darwin², naturalista inglês, nasceu em 12 de fevereiro de 1809 na cidade de Shrewsbury, Inglaterra. Seu pai, Robert Darwin, era médico, e sua mãe, Susannah Wedgood era uma mulher muito religiosa e faleceu quando Darwin tinha apenas oito anos de idade. O avô de Charles, Erasmus Darwin era poeta e interessava-se pelos estudos da filosofia e da natureza. Ainda jovem, aos dezesseis anos, Darwin deixou sua cidade e família para estudar medicina na Universidade de Edimburgo. Este era o grande desejo de seu pai, porém as aulas práticas de cirurgia na qual utilizava-se apenas sedativos temporários, pois a anestesia ainda era desconhecida, fizeram com que Darwin tomasse a decisão de deixar a medicina, o que causou grande inquietação em seu pai. Darwin então segue para a Universidade de Cambridge, com o objetivo (imposto por seu pai) de tornar-se clérigo da Igreja Anglicana. A vida religiosa também não estava nos planos do jovem inglês, porém a convivência acadêmica se fez muito útil, pois foi no

² As informações deste capítulo foram retiradas das seguintes obras:
DARWIN, C. Esboço autobiográfico In: Origem das Espécies;
DESMOND, A & MOORE, J. DARWIN. A vida de um evolucionista atormentado;
KEYNES, R. Aventuras e Descobertas de Darwin a bordo do Beagle.

ambiente da universidade que Darwin conheceu colegas que assim como ele, se interessavam pelo estudo das ciências naturais. Ao ler a obra do geólogo Chales Lyell “Princípios de Geologia”, sua curiosidade aumenta ao passo que ele recebe um convite para tornar-se membro de uma expedição científica a bordo do navio H.M.S Beagle, para fazer companhia ao capitão Fitzroy, comandante da expedição. Darwin teve de pedir ajuda ao tio para convencer seu pai a deixá-lo viajar. Após muita insistência, no dia 27 de dezembro de 1831, Darwin inicia sua viagem, a bordo do navio H.M.S Beagle, no qual durante quase cinco anos visitou diversos lugares mundo afora passando por todos os continentes entre eles, ilhas da costa da América do sul.

Em seu Diário de Bordo, cujos relatos foram publicados posteriormente em um livro de mesmo título Darwin escreveu:

“A viagem do Beagle, não resta dúvida, foi o acontecimento mais importante de minha vida, pois decidiu todo o meu desenvolvimento ulterior. Devo-lhe a própria educação do meu caráter, sua efetiva formação, uma vez que, tendo de dividir minha atenção pelos diversos ramos da História Natural, isso me obrigou a desenvolver minhas faculdades de observação”. Esboço autobiográfico, 1881.

Darwin reuniu exemplares de plantas e animais oriundos de todos os locais por onde passou. Este material era enviado pelo naturalista a colegas pesquisadores em seu país com os quais também trocava cartas dividindo suas dúvidas e aflições. Ao regressar à Inglaterra, Darwin passou a analisar e anotar seus achados durante a viagem além de confrontar o que observou e coletou com obras de outros autores numa tentativa de reunir, compreender e sistematizar seus dados principalmente sobre a variação das espécies, ponto que o intrigava em especial.

Os fósseis que encontrou e as camadas geológicas que avistou na América do Sul, foram seu ponto de partida para explicar seres que tinham habitado a Terra milhares de anos atrás. Como surgiram e desapareceram? Por que se diferenciavam em outras espécies ou se modificavam com o passar dos tempos? Dúvidas importantes foram esclarecidas ao ler "Ensaio sobre a População", de autoria do economista americano Thomas Malthus.

A ligação foi simples: os indivíduos se reproduzem ao ponto de gerar mais descendentes do que o volume de recursos que a natureza produz, logo, necessitam travar uma competição. Alguns indivíduos estão mais aptos para vencer esta

competição por recursos naturais. Alguns são mais fortes no confronto físico para ficar com as fêmeas ou para disputar alimento, outros tem a capacidade de se camuflar e assim fugir de predadores, outros ainda adaptam-se mais facilmente a mudanças climáticas. Não há um padrão estabelecido, está mais adaptado aquele que consegue se reproduzir com sucesso (e passar seus genes à próxima geração) dentro das condições e circunstâncias na qual sua espécie vive. Fatores como alimentação, ocupação de nicho ecológico e clima são exemplos de obstáculos que os seres vivos enfrentam para conseguir gerar seus descendentes e assim, transmitir a estes as suas características adaptativas. Ao longo de várias gerações, algumas características são selecionadas positivamente ao passo que pequenas variações podem aparecer também. Ao longo de várias gerações estas diferenciações podem gerar novas espécies. A este processo Darwin chamou de Seleção Natural.

Durante os vinte anos que seguiram a volta de Darwin a Inglaterra, o naturalista dedicou-se a realizar experimentos, (dentre eles criações de pombos que utilizou para explicar a seleção artificial) além de conversar com outros naturalistas enquanto escrevia o livro que posteriormente seria considerado a maior obra de sua vida e uma das mais importantes para a ciência. A Origem das Espécies foi publicado em 1859, após Darwin ser pressionado pelo fato de que o também naturalista Alfred Russel Wallace chegara as mesmas conclusões de Darwin, com a diferença de que Wallace, entre outros pontos, negava que o homem também seria produto do processo evolutivo. Mantendo sua convicção de que a espécie humana é igualmente aparentada dos demais seres vivos, Darwin ficou com os maiores créditos e também com as maiores críticas e comentários controversos, especialmente por conta dos mais religiosos.

Em seu livro, Darwin expõe e argumenta suas ideias acerca das variações entre os indivíduos de uma mesma espécie, defende que todos os seres vivos que habitam a Terra hoje descendem de formas mais primitivas – processo que remete ao termo Evolução, mas que o autor se refere durante todo o livro como “Descendência com Modificação” e que este processo acontece por meio da Seleção Natural.

Após publicar 'A Origem das Espécies' vive o resto de sua vida com a família, em Downe, uma cidade pequena próxima de Londres. Sua saúde passa a

demonstrar fragilidade e alguns autores afirmam que sofreu de mal-de-Chagas, adquirido durante sua viagem pela América do Sul. Morre em 19 de abril de 1882 e está sepultado na Abadia de Westminster.

Charles Darwin foi o autor que fundamentou as bases da biologia moderna, feito que o coloca entre os nomes mais importantes da história da ciência. O entendimento dos pressupostos fundamentais de sua teoria são essenciais não só ao ensino de biologia como para discutir temas que ganham proporção social, como o aquecimento global e a conservação de espécies.

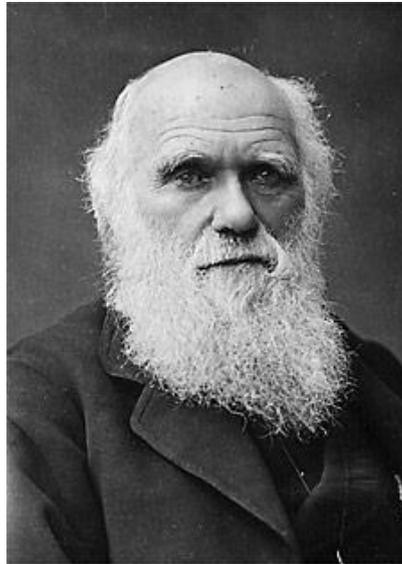


Fig 2: O naturalista Charles Darwin

Fonte: <http://www.livescience.com/>

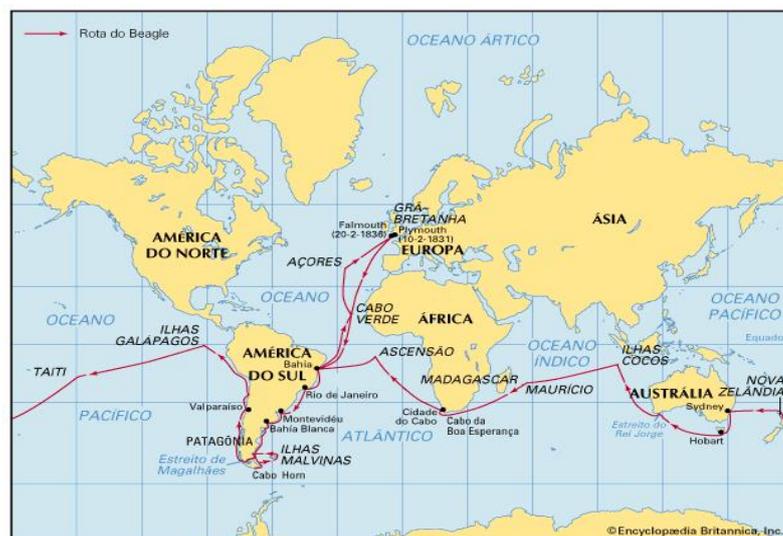


Fig 3: Rota da Viagem do Beagle

Fonte: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br/>

3.7 Mudança Conceitual

O Modelo de Mudança Conceitual foi teorizado por Posner e colaboradores no final da década de 70 contrariando o modelo positivista de conceitos científicos (ARRUDA & VILLANI, 1994; AGUIAR, 2001). Por forte influência do construtivismo a pesquisa em educação em ciências passou a estudar a importância das concepções prévias dos alunos e seus conhecimentos de senso comum chegando a conclusão de que os processos de aprendizagem de conceitos científicos passariam por processos de “mudanças conceituais” (AGUIAR, 2001).

O modelo de mudança conceitual foi proposto a partir da ideia de que os conceitos científicos são modificados a partir de conflitos entre um paradigma existente que é contraposto por outro. Esta ideia é traduzida em detalhes por Thomas Kuhn em seu livro “A Estrutura das Revoluções Científicas” no qual explica a quebra de paradigmas científicos por novos conhecimentos (ARRUDA & VILLANI, 1994; EL-HANI & BIZZO, 2000). Segundo (SANTOS, 2002) o pensamento pode sofrer mudança significativa em seus conceitos quando um novo conceito for considerado mais inteligível, plausível e fértil do que outro.

Quando o sujeito tem um conhecimento prévio acerca de determinado tema, porém não tem explicações suficientes sobre o mesmo este sujeito irá buscar informações que possam auxiliar no seu entendimento. Conforme explicado por (SANTOS, 2002. p.18),

A mudança conceitual ocorreria em função de um conflito cognitivo, ou seja, quando o estudante percebesse que suas ideias não explicavam dados empíricos, evidências ou fenômenos propostos em atividades didáticas, por exemplo. Nesse momento, insatisfeito com suas próprias ideias, o estudante aceitaria uma nova explicação mais abrangente que estivesse sendo apresentada. Isto implicava entender o aprendizado como um processo racional no qual o aprendiz reconheceria suas próprias explicações e conseguiria distingui-las das científicas.

A mudança conceitual passa pela intervenção pedagógica na escola que visa oportunizar ao aluno buscar novas respostas tornando seu conhecimento mais amplo e complexo. A mudança conceitual não ocorre de forma fechada a um conceito e não necessariamente ocorre de forma individual. O aprendizado em grupo também auxilia na discussão e interpretação de olhares e pontos de vista diferentes ampliando a visão e a complexidade do aluno acerca do tema trabalhado.

Estabelecendo as conexões necessárias entre a teoria piagetiana da equilibração e a teoria da mudança conceitual, pautando a necessidade de criar novas metodologias e estratégias para o ensino de biologia, mais especificamente dos conceitos de evolução, organizou-se a prática pedagógica e a unidade didática objetos desta investigação.

4 – Aspectos Metodológicos

4.1- Contextualização da pesquisa

4.1.1- O cenário e os sujeitos da pesquisa

A turma que integrou a pesquisa é do 1º (primeiro) ano do Ensino Médio do turno da manhã de uma escola pública estadual do município de Pelotas, RS. A turma conta oficialmente com 31 (trinta e um) alunos matriculados, porém em torno de 25 (vinte e cinco) frequentam as aulas. Por se tratar de uma pesquisa e todos os alunos envolvidos serem menores de idade, os responsáveis pelos alunos, a professora titular da turma e a diretora assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme o modelo no apêndice E.

4.2- Método de Pesquisa

A metodologia de pesquisa escolhida para dar conta desta pesquisa foi a Pesquisa-ação, caracterizada por (ESTEBAN, 2010) como um método voltado para a prática educacional, cuja finalidade essencial não é o acúmulo de conhecimentos sobre o ensino ou sobre a sua realidade, mas com o principal objetivo de melhorar a prática do professor-pesquisador. A definição da autora corrobora com o objetivo da proposta de estudo aqui apresentada, uma vez que este se propõe a refletir sobre como se ensina evolução biológica no ensino médio. (TRIPP, 2005.p.445-446) entende que,

É importante que se reconheça a pesquisa-ação como um dos inúmeros tipos de investigação-ação, que é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação.

Neste sentido, pode-se destacar a importância de pesquisas com a referida metodologia no espaço escolar, já que investigar as relações de ensino e aprendizagem constitui-se em uma difícil tarefa porque exige abordagens múltiplas, considerando a aprendizagem individual e coletiva dos sujeitos, sem esquecer que estes sujeitos se relacionam entre si e com seu ambiente e sua cultura. Há ainda a figura do professor-pesquisador que está imerso no processo e é também sujeito da construção de sua atuação em sala de aula. A pesquisa-ação é uma metodologia interessante para trabalhos cujo foco é a melhoria do ensino porque não padroniza ações ou engessa planejamentos. Há rigor e sistematização no seu uso, porém o pesquisador pode ajustar seu percurso de investigação sem deixar de vivenciar sua prática ou tabular e analisar seus resultados. É possível observar em síntese o método da Pesquisa-ação no esquema abaixo proposto por (TRIPP, 2005):

Ciclo de investigação-ação

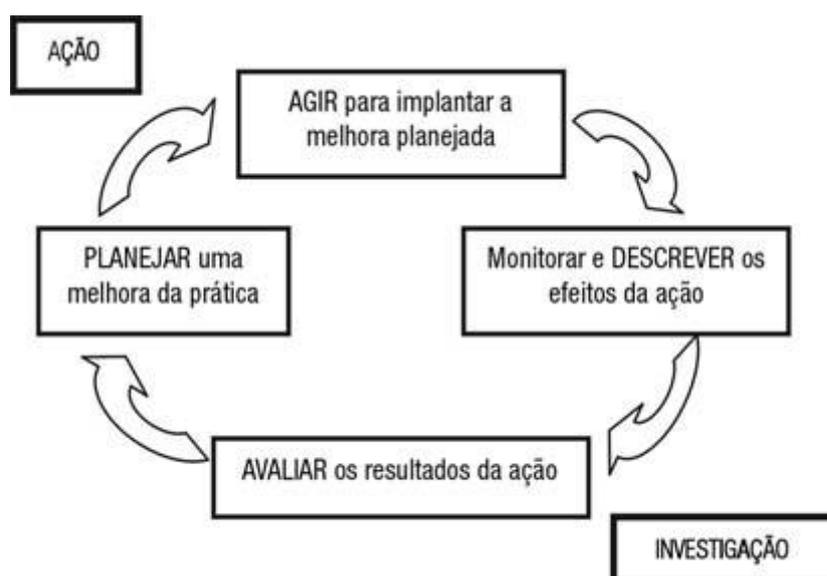


Fig 4: Ciclo de Investigação-ação.

Fonte: Retirado de Tripp (2005).

ESTEBAN (2010) define o processo de pesquisa-ação em um modelo de “espiral de ciclos” cujas principais características são o caráter cíclico, a flexibilidade e a interatividade em todas as etapas que o constituem. A autora destaca as quatro etapas principais do processo (p. 173-174):

1. Diagnosticar uma situação problemática para a prática;
2. Formular estratégias de ação para resolver o problema;
3. Pôr em prática e avaliar estas estratégias de ação;
4. Com os resultados, diagnosticar uma nova situação problema e reiniciar o ciclo de reflexão-ação.

Novamente é possível perceber que a pesquisa-ação não engessa a observação e a ação do pesquisador, constituindo-se em uma metodologia voltada a reflexão e planejamento constantes do pesquisador. A sua escolha para este trabalho, justifica-se pelo fato de que se encaixa adequadamente na proposta de construção do conhecimento que é uma proposta de ensino inacabada, ou seja, sem ações estanques. Há um planejamento prévio, porém os resultados de uma ação ou estratégia metodológica fornecem subsídios para o planejamento das próximas.

4.3- Procedimento e instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de registro do desenvolvimento de uma unidade didática, através de instrumentos propostos para este fim. Foram utilizados como instrumentos para o registro da coleta dos dados: questionário aberto (apêndice A) , o qual foi utilizado para coletar as concepções prévias dos alunos sobre “evolução biológica”, diário de campo, o qual foi distribuído um por aluno e onde estes foram orientados a anotar o que aprenderam em cada aula, bem como suas impressões pessoais sobre as atividades, citando pontos positivos e negativos e sugestões para as próximas aulas. No entanto, no decorrer do trabalho a professora percebeu uma dificuldade por parte dos alunos em anotar de forma mais ampla o que aprenderam, de modo que o diário foi substituído por outras atividades individuais e coletivas. Todas as atividades são descritas no item 4.6. A

professora também anotou suas impressões sobre as aulas e sobre o desenvolvimento das atividades e a participação dos alunos. Os materiais desenvolvidos pelos alunos nas atividades propostas foram o foco principal da análise de dados, descrita no item a seguir. O percurso de construção do planejamento da unidade didática e a sua aplicação são comentados em um item a parte dos resultados empíricos com o objetivo de auxiliar os professores de biologia tanto em seus planejamentos quanto a reflexão e análise da própria prática.

Fig 5 - Quadro-resumo relacionando cada instrumento, seu nexos com a questão de pesquisa e a triangulação entre eles.

Instrumento	Eixos investigativos definidos a partir das questões de pesquisa
Registro da Unidade didática	Construção da prática pedagógica interacionista.
Questionário aberto	Conhecimento dos conceitos prévios dos alunos sobre evolução biológica. Dificuldades apresentadas pelos alunos referentes ao tema evolução biológica.
Diário de campo – alunos	Análise do processo de mudança conceitual.
Diário de campo - professora	Construção da prática pedagógica interacionista.
Registro dos materiais dos alunos	Análise do processo de mudança conceitual. Dificuldades apresentadas pelos alunos sobre evolução biológica. Construção da prática pedagógica interacionista.

Fig 5: Quadro de instrumentos e eixos investigativos.

Fonte: Portugal, R., 2015

4.4– Método de análise dos dados

Analisar os dados de uma proposta que tem por foco o acompanhamento constante da aprendizagem do aluno mediante interação e intervenção pedagógica foi certamente o maior desafio desta pesquisa. Sendo assim, optou-se por expor os resultados em um capítulo dividido em seções na seguinte sequência: o subitem 5.1 descreve aula a aula e o desenvolvimento da unidade didática, explicando as atividades realizadas junto a turma e seus respectivos objetivos. No subitem 5.2 estão tabelados os dados mais empíricos da pesquisa, referentes às mudanças conceituais ou não expressas por cada aluno individualmente, permitindo ao leitor perceber aula a aula a construção dos conceitos básicos de evolução biológica por cada aluno da turma. Segue-se a sequência de análise das concepções prévias, e se houve mudança conceitual após a intervenção pedagógica. Em um total de dez aulas estão tabelados os resultados da aula 1 a 5 e da aula 10. O motivo desta escolha é a opção por descrever as atividades coletivas, realizadas nas aulas 6, 7, 8 e 9 em separado, no subitem 5.1. Os dados encontrados na tabela são discutidos junto ao referencial teórico de apoio.

No subitem 5.3 são expostas as principais dificuldades de mudança conceitual encontradas nos trabalhos dos alunos. Busca-se então algumas possíveis respostas nos trabalhos de outros autores que já identificaram dificuldades semelhantes em suas pesquisas.

5 Análise Descritiva da Prática Pedagógica

5.1 Desenvolvimento da unidade didática e relato dos encontros

Nesta seção estão descritos o desenvolvimento da unidade didática aula a aula, os conteúdos envolvidos, os recursos escolhidos, as dificuldades encontradas pela professora pesquisadora e pelos alunos, bem como as impressões da experiência de acompanhamento de aprendizagem dos alunos.

Descrição da atividade proposta e conteúdos envolvidos
<p>1° Encontro: breve discussão acerca do que é a Evolução?</p> <p>Apresentação da professora e da unidade didática aos alunos e coleta de concepções prévias sobre Evolução Biológica por meio de questionário aberto.</p>
<p>2° Encontro: coleta de concepções prévias sobre adaptação e seleção natural por meio de questionário com questões-problema para resolver.</p>
<p>3° Encontro: história e origem do pensamento evolutivo</p> <p>Aula expositiva e dialogada abordando os seguintes tópicos: Antiguidade e a necessidade de classificar os seres vivos; principal dificuldade da época: qual a idade da Terra? Lamarck: uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos;</p>
<p>4° Encontro: apresentação e discussão do Vídeo “ Nós os seres vivos. Uma breve história sobre a evolução”.</p> <p>Atividade: os alunos serão solicitados a fazer um texto no diário de bordo comentando o que entenderam sobre o vídeo.</p>
<p>5° Encontro: biografia de Darwin. Exibição do filme “O Desafio de Darwin” contando a história de Darwin; a infância, a família, a adolescência, as universidades, as principais leituras e influências e a viagem do Beagle.</p>
<p>6° Encontro: Conversa sobre o filme. O objetivo é comentar com os alunos em uma conversa os principais trechos do filme que lhes chamaram atenção, bem como esclarecer algumas dúvidas com anotações de esquemas no quadro.</p>
<p>7° Encontro: construção coletiva de conceitos sobre evolução. A turma junto com a professora construirá os seus conceitos sobre: evolução dos seres vivos, adaptação, seleção natural, descendência com modificação e espécie.</p>
<p>8° Encontro: fósseis, as evidências da evolução. Aula com slides explicando o que são fósseis e qual a sua importância no estudo da evolução dos seres vivos. Após, atividade sobre a interpretação de um registro fóssil.</p>
<p>9° Encontro: jogo seleção natural - o caso das joaninhas. Jogo retirado do <i>site</i> da Secretaria de Educação do Estado do Paraná. Tem por objetivo a visualização de como ocorre o processo de seleção natural.</p>
<p>10° Encontro: Avaliação final. Aplicação de instrumento escrito individual para avaliar a aprendizagem dos alunos após as atividades da unidade didática</p>

Fig 6: Quadro-resumo dos conteúdos desenvolvidos na unidade didática.

Fonte: Portugal, R., 2015

Relato da 1° aula:

Na primeira aula a professora apresentou-se para a turma e pediu que os alunos fizessem o mesmo. Eles começaram tímidos, o que já era esperado. A professora perguntou se gostavam de biologia e a maioria respondeu que não. Alguns argumentaram que não gostam da grande quantidade de conteúdo e das exigências nos estudos para as provas, mas que gostam de ir até a escola para ver os amigos e conversar. A professora logo percebeu que tratava-se de uma turma muito tranquila, sendo que apenas um aluno não demonstrava vontade de realizar o trabalho e as atividades propostas. A professora explicou como seria a unidade didática, qual o conteúdo seria trabalhado. Escreveu-se no quadro sete questões com o objetivo de investigar os conceitos prévios gerais dos alunos sobre evolução. Eles passaram o segundo período respondendo e algumas vezes chamavam a professora para tirar dúvida sobre alguma questão. Uma aluna comentou que sempre confunde seleção natural com adaptação. Neste momento, outros alunos relataram a mesma dificuldade. A professora anotou rapidamente em seu caderno esta dúvida para considerá-la no planejamento das próximas aulas.

Relato da 2° aula:

O segundo encontro foi de apenas uma hora aula, portanto, foi possível apenas aplicar o segundo instrumento para coletar as ideias prévias dos alunos. Este instrumento foi composto de questões-problema tratando principalmente dos tópicos 'adaptação' e 'seleção natural'. Os alunos responderam tranquilamente ao questionário e alguns alunos solicitaram ajuda para entender melhor o enunciado de uma das questões. Nesta aula a turma estava um pouco desmotivada, pelo fato de ser uma aula um pouco estática, cuja atividade era responder mais questões além das que eles já haviam respondido na aula anterior. Refletindo sobre isso, a professora chegou a conclusão de que teria sido mais adequado não fazer tantas questões. Nesta aula a professora entregou um diário de bordo para cada aluno e explicou que, a partir daquele momento eles deveriam registrar todas as aulas de biologia nele.

Relato da 3° aula:

Os alunos fizeram vários e interessantes questionamentos, sobretudo na parte que se referia a teoria Lamarckiana. A professora explicou o que é a transmissão dos caracteres adquiridos e imediatamente os alunos ligaram esse tema com a genética. Então, de forma breve, a professora explicou 'o que é um gene' e como os filhos recebem herança genética dos pais, porém sem isso representar um fenótipo idêntico. Neste momento também foi necessário diferenciar genótipo e fenótipo. Sobre a lei do uso e desuso a turma quase em unanimidade acredita ser um conceito ultrapassado e impossível de ser útil aos seres vivos. A professora então explicou que ao longo de milhares de anos, o uso e desuso poderia sim ter sentido e exemplificou sua afirmação falando do dente siso e do apêndice.

Relato da 4° aula:

A turma assistiu ao vídeo “Nós, os seres vivos. Uma breve história sobre a evolução”. A maioria da turma afirmou ter gostado muito do vídeo, por este ser bem didático e explicativo. Percebe-se que o vídeo auxiliou os alunos a começar a entender a diferença entre seleção natural e adaptação, conceitos descritos por eles como confusos entre si. A preocupação se fez no momento em que a professora leu os relatos nos diários de bordo. De maneira geral, todos os alunos apresentaram dificuldade na escrita. Ao explicarem suas ideias verbalmente na aula, as fizeram com facilidade e colocações adequadas, porém na hora de escrever o que aprenderam, houve uma descoordenação total das palavras. Foi necessário começar a considerar além do diário de bordo, os trabalhos dos alunos como principal fonte de coleta de dados.

Relato da 5° aula:

Nesta aula foi possível apenas assistir ao filme “O Desafio de Darwin” , sem comentários ou discussões, pois o tempo do filme encaixava exatamente nos dois períodos de aula. Antes, porém, a professora fez uma rápida introdução solicitando que eles prestassem muita atenção no filme, além de anotar suas dúvidas no diário de bordo pois na aula seguinte seria uma discussão sobre o filme. A turma pareceu prestar atenção e gostar da atividade.

Relato da 6° aula:

A professora percebeu que não seria adequado logo após ao filme solicitar um trabalho, ou que escrevessem algo a respeito do filme, principalmente depois de ter lido os diários de bordo. Estava um pouco perdida em relação ao que fazer para recuperar o foco dos alunos e no caminho para a escola a professora decidiu então que a aula seria uma conversa sobre o filme. Ao chegar na sala então, convidou os alunos que fizessem um meio círculo próximo ao quadro e sentou-se junto à eles. A professora iniciou a conversa perguntando o que eles acharam do filme, e o que lhes chamou a atenção. Os alunos afirmaram que o que mais havia lhes chamado a atenção foram os experimentos que Charles Darwin fez com os pombos e as coletas de fósseis que ele fez durante a viagem do Beagle e principalmente no experimento que ele fez junto com os filhos sobre o comportamento das abelhas. A professora foi para o quadro e desenhou um esquema bem simplificado sobre Deriva Continental e explicou a especiação por isolamento geográfico. Lançou questionamentos sempre tentando mexer com o raciocínio dos alunos sem dar respostas prontas. A resposta dos alunos a esta aula foi muito interessante no sentido da participação e disposição para aprender. A professora perguntou-se se não devia começar a gravar as aulas. No entanto, teve a opinião de que gravando iria interromper a espontaneidade dos alunos e por esse motivo optou por continuar com as anotações e registros.

Relato da 7° aula:

Nesta aula, a professora propôs uma atividade em conjunto com toda a turma afim de formalizar os conceitos mais fundamentais os quais estavam sendo trabalhados desde o início da unidade didática. Um dos equívocos a respeito do professor trabalhar de forma interacionista é a crença de que não há a necessidade de se usar o quadro e escrever de forma a organizar o conhecimento que está sendo construído. No quadro, a professora escreveu os seguintes conceitos: evolução dos seres vivos, adaptação, seleção natural, espécie e descendência com modificação. Solicitou então que os alunos levantassem a mão e fossem colocando palavras ou frases de acordo com o que entenderam. Mais uma vez a professora foi

surpreendida com as respostas pois ficaram muito próximas da literatura aceita sobre evolução. Algumas vezes foi necessário formalizar os termos utilizados por eles, como por exemplo, ao explicarem a descendência com modificação os alunos afirmaram: *“por exemplo, os filhos são iguais aos pais mas não totalmente iguais. Os olhos são da mãe e o cabelo do pai”* e então a professora foi perguntando mais até encontrarem o termo apropriado. Ao final da aula eles anotaram os conceitos no caderno e a professora também.

Relato da 8ª aula:

Esta aula teve o objetivo de a turma aprender o registro fóssil e o tempo geológico, conceitos apontados por pesquisadores e professores como o mais difícil de ser entendido dentro do conteúdo de evolução, por serem abstratos. O vídeo passado na 4ª aula contou com uma explicação bem clara sobre o tempo, no entanto foi preciso retomar para chegar no tópico dos fósseis. A professora planejou a aula em slides como se contasse uma história. Alguns alunos apontaram questionamentos. Queriam saber sobre a teoria do Big Bang e demonstraram curiosidade sobre as grandes extinções ocorridas na Terra. Após terminar a parte teórica da aula a qual rendeu uma excelente discussão a professora mostrou para a turma um pedaço de um tronco de árvore fossilizado (material cedido pelo professor José E. F. Dornelles, da UFPel) e um tronco de uma árvore que estava caído no pátio da escola. Eles ficaram surpresos porque o tronco fóssil tem uma consistência parecida com a de uma rocha, já que sofreu processo de mineralização. Após a professora entregou uma atividade (Anexo B) ³na qual eles deveriam interpretar um registro fóssil. A turma inteira realizou a atividade com rapidez, de modo que a professora percebeu a turma completamente concentrada nas atividades do início ao final.

³ Atividade retirada de AMABIS & MARTHO. Guia de Apoio Didático ao Professor.



Fig 7: aula sobre fósseis e tempo geológico.
Fonte: Portugal, R., 2015



Fig 8: aula sobre fósseis e tempo geológico.
Fonte: Portugal, R., 2015

Abaixo, a relação completa dos conceitos formalizados pela turma:

Conceitos Fundamentais sobre a Evolução dos Seres Vivos

Turma 211- Ensino Médio Politécnico- Colégio Estadual Dom João Braga

Evolução dos Seres Vivos:

Adaptação ao meio, reprodução, hereditariedade, mudança ao longo de muitas gerações. Descendência com modificação.

Adaptação:

Características apropriadas a sobrevivência no ambiente de cada espécie. Estas características podem ser físicas, genéticas ou de comportamento (alimentação e reprodução).

Espécie:

É um conjunto de seres vivos com características bem parecidas porém não totalmente idênticas. Um conjunto de espécimes.

Descendência com Modificação:

Os seres vivos se reproduzem e passam suas características aos filhotes, porém com modificações pequenas que são resultados de misturas de genes.

Seleção Natural:

Mecanismo da natureza que seleciona as características positivas à sobrevivência e reprodução de cada espécie de acordo com seu ambiente. Não é visível, sendo possível enxergar apenas o seu resultado que é a grande diversidade dos seres vivos na Terra.

Tempo Geológico:

É uma medida de tempo diferente do tempo comum, no qual nós seres humanos vivemos. É um tempo muito mais profundo, que começa quando nenhum ser vivo existia ainda, há milhões de anos atrás.

Fósseis:

São restos biológicos de seres vivos que estão há pelo menos mais de 11 mil anos no solo que sofreram um processo de mineralização. Através deles é possível reconstruir a história da vida na Terra. Eles são as maiores provas da evolução dos seres vivos.

Relato da 9° aula:

Nesta aula a turma foi dividida em dois grupos e cada grupo ficou reunido ao redor de uma das bancadas do laboratório de ciências. Considerando que o tempo de um professor em exercício é pequeno e com muitas turmas, a professora retirou de um site da Secretaria de Educação do Estado do Paraná um jogo ⁴ (ANEXO A) para explicar de forma mais lúdica o processo de seleção natural. A utilização de materiais compartilhados na internet constitui-se em uma ferramenta de importante ajuda na preparação de aulas lúdicas e diferenciadas. A professora seguiu o manual de instruções junto com os alunos e, à medida que as rodadas do jogo aconteciam, eles demonstravam estar aprendendo de forma descontraída. Foram abordados tópicos básicos de genética, explicando por exemplo o que é gene, alelo e frequência gênica ligando as aulas passadas. Esta foi uma necessidade devido ao jogo ter como foco a seleção natural, a especiação dentro das populações e termos de genética. Os alunos então responderam as questões propostas no manual do jogo e ao final a professora leu as questões, debateu para que eles construíssem uma resposta adequada coletivamente.

⁴ MORIL, Lyria; MIYAKI, Cristina Yumi; ARIAS, Maria Cristina. **A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas.** Jogo sobre seleção natural retirado de <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=297>



Fig 9: jogo sobre seleção natural

Fonte: Portugal, R., 2015



Fig 10: jogo sobre seleção natural

Fonte: Portugal, R., 2015

Relato da 10ª aula A última aula foi para a aplicação de um instrumento de avaliação escrita com o objetivo de avaliar a aprendizagem individual dos alunos. Após a realização do mesmo pelos alunos a professora despediu-se e encerrou a unidade didática.

5.2 Concepções prévias e acompanhamento da aprendizagem sob o modelo de mudança conceitual.

Aluno	Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 10
A1	<p>Evolução é mudança;</p> <p>Confusão entre adaptação e seleção natural;</p> <p>os indivíduos SE adaptam ao meio;</p> <p>Ideia de evolução uso e desuso;</p>	<p>Identifica alguns tipos de adaptação (mimetismo e camuflagem) como uma característica para a sobrevivência;</p> <p>Noção de hereditariedade;</p> <p>Confusão entre evolução e seleção natural;</p>	<p>Melhor clareza no entendimento do uso e desuso;</p> <p>Menção de que as aves vieram dos dinossauros;</p>	Não respondeu	<p>Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes;</p> <p>Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural;</p> <p>Identifica que não há grupo mais evoluído e sim cada grupo adaptado ao seu ambiente;</p> <p>Explicação incompleta sobre o tempo geológico;</p> <p>Explicação satisfatória sobre a importância dos fósseis;</p> <p>Explicação Lamarckiana de evolução;</p>
A2	<p>Evolução é mudança;</p> <p>Evolução é a história dos seres vivos;</p> <p>Confusão entre adaptação e seleção natural;</p> <p>os indivíduos SE adaptam ao meio;</p> <p>Ambiente físico é o responsável por pressionar a mudança nos seres vivos</p>	Não respondeu	<p>Descrição e explicação satisfatória sobre as ideias de Lamarck;</p> <p>Menção de Charles Darwin como o cientista mais famoso da biologia e escritor do livro Origem das espécies</p>	<p>Identifica que nossos ancestrais eram muito diferentes de nós;</p> <p>Que animais nascem com pequenas diferenças;</p> <p>Confusão para entender como surgem duas espécies a partir de uma;</p> <p>Identifica que a evolução leva tempo para acontecer, que envolve crescimento, desenvolvimento, reprodução e morte e que ocorre com plantas, animais e "pessoas". É algo que acontece o tempo todo.</p>	Não respondeu
A3	<p>Evolução é a história dos seres vivos;</p> <p>*Confusão entre adaptação e seleção natural;</p> <p>*os indivíduos SE adaptam ao meio;</p>	<p>Identifica alguns tipos de adaptação (camuflagem) como uma característica para a sobrevivência;</p> <p>Associa a adaptação como</p>	Não respondeu	<p>Identifica que o homem não é um descendente direto do macaco;</p> <p>Entende que os indivíduos</p>	<p>Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes</p> <p>Identifica que não há grupo mais evoluído e sim cada grupo adaptado ao seu</p>

		<p>uma resposta à mudança do clima; Noção de hereditariedade; Confusão entre adaptação e seleção natural; Os indivíduos SE adaptam ao meio;</p>		<p>nascer "mais evoluídos" do que os pais; Permanece a ideia de que os indivíduos se adaptam ao meio, mas percebe características diferenciadas podem conferir facilidade para formar família. (Reprodução)</p>	<p>ambiente Explicação incompleta sobre o tempo geológico Explicação satisfatória sobre a importância dos fósseis Evolução é criação, reprodução, evolução, vida e adaptação</p>
A6	<p>Evolução é mudança; Os seres vivos SE adaptam (se acostumam) ao meio; Ambiente físico é o responsável por pressionar a mudança nos seres vivos;</p>	<p>Identifica alguns tipos de adaptação (camuflagem) como uma característica para a sobrevivência; Associa a adaptação como uma resposta à mudança do clima; Confusão entre adaptação e seleção natural;</p>	<p>Explicação adequada das ideias defendidas por Lamarck;</p>	<p>Noção de hereditariedade; Identifica que os seres vivos têm características comuns em grupos diferentes Ex: os vertebrados têm ossos e esqueleto Identifica que as características diferenciadas nascem em alguns indivíduos e não em todos</p>	<p>Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural Explicação satisfatória sobre o tempo geológico Explicação satisfatória sobre a importância dos fósseis Reconhecimento da atuação do tempo na evolução</p>
A8	<p>Evolução é o desenvolvimento do ser humano desde o embrião; *Confusão entre adaptação e seleção natural; *os indivíduos SE adaptam ao meio;</p>	<p>Identifica alguns tipos de adaptação (camuflagem) como uma característica para a sobrevivência; Associa a adaptação como uma resposta à mudança do clima; Noção de hereditariedade</p>	<p>Explicação adequada das ideias defendidas por Lamarck; Ambiente pressiona a mudança nos indivíduos</p>	<p>Macacos foram nossos antepassados; Todos temos genética dos nossos parentes Animais de espécies diferentes são da mesma família Identifica que os animais de um mesmo grupo têm semelhanças e diferenças</p>	<p>Não respondeu</p>
A9	<p>Evolução é a forma como os seres vivos evoluem; Confusão entre adaptação e seleção natural; O mais adaptado ganha e o menos não;</p>	<p>Identifica alguns tipos de adaptação (camuflagem) como uma característica para a sobrevivência; Noção de hereditariedade</p>	<p>Não respondeu</p>	<p>Cita a árvore da vida, onde o tronco é o ancestral; Identifica que todos seres vivos têm características semelhantes; O homem e as plantas respiram e precisam de energia</p>	<p>Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural Explicação satisfatória sobre o tempo geológico Explicação satisfatória sobre a importância dos fósseis Identifica que não há grupo mais evoluído e sim cada grupo</p>

					adaptado ao seu ambiente Evolução: adaptação dos seres vivos para sobreviver
A10	Evolução são vários tipos de espécies; Evolução é reprodução; Noção de hereditariedade; Adaptação e seleção: mais chances de sobrevivência e reprodução;	Não respondeu	Explicação satisfatória das ideias de Lamarck Menciona que tendência em nossa espécie é o desaparecimento dos dentes	Não respondeu	Dificuldade para identificar adaptações diferentes Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural Entende que nós seres humanos somos melhor adaptados que outras espécies Evolução é mudança genética (melhoramento) ao longo do tempo
A11	Evolução é mudança; Menção da Ação do tempo para que ocorra evolução; *Confusão entre adaptação e seleção natural; *os indivíduos SE adaptam ao meio; Ambiente físico é o responsável por pressionar a mudança nos seres vivos;	Identifica alguns tipos de adaptação (camuflagem) como uma característica para a sobrevivência; Noção de hereditariedade, menção de genética e DNA Noção (ainda que superficial) de especiação a partir de sucessivas mudanças	Menciona que antigamente acreditava-se que a evolução dos seres vivos era inexistente; Explicação satisfatória sobre as ideias de Lamarck; Charles Darwin é um dos cientistas mais famosos e mais polêmicos da história	Genética favorece para a sobrevivência; Todos os seres vivos são parecidos, pois possuem células, tecidos, respiram e se alimentam; Filhotes são parecidos e não cópias iguais aos pais (descendência com modificação)	Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural Explicação incompleta sobre o tempo geológico Evolução é mudança
A12	Não respondeu	Não respondeu	Explicação da transmissão de caracteres adquiridos de pais para filhos;	Nós e os outros animais somos parentes das plantas; Todos nós nascemos, nos reproduzimos e morremos; As plantas como nós também respiram Dificuldade de passar do concreto para o abstrato e generalizar (exemplo dos pássaros)	Consegue identificar satisfatoriamente adaptações diferentes Identifica a importância da variabilidade genética no processo de seleção natural Explicação incompleta sobre o tempo geológico Evolução é mudança

Fig 11: quadro-resumo das principais ideias sobre evolução biológica retiradas dos trabalhos realizados pelos alunos

Fonte: Portugal, R., 2015

O quadro mostra o desenvolvimento das ideias dos alunos nas atividades realizadas individualmente bem como o seu nível de complexidade e mudança conceitual. Deste acompanhamento a partir das respostas dos alunos destacaram-se quatro categorias de conceitos que representam uma dificuldade na compreensão da evolução biológica.

5.3 Análise de conteúdo: o que dizem as produções dos alunos

A análise de conteúdo foi o método escolhido para analisar as amostras de dados desta pesquisa. Este método consiste em três etapas: primeiramente elencar eixos investigativos *a priori* ou *a posteriori*, sendo que nesta pesquisa, optou-se por selecionar *a priori*, em um segundo momento organizar instrumentos de coleta de dados a fim de coletar dados relativos a estes eixos investigativos e por fim cruzar os dados coletados com o referencial teórico de apoio construindo categorias de análise *a posteriori*.

Sendo assim, a análise de conteúdo desta pesquisa está composta por quatro eixos investigativos definidos *a priori*. São eles:

- construção da prática pedagógica interacionista;
- conhecimento dos conceitos prévios dos alunos sobre evolução biológica;
- dificuldades apresentadas pelos alunos referentes ao tema evolução biológica;
- análise do processo de mudança conceitual.

Para estes eixos investigativos os instrumentos utilizados para a coleta e registro de dados estão descritos no quadro. Registro da Unidade didática, Questionário aberto, diário de campo dos alunos, diário de campo da professora e registros dos materiais dos alunos.

A partir dos dados empíricos coletados com os referidos instrumentos elencou-se duas categorias de análise *a posteriori*: construção da prática pedagógica interacionista e mudança conceitual e evolução biológica as quais são descritas com maiores detalhes a seguir.

5.3.1 Categoria I: construção da prática pedagógica interacionista

Um dos problemas que nortearam esta pesquisa foi como um professor pode transpor as concepções epistemológicas interacionistas, embasadas pelos pressupostos da Epistemologia Genética de Piaget e da teoria da mudança conceitual, em uma prática pedagógica. É importante salientar que uma prática embasa nos pressupostos interacionistas não se opõe a uma prática considerada tradicional no ensino, tais como aulas expositivas, ou uso de livros didáticos como recursos. É mito afirmar que o professor que ministra uma aula no quadro e giz não é interacionista, assim como que a prática pedagógica do professor se dará exclusivamente através de trabalhos em grupos e de questões problemas, sem a sua intervenção.

Na realidade, o interacionismo opõe-se a ideia de que a repetição pela mesma via sucessivas vezes de um sujeito que sabe mais e por isso detém o conhecimento (professor) para um sujeito que sabe menos e por isso é uma folha em branco (aluno) pode resultar em efetiva aprendizagem. O interacionismo, na verdade, não se opõe aos métodos, mas a visão de que a repetição sucessiva, a transmissão de informações de um sujeito que sabe mais a um sujeito que sabe menos, irá garantir a aprendizagem. Contesta, desta forma, a ideia de que o sujeito é tábula rasa, folha em branco. Por não ser uma proposta pedagógica, mas uma teoria de como o conhecimento se dá, não indica métodos, nem os invalida. Seremos nós, os professores, que apoiados nos pressupostos, iremos criar e organizar a prática pedagógica.

O percurso desta pesquisa iniciou com a busca por referencial teórico. Após muita leitura concluiu-se que o autor base deveria ser Piaget por representar o construtivismo clássico, visto que superar os mitos em torno da prática de ensino construtivista era um dos principais desafios. Feito o delineamento do problema de pesquisa e de seus objetivos, a fase seguinte foi uma das que mais exigiu da professora pesquisadora: planejar e elaborar uma unidade didática interacionista/construtivista. Primeiramente, definiu-se o tema da unidade didática: evolução biológica. Em seguida foi definido o eixo norteador da unidade, ou seja, de qual ponto de vista seria norteador o ensino da evolução, pois existem vários pontos de vista o genético, o ecológico, o da classificação dos seres vivos. Uma unidade

didática interacionista não trabalha com listas de conteúdo, mas com conceitos a serem construídos, articulando os conteúdos em torno do eixo principal.

A escolha da professora pesquisadora, orientador e Co-orientador foi o eixo “ A evolução pelos olhos de Charles Darwin” o que fez com que a unidade fosse permeada pela vida e obra do naturalista. O objetivo foi que os alunos entendessem o percurso que Darwin fez, incluindo seus erros até chegar aos conceitos fundamentais dentro da teoria evolutiva proposta por ele. No entanto, foi preciso montar a unidade de forma que houvesse conexões históricas acerca da formação do pensamento evolutivo. Nesse sentido, a primeira aula abordou a origem do pensamento evolutivo antes de Darwin. Esta é uma outra característica que no nosso entender, caracteriza a prática docente interacionista, qual seja a de buscar contextualizar o objeto ou o tema a ser trabalhado. O próximo passo foi a escolha dos recursos didáticos considerados pertinentes para cada aula. A aula expositiva foi considerada na unidade, porém não sendo apenas expositiva e sim reflexiva, apresentando tópicos para discussão. Esses tópicos geralmente surgiam no momento da aula, a partir das dúvidas dos alunos.

Os recursos didáticos utilizados foram slides, quadro e giz, vídeo de sete minutos “ Nós, os fantásticos seres vivos: uma breve história sobre a evolução” retirado do site www.youtube.com, filme sobre a vida de Charles Darwin, jogo sobre genética e seleção natural retirado do site do Secretaria da Educação do Estado do Paraná e atividade sobre fósseis retirada do Guia de Apoio ao Didático (AMABIS & MARTHO, 2001).

Em suma, o fundamental numa prática pedagógica que se pretende interacionista é a reflexão dos alunos e a construção autônoma dos conceitos, a partir das abstrações, experimentações, buscas, questionamentos e conclusões que serão oportunizadas e possibilitadas nas atividades.

Os instrumentos de avaliação e coleta de dados foram questionário aberto para coletar as ideias prévias da turma, diário de bordo dos alunos, diário de bordo da professora e avaliação final interacionista. Uma avaliação interacionista é planejada com questões que se articulam uma entre as outras e enunciados explicativos tentando remeter o aluno ao momento da aula em que o tema foi abordado pelo professor.

Avaliar em uma prática interacionista também se constitui em um grande desafio, na medida em que nos remete a planejar questões que se articulam, oportunizando construções de conhecimento e não medidas das informações obtidas. Entende-se ainda, que os enunciados explicativos das questões necessitam remeter o aluno ao contexto, ao momento da aula em que o tema foi abordado, ou as atividades de construção realizadas.

Assim, a avaliação em uma proposta interacionista, não objetiva quantificar o número de acertos, o quanto o aluno sabe, mas sim, orientar alunos e professor sobre quais pontos ainda ficaram pendentes e precisam ser retomados, melhorando o ensino e a aprendizagem em sala de aula e, prioritariamente, acompanhando o percurso dos alunos, as mudanças conceituais ocorridas e as que ainda são necessárias na aquisição do conhecimento científico em pauta.

5.3.2 Categoria II: Mudança Conceitual e evolução biológica

De acordo com a análise dos trabalhos produzidos pelos alunos esta categoria vem a discutir as principais dificuldades percebidas no trabalho dos alunos bem como o contexto da mudança conceitual na prática interacionista. As quatro subcategorias descritas abaixo foram construídas a partir dos dados nos trabalhos produzidos pela turma.

Subcategoria
1. Noção de evolução como mudança
2. Confusão entre os conceitos de adaptação e seleção natural
3. Convicção de que são os indivíduos que SE adaptam ao meio ambiente
4. Abstração e dificuldade de compreensão do tempo geológico

Fig 12: subcategorias retiradas dos trabalhos realizados pelos alunos.

Fonte: Portugal, R., 2015

5.3.2.1 Noção de evolução como mudança

O entendimento de que o processo evolutivo resulta em mudança aparece nas respostas dos alunos nas primeiras aulas e para alguns permanece até o final da unidade didática. Conforme a frase retirada de um dos trabalhos da turma:

A1: *“Com as mudanças do meio ambiente, os seres vivos vêm se adaptando ao meio ambiente para sobreviver perdendo coisas que não eram necessárias como a cola e ganhando outras coisas como o polegar, posição ereta e etc.”*

É possível perceber que A1 associa evolução à mudança e entende que os seres vivos se adaptam diretamente às mudanças do meio físico. Faltam noções do papel da genética, da aleatoriedade das mutações e do acaso no princípio da evolução. É possível perceber claramente o conceito Lamarckiano de uso e desuso e também sutilmente a não compreensão do longo tempo que a evolução leva para atuar de forma a deixar vestígios físicos que a comprovem.

Desmistificar esta afirmação não é tarefa fácil, pois trata-se de afirmação recorrente na literatura. Evolução também é mudança e de fato, sustenta dizer que os seres vivos não são fixos e que há mudança nas populações ao longo de muitas gerações, porém é importante entender que não há uma regra sendo comum na natureza espécies de seres vivos que não sofreram significativas mudanças na sua morfologia como é o caso do grupo das bactérias, exemplo de seres vivos muito bem adaptados a diferentes ambientes. A não mudança também é uma estratégia evolutiva tão positiva quanto a primeira (GOULD, 1989).

5.3.2.2 Confusão entre os conceitos de adaptação e seleção natural

Já no primeiro encontro os alunos manifestaram uma dificuldade em diferenciar adaptação de seleção natural. O termo adaptar-se aparece quase sempre atribuído a uma capacidade de inteligência dos indivíduos em si, mas as adaptações explicadas por Darwin são características observadas nas populações de seres vivos na natureza e que conferem uma facilidade para sobrevivência e

reprodução. Sendo assim, seleção natural é o mecanismo que propicia o aumento da frequência destas características (adaptações) nas próximas gerações. As respostas de alguns sujeitos da pesquisa ilustram o confuso entendimento entre estes dois conceitos chaves da evolução.

A2: *“Sei que muitos seres vivos por falta do seu habitat são forçados a mudar e se adaptar a outro”.*

A2 tem uma dificuldade em expressar de forma escrita sua resposta, ainda assim é possível perceber a associação de evolução com mudança imposta pela ação do ambiente. Não fica claro se essa mudança ocorre em uma população no tempo de uma geração ou na espécie sendo resultado de mudanças ao longo de várias gerações. A ideia de que são as espécies que se adaptam as ‘exigências’ dos fatores físicos e ambientais também faz parte do conceito expresso por A2.

A1: *“Não é o maior, nem o mais forte que sobrevive, mas o que melhor se adapta as mudanças”. Ao passar do tempo houve muitas mudanças na terra onde a força e o tamanho não iriam ajudar na sobrevivência, mas sim a capacidade de se adaptar ao ambiente.*

A1 inicia sua resposta com uma frase de Charles Darwin e em seguida comenta com suas palavras resposta semelhante a que escreveu sobre adaptação, indicando uma confusão entre estes dois conceitos. Força e tamanho, são exemplos de adaptações presentes em alguns indivíduos e/ou populações obedecendo a variação genética.

5.3.2.3 Convicção de que os indivíduos SE adaptam ao meio ambiente

A teoria de Jean Baptiste Lamarck, naturalista francês sobre a transmissão dos caracteres adquiridos através do uso e desuso é apresentada em livros como sendo o grande erro corrigido por Darwin. De fato, a seleção natural veio a explicar de forma mais precisa como a diversidade se sustenta, no entanto, Lamarck não estava tão errado assim. Ao longo de milhares de anos o uso ou não de uma característica pode fazer a diferença e é exatamente a falta de noção do tempo que a evolução leva para deixar seus rastros que culmina na rejeição das observações de Lamarck. Os alunos em suas respostas entendem que são os indivíduos que se adaptam as mudanças impostas pelo ambiente como se evoluir significasse ser mais esperto.

A1: *“Com as mudanças do meio ambiente, os seres vivos vêm se adaptando ao meio ambiente para sobreviver perdendo coisas que não eram necessárias como a cola e ganhando outras coisas como o polegar, posição ereta e etc.”*

A1 associa evolução à mudança e entende que os seres vivos se adaptam diretamente as mudanças do meio físico. Faltam noções do papel da genética, da aleatoriedade das mutações e do acaso no princípio da evolução. É possível perceber claramente o conceito Lamarckiano de uso e desuso também sutilmente a não compreensão do longo tempo que a evolução leva para atuar de forma a deixar vestígios físicos que a comprovem.

A3: *“A adaptação é o processo que faz com que os seres se 'adapitam' em um habitat natural, onde cada ser tem de se acostumar com o modo de vida oferecido.”*

A3 apresenta afirmações semelhantes às anteriores de que o ambiente é o fator que determina e os seres vivos adaptam-se as suas exigências. O termo acostumar-se aqui empregado confunde o que é comportamento aprendido e características inatas e genéticas. A definição de adaptação como processo apresenta o equívoco mais destacado, pois em sentido biológico, adaptações são características resultantes da ação da seleção natural ao longo de várias gerações.

5.3.2.4. Abstração e a dificuldade de compreensão do tempo geológico

A dificuldade de entendimento do tempo geológico e da seleção natural verificada nas respostas dos alunos constitui-se em um obstáculo para aprender sobre evolução. De acordo com nossos estudos em Piaget abstrair é primeiramente isolar um objeto ou aspecto do seu contexto e posterior generalizar seu entendimento (KESSEIRING, 1993).

Existe uma real complexidade em trabalhar conceitos científicos abstratos sem tentar trazê-los para o concreto, pois implica em diferenciar para o aluno o que é real e o que é um modelo. Um dos exemplos na dificuldade de abstração no ensino da evolução é a compreensão de quanto tempo leva para que a mudança significativa ocorra a ponto de gerar especiação. Richard Dawkins explica que, a maioria das pessoas não acredita ou não entende a evolução porque teria de ver todos os espécimes de uma linhagem ao longo do tempo lado a lado para ver as mudanças como “provas “ da evolução (DAWKINS, 2009).

Para o professor de ciências e biologia a dúvida de como proceder ao ensinar conceitos abstratos é no sentido de optar por inciar do concreto para o abstrato ou o contrário, sendo que para (MACHADO, 2005.p. 39) não há uma forma correta e sim uma definição feita pelo próprio professor. De acordo com este autor,

de modo geral, a simplificação na caracterização do abstrato e do concreto conduz a que se busque, para o processo de construção do conhecimento, uma definição entre as alternativas: ou ele se daria a partir de um movimento, de uma ascensão do concreto para o abstrato, ou ele teria as abstrações como referência inicial, atingindo-se, a partir delas a realidade concreta.

Durante o desenvolvimento da unidade didática e o acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem não foi planejada ou realizada uma atividade específica para explicar o tempo geológico de modo abstrato. Como (MACHADO, 2005.p.41) explica em um fundo predominantemente piagetiano a abstração não deve ser o início ou o fim da atividade ou da construção de um conceito e sim, deve fazer parte do processo de forma intermediária como uma mediação do professor, pois o conhecimento em nossa cognição tem início e “fim” no concreto.

6- O produto da dissertação

Conforme o regimento do Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências e matemática- Mestrado Profissional as dissertações devem originar em um prazo de trinta dias a contar da data da defesa um produto que seja utilizável por professores e que preferencialmente chegue até as escolas públicas. A partir do trabalho aqui realizado resolveu-se confeccionar um mini livro estruturado na seguinte sequência:

- breve introdução ao interacionismo;
- descrição dos objetivos e metodologia realizados;
- descrição da unidade didática como proposta;
- indicação de sites, filmes, vídeos e textos para trabalhar evolução no ensino médio
- considerações finais.

O produto será impresso para os membros da banca e posteriormente analisado a possibilidade de impressão para distribuição nas escolas públicas do município de Pelotas.

8. Considerações Finais

A experiência de realizar uma pesquisa unindo uma teoria de aprendizagem a um conteúdo específico de biologia me pareceu desafiadora desde o início. Do planejamento do projeto à sua aplicação na sala de aula percebi que o construtivismo torna-se complexo ao professor porque é uma teoria que coloca o sujeito no centro da autonomia do seu conhecimento sem deixar de levar em consideração todas as circunstâncias que estão no entorno dele. A construção do conhecimento é um processo natural e biológico, que ocorre na cognição do sujeito. O seu perfil único para cada indivíduo, se constrói a partir de aspectos particulares e ambientais como por exemplo, valores familiares ensinados pelos pais, culturas distintas em um país, valores religiosos específicos, além da vasta gama de informações que as fontes midiáticas de comunicação e tecnologia com as quais interagimos diariamente.

Desta forma fica claro que todos aprendemos em interação com o objeto do conhecimento, no entanto, ensinar de forma a proporcionar esta interação em sala de aula não é tarefa fácil, por dois motivos principais: o primeiro é que a formatação do ensino nas escolas que busca a padronização de respostas em seus processos de avaliação obedece ao sistema capitalista vigente, o qual busca formar um indivíduo que repita hábitos e não seja crítico. O segundo obstáculo se encontra em torno dos mitos do construtivismo, rótulos que engessam conceitos que não condizem com as pesquisas realizadas por Piaget como por exemplo, que uma aula para ser construtivista deve utilizar materiais de entretenimento no intuito de ser inovadora e que livros, quadro e giz são recursos ultrapassados. O construtivismo refere-se a interação de aprendizagem e não aos recursos utilizados. Caso assim fosse, crianças que vivem em comunidades humildes e estudam em escolas pequenas e com poucos recursos não poderiam aprender. Esta ideia é capitalista e não construtivista. Outro mito comum é que a memória é ignorada ao construirmos conhecimento. Com isso, muitos professores confundem o processo natural de utilização da memória do ser humano na sua aprendizagem e seu desenvolvimento com um ensino transmissivo e repetitivo. É a este último que o construtivismo se contrapõe.

Um outro ponto importante de ser destacado é que o construtivismo é uma teoria científica sobre como o conhecimento se dá, como o sujeito passa de menos saber para mais saber, fruto de pesquisas clínicas sobre cognição. Desta forma é importante que o professor pesquisador entenda que esta e outras teorias devem embasar seus estudos sobre o ensino e a aprendizagem e os projetos que ele visar desenvolver na escola. No entanto, uma educação para a vida se constrói com as relações sociais e com o respeito entre os sujeitos. Portanto, a escola não deve obedecer a uma teoria e sim, abrir espaço para que as diferentes opiniões e vivências de alunos, professores e comunidade em geral possam gerar sujeitos críticos e questionadores com a capacidade do respeito mútuo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. Mudanças conceituais (ou cognitivas) na educação em ciências: revisão crítica e novas direções para a pesquisa. **Ensaio - Pesquisa em educação em ciências**. V. 03, nº1. 2001.

ARRUDA, S.M; VILLANI, A. Mudança Conceitual no Ensino de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v.11,n2: p.88-99, ago.1994.

BECKER, F. **Educação e Construção do Conhecimento**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2001, p. 72

BECKER, F; FRANCO, S.R.K.(orgs) **Cadernos de Autoria 3: Revisitando Piaget**. Porto Alegre: Mediação, 1998.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil,1991.

BIZZO, N. Ciências biológicas. **Um pouco de história brasileira das ciências biológicas no Brasil**. < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf> >.

BORGES, R.M.R; VALDEREZ, M.R.L; Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 6 Nº 1,2007.

BRASIL, Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica**. Brasília, 2013.

CARNEIRO, A.P.N; **A Evolução Biológica aos olhos de Professores Não-Licenciados**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

DARWIN, C. **Origem das Espécies**. São Paulo. Ed. Itatiaia. 1985

DAWKINS, R. **O Maior Espetáculo da Terra: as evidências da evolução**. Trad. Laura Teixeira Motta. Companhia das Letras. São Paulo, 2009.

DESMOND, A & MOORE, J. **DARWIN. A vida de um evolucionista atormentado**. São Paulo. 3º edição. ED. Geração Editorial. 2000.

ESTEBAN, S. **Pesquisa qualitativa em educação: fundamentos e tradições**. Porto Alegre: AMGH, 2010.

EL-HANI, C. N; BIZZO. N. Formas de Construtivismo: teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2000.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia. Saberes Necessários à Prática Pedagógica**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 1996.

GOEDERT, L. **A Formação do Professor de Biologia e o Ensino da Evolução Biológica**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOULD, S. J; **O Polegar do Panda** – Reflexões sobre História Natural. Ed, Martins Fontes. São Paulo, 1989.

GOULD, S. J. **Os três aspectos da Evolução**. *In*: BROCKMAN, J. & MATSON, K. **As coisas são Assim: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca**. São Paulo: Companhia da Letras, 1997.

GOULD, S. J.; LEWONTIN, R. C. "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: a critique of the adaptationist programme," Royal Society of London, series b, vol. 205, nº. 1161 (1979), p. 581-598.

KESSELRING, T. **Jean Piaget**. Tradução de Antônio Estevão Allgayer e Fernando Becker. Petrópolis: ed. Vozes, 1993.

KEYNES.R. **Aventuras e descobertas de Darwin a bordo do Beagle**. Rio de Janeiro. Ed. Jorge Zahar,2004.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

KUHN, T. S., 1962. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Trad. brasileira. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1978.

LAJONQUIÈRE, de.L. **De Piaget a Freud. A (psico)pedagogia entre o conhecimento e o saber**. Petrópolis: 2º edição. ed. Vozes, 1993.

LOOS, H; SANT'ANA, R.S. **Reflexões sobre Pesquisa em Educação: A Atitude do Pesquisador como base da Convergência Teórica entre Piaget e Vygotsky**. *In*: RAMOS, E.C; FRANKLIN, K.(org) **Fundamentos da Educação. Os diversos olhares do educar**. Curitiba: Juruá, 2010. p. 139- 155.

LUCI, B. L (org) **Piaget e a Escola de Genebra**. 3° Ed. São Paulo: Cortez, 1995.

MACHADO, N.J. Epistemologia e Didática. As concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. 6° ed. São Paulo. Ed. Cortez, 2005.

MAYR, E. **Isto é Biologia**. A ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MAYR, E. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das letras, 2009.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica: atitudes de alunos da educação básica**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

PIAGET, J; INHELDER, B. **A Psicologia da Criança**. Trad. Octavio Mendes Cajado. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 11° ed. 1990

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. Trad. Álvaro Cabral e Christiano Monteiro Oiticica. 3° edição. Ed, JC. Rio de Janeiro, 1973.

RUSSELL, J. Desenvolvimento cognitivo e funções executivas. "O essencial de Piaget" In: HOUDÉ, O; MELJAC, C. (org) **O Espírito Piagetiano. Homenagem Internacioanl a Jean Piaget**. Trad. Vanise Dresch. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2002.

SANTOS, S. **Evolução Biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. Ed. Annablume. 1° ed. 2002.

SILVEIRA, F.L. A Teoria do Conhecimento de Kant: o idealismo transcendental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.19, número especial: p. 28-51, jun. 2002.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005

Vigotski, L.S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo, 2° edição. ed. Martins Fontes, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Instrumento para coleta de Concepções Prévias sobre Evolução Biológica



Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Educação- FaE
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Mestrado Profissional
Mestranda- Pesquisadora: Renata Portugal Oliveira
Orientadora: Rita Cássio M. Rodriguez
Co-orientador: César Jaeger Drehmer

Instrumento para coleta de Concepções Prévias sobre Evolução Biológica

Nome do aluno(a):

Turma:

1. As imagens abaixo apresentam animais que mimetizam. Você sabe o que é Mimetismo? Circule os animais nas imagens e responda porque eles apresentam esta característica.



Fonte: <http://www.novas.blogspot.com.br/2010/04/mimetismo.html>



<http://gustavobiologia.blogspot.com.br/2009/06/ecologia-aula-4.html>



2. O Arminho possui a característica de trocar a sua pelagem acompanhando a troca de estações do ano. A imagem A ilustra como este mamífero fica durante o verão e a imagem B mostra o Arminho no inverno. Por que você acha que isso ocorre com o pelo do Arminho?
3. Muitas pessoas tem de usar aparelhos ortodônticos para corrigir imperfeições da arcada dentária. Suponha que uma pessoa tenha nascido com pouco espaço no maxilar e necessite retirar um dente para aliviar a pressão que sente. Os seus filhos nascerão sem este dente? Explique sua resposta

4. No inverno passado, Ana teve uma amigdalite, infecção bacteriana nas amígdalas. Ela foi ao médico e este receitou um antibiótico que curou Ana da doença. Passado quase um ano, Ana voltou a sentir dores fortes na garganta e voltou ao médico, onde descobriu que estava novamente com amigdalite. Ana tomou o mesmo remédio da primeira vez, porém não obteve sucesso no tratamento, tendo que retornar ao médico. Este explicou a Ana que a bactéria que lhe causa amigdalite desenvolveu resistência ao antibiótico e que agora ele terá de lhe receitar uma medicação diferente. O que significa dizermos que uma bactéria desenvolveu resistência a um antibiótico? Comente.

APÊNDICE B: Instrumento de avaliação escrita final



Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Educação- FaE
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Mestrado Profissional
Mestranda- Pesquisadora: Renata Portugal Oliveira
Orientadora: Rita Cóssio M. Rodriguez
Co-orientador: César Jaeger Drehmer

Caro aluno(a),

Neste trimestre trabalhamos juntos o processo de evolução dos seres vivos. Este é um instrumento para avaliar os conhecimentos mais básicos sobre evolução biológica uma vez que este tema é extremamente complexo e amplo dentro da biologia. Considerando todas as atividades que você realizou junto com seus colegas e com a professora, responda as questões abaixo da forma mais completa o possível.

1. Observe as figuras e diga quais adaptações estão visivelmente destacadas em cada um dos animais e explique como essa adaptação auxilia na sobrevivência deste animal.
 - a.



Fonte: <http://animais.culturamix.com/informacoes/aves/beija-flor>

b.



Fonte: <http://revistacrescer.globo.com/>

b.



Fonte: <http://www.varbak.com/foto-de/cobra-fotos-de-borboletas>

c.



Fonte: <http://www.meioemensagem.com.br/>

2. O naturalista Charles Darwin denominou de 'seleção natural' um dos principais processos responsáveis pela evolução dos seres vivos. Neste processo, as características que conferem vantagem de sobrevivência e reprodução a uma espécie, são selecionadas e tendem a aumentar a sua frequência nas próximas gerações, enquanto que as características menos favoráveis tendem a diminuir a sua frequência nas próximas gerações. De acordo com o que você aprendeu, comente:
 - a. Para que haja seleção natural é necessário que todos os indivíduos de uma espécie sejam iguais ou diferentes? Explique o porquê da resposta.
 - b. É correto afirmar que os mamíferos (grupo no qual nós, seres humanos, somos classificados biologicamente) são 'mais evoluídos' do que os insetos, por exemplo? Justifique sua resposta.
3. Aprendemos que a noção de tempo comum com a qual estamos acostumados (horas, dias, semanas, meses e anos), é muito diferente do tempo geológico, o tempo que levou desde que a Terra surgiu até os dias atuais. Explique o tempo geológico com as suas palavras.
4. Fósseis são vestígios deixados por seres que habitaram a Terra no passado como, por exemplo, ossos, pegadas de animais e restos de plantas. Eles são o objeto de maior estudo entre os pesquisadores que se dedicam a entender a evolução biológica. Comente qual a importância de se estudar os fósseis para entender a história da vida na Terra.
5. Reunindo os seus conhecimentos e todas as atividades e discussões feitas em aula, defina com as suas palavras o que a 'Evolução dos Seres Vivos'. Pode escolher uma destas maneiras para responder esta questão:
 - respondendo com uma frase completa;
 - citando uma ou algumas palavras que representem a resposta para ti.



APÊNDICE C: Termo de Consentimento Livre Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA/FACULDADE DE EDUCAÇÃO

“O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA SOB A PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO”

Mestranda: Renata Portugal Oliveira – rzportugal@gmail.com

Orientadora: Rita de Cássia Morem Cossio Rodriguez - rita.cossio@iq.com.br

Co- orientador: César Jaeger Drehmer – cjaeger@terra.com.br

TERMO DE CONSENTIMENTO

Pelo presente termo de consentimento, declaro que autorizo a participação do(a) aluno: _____ na coleta de dados para a pesquisa **“O USO DE MODELOS E MAPAS CONCEITUAIS EM BUSCA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA ANÁLISE PARA O ENSINO DE QUÍMICA”**, pois fui informado (a), de forma clara e detalhada, livre de qualquer constrangimento e coerção, dos objetivos, da justificativa, dos procedimentos adotados, bem como do registro e publicação dos dados coletados, sem identificação e nomeação dos pesquisados.

Fui igualmente informado(a):

1. da garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento acerca dos procedimentos, riscos, benefícios e outros assuntos relacionados à pesquisa;
2. da liberdade de retirar meu consentimento a qualquer momento, e deixar de participar do estudo, si assim julgar necessário.
3. da garantia da não identificação quando da divulgação dos resultados e que as informações obtidas serão utilizadas apenas para fins científicos vinculados à dissertação em questão;

Nome: _____

CI: _____

Assinatura do Responsável : _____

ANEXOS

ANEXO A: Artigo sobre o jogo “ A Seleção Natural em Ação: o caso das joaninhas”

ISSN 1980-3540



04.02, 41-46 (2009)
www.sbg.org.br



A SELEÇÃO NATURAL EM AÇÃO: O CASO DAS JOANINHAS

Lyria Mori¹, Cristina Yumi Miyaki² e Maria Cristina Arias³

1- lmori@ib.usp.br; 2- cymiyaki@ib.usp.br; 3- marias@ib.usp.br
Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

Atividade de ensino de genética, evolução e ciência ambiental para o ensino médio.

Introdução

A manutenção da diversidade dos seres vivos depende da preservação dos ambientes naturais em que esses organismos vivem. Quando uma espécie de animal ou planta se extingue, os seus genes juntamente com toda a variabilidade de alelos são perdidos para sempre. Esses conjuntos gênicos são resultados de milhões de anos de evolução, são recursos valiosos e insubstituíveis da natureza. Em geral, a perda da variabilidade genética leva à redução do potencial evolutivo, ou seja, à diminuição de possibilidades genéticas selecionáveis que resultam na habilidade de adaptação dos organismos.

A presente atividade trabalha conceitos básicos de genética e evolução, e mostra, de forma lúdica e visual os efeitos que mudanças ambientais podem causar nas frequências alélica e fenotípica de uma população, aqui representada por um grupo de joaninhas. Esta atividade permite simular o efeito da seleção natural, facilitando a compreensão desse mecanismo que é um dos responsáveis pela evolução dos organismos.

Objetivo

A atividade visa promover a discussão e reforçar a compreensão de conceitos como: genes, alelos múltiplos, dominância e sua ausência, genótipos, fenótipos, homozigose, heterozigose e seleção natural. Para alcançar tal objetivo é apresentada uma simulação da interação entre genes, fenótipos e o meio ambiente.

Material para cada grupo (dois a cinco estudantes)

- Um saquinho, não transparente, de cerca de 15 X 30 cm.
- 8 contas verdes.
- 8 contas vermelhas.

- 8 contas amarelas.
- Um pedaço de madeira (ou isopor) de cerca de 50 X 5 cm com uma fileira com 12 pares de orifícios e uma fileira paralela abaixo com 12 orifícios (Figura 1).
- 24 palitos colocados aos pares na primeira fileira de orifícios (Figura 1).
- 10 joaninhas (botões em forma de joaninha) de cada cor de asas: verde, vermelha, cor de laranja e amarela.
- Roteiro da atividade para o aluno impresso (ver “Procedimento para o aluno”).
- Tabela 1 impressa mostrando as interações entre os três alelos.
- Tabela 2 impressa para marcar o número de joaninhas com cada uma das cores de asas durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Aplicando a atividade

Essa atividade é designada para estudantes de ensino médio e de cursos de graduação. Os estudantes já devem conhecer os conceitos básicos de genética, como, por exemplo, que em indivíduos diplóides há um par de alelos para cada gene, e que o alelo herdado é resultado da aleatoriedade da segregação desses alelos durante a meiose, na formação dos gametas. Os estudantes também precisam entender os conceitos de dominância e recessividade.

1. A classe deverá ser dividida em grupos de 2 a 5 alunos;
2. O professor deverá entregar a cada grupo um conjunto de material (acima descrito) e solicitar que os alunos sigam as instruções do “Procedimento para o aluno”;
3. Ao explicar a atividade, o professor deverá enfatizar: (a) que cada conta representa um alelo e a composição desses dois alelos é que vai determinar a cor das asas da joaninha (b) que de cada par de contas retirado ao acaso do saquinho, uma delas representa o alelo proveniente da mãe, e a outra, o alelo proveniente do pai da nova joaninha;

4. O professor poderá nesse momento introdutório, discutir com os alunos os tipos de interação entre os alelos do gene para cor das asas, e a correspondência dos fenótipos com os genótipos, utilizando as ilustrações e informações da Tabela 1;

5. Ao chegar na instrução 3 do "Procedimento", o professor poderá reforçar que o ambiente pode atuar de forma decisiva. Como as joaninhas de asas amarelas não estão bem camufladas, são comidas por predadores antes de deixarem descendentes. Assim, o professor poderá explicar esse passo para a classe e enfatizar que: "se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as do restante, assim como as suas contas". É importante certificar-se de que todos os grupos eliminaram as joaninhas de asas amarelas antes de começarem a retirar as contas da geração seguinte.

6. Os estudantes deverão prosseguir para as instruções 4 e 5 e simular mais duas gerações, perfazendo o total de três gerações. Os números de joaninhas com os diversos genótipos e fenótipos deverão ser anotados na Tabela 2. Os estudantes não deverão prosseguir para o item 6, pois nesse momento o professor deverá colocar na lousa a tabela 2 com os resultados da classe toda para cada geração sorteada, obter os totais de cada geração e fazer perguntas como:

- Por que há tantas joaninhas de asas verdes?

- Por que há tão poucas joaninhas vermelhas, amarelas e cor de laranja?

7. A instrução 6 do "Procedimento para o aluno" solicita que os estudantes eliminem as joaninhas de asas verdes e só então devem sortear a quarta geração e registrar sua composição na Tabela 2. O professor deverá fazer uma tabela semelhante na lousa, somando todos os resultados da classe.

8. Ao final da atividade, o professor deverá promover uma discussão com base nas questões propostas na ficha de "Procedimento para o aluno".

Procedimento para o aluno (esse roteiro deverá ser impresso e entregue a cada grupo)

1. Cada conta representa um alelo do gene que confere a cor das asas das joaninhas. Certifique-se inicialmente de que há oito contas de cada cor no saquinho.

2. Simule uma primeira geração de joaninhas (12 indivíduos). Para isso, retire, sem olhar, um par de contas do saquinho, uma delas representa o alelo presente no espermatozóide e a outra, o alelo presente no óvulo. Coloque uma conta em cada palito e na frente de cada genótipo (par de contas), coloque a joaninha com o fenótipo correspondente, seguindo a Tabela 1. Faça o

sorteio até completar as 12 joaninhas.

3. Conte o número de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2, na linha correspondente à primeira geração.

O ambiente onde as joaninhas vivem é muito verde e com muita vegetação. As joaninhas de asas verdes estão bem camufladas dos predadores. As joaninhas de asas vermelhas ou cor de laranja estão razoavelmente camufladas. Entretanto, as joaninhas de asas amarelas são facilmente predadas nesse ambiente. **Se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as juntamente com seus alelos.**

4. Coloque o restante dos alelos no saquinho. Simule a segunda geração de joaninhas de modo semelhante à primeira. Some o total de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2. Elimine as joaninhas de asas amarelas e os respectivos alelos, coloque o restante das contas de volta no saquinho.

5. Simule a terceira geração, do mesmo modo descrito acima, e preencha a linha da terceira geração na Tabela 2.

6. Ocorreu um acidente! Uma indústria lançou dejetos de herbicida no ambiente, matando toda a vegetação. As rochas expostas são excelentes camuflagens para as joaninhas de asas amarelas, vermelhas e cor de laranja. Agora as joaninhas de asas verdes são facilmente vistas e predadas. Retire as joaninhas com asas verdes e seus respectivos alelos. Não remova as joaninhas com asas amarelas, caso elas tenham aparecido. Coloque o restante das contas no saquinho e sorteie a quarta geração. Preencha a Tabela 2.

7. Discutam em grupo:

- Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas com asas amarelas?
- O tamanho da população diminuiu? Por que? Você esperaria que algo semelhante acontecesse na natureza?
- Como é a população da terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?
- Algum alelo desapareceu completamente?
- Compare a ocorrência dos diferentes alelos após a seleção contra as joaninhas com asas amarelas e após a seleção contra as joaninhas com asas verdes. Há diferença?
- Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?
- O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

Notas para o professor e respostas das questões do “Procedimento para o aluno”

Na presente atividade os estudantes geram os genótipos e indicam os fenótipos de uma população fictícia de joaninhas. Os alunos devem ser capazes de notar que as frequências genotípica e fenotípica de cada geração sofrem mudanças em resposta às condições ambientais e ao sorteio ao acaso de gametas. Além disso, é importante citar que eventos catastróficos semelhantes ao simulado nessa atividade (morte da vegetação devido à poluição) podem acontecer no mundo real.

Como todo modelo, a presente atividade possui simplificações que podem ser discutidas com os alunos, dependendo da profundidade da discussão gerada. Alguns alunos podem perceber que, assim como o número total de joaninhas a cada geração tende a diminuir, o número total de alelos também tende a diminuir com o passar das gerações, pois os alelos das joaninhas predadas não voltam para o sorteio da geração seguinte. Outra simplificação é que não consideramos a composição genotípica de joaninhas da geração anterior na formação da geração seguinte. Ou seja, se em uma geração temos duas joaninhas com asas verdes, uma com asas vermelhas e uma com asas cor de laranja, não consideramos que uma com asas verdes vai se reproduzir com uma com asas vermelhas e a outra com asas verdes com uma com asas cor de laranja, mas simplesmente devolvemos os alelos para o saquinho de sorteio.

Como extensão dessa atividade o professor poderá explorar o efeito do mimetismo (camuflagem) na seleção natural.

Questões do “Procedimento para o aluno” e respostas:

a) Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas de asas amarelas?

R.: Não, ainda há alelos amarelos presentes. O alelo amarelo claramente não está aumentando a chance de sobrevivência das joaninhas de asas amarelas, mas levará algum tempo até que todos os alelos amarelos desapareçam. Isso ocorre porque eles estão frequentemente mascarados pelos alelos dominantes e passam de uma geração para outra.

b) O tamanho da população mudou? Por quê? Você esperaria que isso acontecesse na natureza?

R.: Sim, o tamanho da população diminuiu ligeiramente. Porque joaninhas de asas amarelas são removidas junto com seus alelos e, portanto, esses alelos não farão parte do conjunto gênico (“gene pool”) da geração seguinte.

Não, nós não esperamos que isso aconteça na natureza porque cada fêmea realiza a postura de muitos ovos, portanto sempre haverá um grande número de joaninhas recém eclodidas em relação ao número das que irão sobreviver até a fase adulta, não importando a sua cor das asas. Esse é um aspecto da simulação que simplifica a realidade.

c) Como é a terceira geração quando comparada com as gerações anteriores?

R.: Provavelmente haverá menos alelos amarelos do que nas gerações anteriores. Nessa simulação, o número de joaninhas não aumenta de uma geração para outra. Peça aos alunos para considerar as limitações da simulação e sugerir modificações para superar esses problemas. Uma possibilidade, talvez complicada de ser implementada, seria aumentar o número de alelos restantes, respeitando suas frequências antes de realizar o sorteio da geração seguinte.

d) Na quarta geração algum alelo desapareceu inteiramente?

R.: Sim. O alelo verde desapareceu completamente.

e) Na quarta geração houve mudança no tamanho e na composição de alelos da população em comparação com as demais gerações? Como?

R.: Sim. Agora a população é significativamente menor e alelos, além do verde, podem ter desaparecido completamente.

f) Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?

R.: O alelo para a cor de asas verdes é dominante sobre os alelos para as cores vermelho e amarelo, por isso o alelo para verde desapareceu imediatamente quando houve seleção contra as joaninhas de asas verdes. Ou seja, os alelos para asas verdes desapareceram imediatamente porque eles são dominantes e sempre se manifestam no fenótipo. Qualquer joaninha que tenha pelo menos um alelo para a cor verde terá o fenótipo asas verdes, e, portanto, sofrerá seleção contra quando a vegetação verde for eliminada. Já o alelo para asa amarela declinou em número lentamente quando as condições ambientais não eram favoráveis ao fenótipo amarelo. Os alelos para asa amarela declinam lentamente porque eles são recessivos e mascarados pela presença de alelos para outra cor (verde ou vermelho). Uma mensagem importante é que alelos dominantes podem ser eliminados rapidamente da população por pressão seletiva. Os alelos recessivos declinam lentamente porque eles estão escondidos ou mascarados.

g) O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

R.: As joaninhas de asas amarelas voltarão a ser predadas e como o alelo para asa verde foi totalmente eliminado, joaninhas com asas dessa cor só aparecerão novamente mediante nova mutação.

Deixe os estudantes proporem as próprias questões também. Incentive os alunos a testarem algumas de suas respostas. Se houver tempo disponível, a atividade das joaninhas pode ser feita novamente com novas condições ambientais.

Glossário

Alelo: formas alternativas de um gene. Por exemplo, os alelos verde, vermelho e amarelo do gene para cor das asas nas joaninhas.

Alelismo múltiplo: A existência de vários alelos conhecidos de um gene. Esse é o caso dos alelos verde, vermelho e amarelo do gene para a cor das asas.

Alelo dominante: Um alelo que expressa seu efeito fenotípico mesmo quando em heterozigose com um alelo recessivo, assim, se A é dominante em relação a a, então AA e Aa tem o mesmo fenótipo. É o caso do alelo verde sobre os alelos vermelho e amarelo nesse exercício.

Alelo mutante: Um alelo cuja sequência de nucleotídeos difere do alelo encontrado no tipo padrão, ou selvagem. No caso da cor das asas das joaninhas, se o fenótipo asas verdes for o mais freqüente na população, o alelo representado pelas contas verdes é o alelo selvagem ou normal, e os alelos vermelho e amarelo são alelos mutantes. Os alelos mutantes surgem por mutação.

Alelo recessivo: Um alelo cujo efeito fenotípico não se manifesta em um heterozigoto. No caso desse exemplo, os alelos para cor de asas vermelhas e amarelas são recessivos em relação ao para a cor verde.

Dominância incompleta: Uma situação na qual um heterozigoto mostra um fenótipo quantitativamente (mas não exatamente) intermediário aos correspondentes homozigotos (exatamente intermediário significa sem dominância). Nesse exercício, é o caso dos alelos para

vermelho e amarelo, que quando juntos no indivíduo resultam em fenótipo cor de laranja.

Mutação: alteração por substituição, deleção ou inserção de nucleotídeos na seqüência do DNA.

Seleção natural: A sobrevivência e/ou reprodução diferencial de classes de entidades que diferem em uma ou mais características. As entidades podem ser alelos, genótipos ou subconjuntos de genótipos, populações ou, em um sentido amplo, espécies. Mortalidade ou taxas reprodutivas alteradas devido a processos ambientais naturais. Reprodução diferencial e sobrevivência de genótipos (seleção natural) levam a mudanças adaptativas evolutivas.

OBS. Esta atividade foi inspirada em “Toothpick fish – a middle school activity for teaching genetics and environmental science”.

<<http://genetics-education-partnership.mbt.washington.edu/download/toothpickfish.pdf>>

Acessado em 30/09/2009

Bibliografia e leitura complementar

Darwin – As chaves da vida. 2009. Scientific American Brasil, Gênios da Ciência.

Darwin e a Evolução: uma teoria que mudou o mundo. 2009. Ciência Hoje, 44: 34-55.

Charbel Nino El-Hani & Diogo Meyer. 2009. A evolução da teoria darwiniana. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 77-85.

Ernst Mayr. 2001. O que é Evolução. Editora Rocco, Rio de Janeiro.

Evolução da Evolução. 2009. Scientific American Brasil, 81: 26-79.

Stephen J. Gould. 2009. A imprevisível e fortuita evolução da vida. Scientific American Brasil, Especial História, nº 7: 64-75.

Agradecimentos

Aos inúmeros professores, alunos e colegas que executaram a atividade no evento “Genética na Praça”, durante 55º. Congresso Brasileiro de Genética, promovido pela Sociedade Brasileira de Genética em 2009, e que fizeram várias sugestões para aperfeiçoar a atividade.

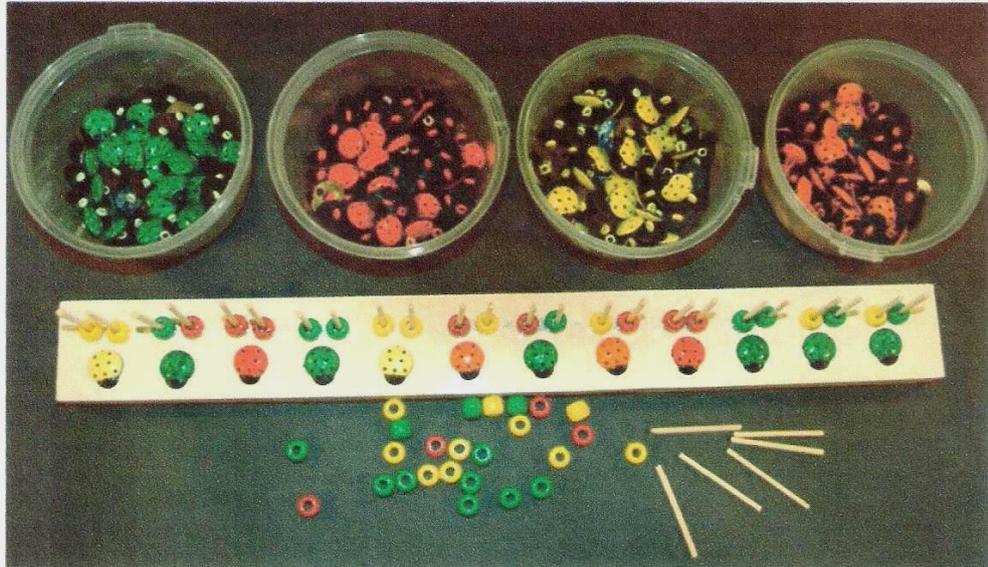


Figura 1. Foto ilustrativa do conjunto de peças utilizadas nessa atividade.

Tabela 1. Fenótipos e genótipos correspondentes

Fenótipos	Genótipos (cores dos pares de contas)
	  
	
	
	

OBS.: a combinação dos alelos vermelho e amarelo resulta em uma joaninha com as asas cor de laranja.
LEMBRE-SE, CADA CONTA REPRESENTA UM ALELO DO GENE QUE CONTROLA A COR DAS ASAS E NÃO A COR DA JOANINHA.

Tabela 2. Número de joaninhas descendentes de acordo com a cor de suas asas e seus genótipos, durante quatro gerações e em diferentes condições ambientais.

Fenótipos							
Genótipos			 	 	 	 	 
1ª geração							
2ª geração							
3ª geração							
<p>Acidente!!! Toda a vegetação morre. As joaninhas de asas verdes são facilmente vistas pelas aves e são predadas. Retire as joaninhas de asas verdes e seus alelos. Retorne os alelos dos sobreviventes para o saquinho e sorteie novamente.</p>							
4ª geração							

A seleção natural em ação: o caso das joaninhas

1. Cada conta representa um alelo do gene que confere a cor das asas das joaninhas. Certifique-se inicialmente de que há oito contas de cada cor no saquinho.
2. Simule uma primeira geração de joaninhas (12 indivíduos). Para isso, retire, sem olhar, um par de contas do saquinho, uma delas representa o alelo presente no espermatozóide e a outra, o alelo presente no óvulo. Coloque uma conta em cada palito e na frente de cada genótipo (par de contas), coloque a joaninha com o fenótipo correspondente, seguindo a Tabela 1. Faça o sorteio até completar as 12 joaninhas.
3. Conte o número de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2, na linha correspondente à primeira geração. O ambiente onde as joaninhas vivem é muito verde e com muita vegetação. As joaninhas de asas verdes estão bem camufladas dos predadores. As joaninhas de asas vermelhas ou cor de laranja estão razoavelmente camufladas. Entretanto, as joaninhas de asas amarelas são facilmente predadas nesse ambiente. Se você tem joaninhas de asas amarelas, elimine-as juntamente com seus alelos.
4. Coloque o restante dos alelos no saquinho. Simule a segunda geração de joaninhas de modo semelhante à primeira. Some o total de joaninhas com cada composição de alelos e preencha a Tabela 2. Elimine as joaninhas de asas amarelas e os respectivos alelos, coloque o restante das contas de volta no saquinho.
5. Simule a terceira geração, do mesmo modo descrito acima, e preencha a linha da terceira geração na Tabela 2.
6. Ocorreu um acidente! Uma indústria lançou dejetos de herbicida no ambiente, matando toda a vegetação. As rochas expostas são excelentes camuflagens para as joaninhas de asas amarelas, vermelhas e cor de laranja. Agora as joaninhas de asas verdes são facilmente vistas e predadas. Retire as joaninhas com asas verdes e seus respectivos alelos. Não remova as joaninhas com asas amarelas, caso elas tenham aparecido. Coloque o restante das contas no saquinho e sorteie a quarta geração. Preencha a Tabela 2.
7. Discutam em grupo:
 - a) Todos os alelos amarelos desapareceram após três gerações de eliminação das joaninhas com asas amarelas?
 - b) O tamanho da população diminuiu? Por que? Você esperaria que algo semelhante acontecesse na natureza?
 - c) Como é a população da terceira geração quando com parada com as gerações anteriores?
 - d) Algum alelo desapareceu completamente?
 - e) Compare a ocorrência dos diferentes alelos após a seleção contra as joaninhas com asas amarelas e após a seleção contra as joaninhas com asas verdes. Há diferença?
 - f) Como a interação entre os alelos explica os resultados do item e?
 - g) O que pode acontecer ao grupo de joaninhas da quarta geração se a vegetação verde crescer novamente?

ANEXO B: Atividade sobre fósseis

conceitos de Biologia 3 - Capítulo 4

ATIVIDADE: Interpretando restos e impressões fósseis

