

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

**POTENCIALIDADES DO USO DA METODOLOGIA DE
ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE
CIÊNCIAS – RELATO DE EXPERIÊNCIA.**

Felipe Scalabrini Pinto

Belo Horizonte

Abril de 2011

Felipe Scalabrini Pinto

**POTENCIALIDADES DO USO DA METODOLOGIA DE
ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE
CIÊNCIAS – RELATO DE EXPERIÊNCIA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof. Dra. Cláudia Sabino

Belo Horizonte

Abril de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

P659p Pinto, Felipe Scalabrini
Potencialidades do uso da metodologia de ensino por investigação no ensino de ciências - relato de experiência / Felipe Scalabrini Pinto. Belo Horizonte, 2011.
75 f. : il.

Orientador: Claudia de Vilhena Schayer Sabino
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

1. Ciência - Estudo e ensino - Investigação. 2. Evolução (Biologia). 3. Vertebrados - Evolução. 4. Ensino - Metodologia - Pesquisa. 5. Ciência - Experiências. 6. Alunos - Comportamento. I. Sabino, Claudia de Vilhena Schayer. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 5:37.02

Ficha catalográfica elaborada por Fernanda Paim Brito - CRB 6/2999

Felipe Scalabrini Pinto

**POTENCIALIDADES DO USO DA METODOLOGIA DE ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS – RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Prof^a. Dr^a. Cláudia de Vilhena Schayer Sabino - PUC Minas (Orientador)

Prof^a. Dr^a. Danusa Munford - UFMG (Banca Examinadora)

Prof. Dr. Fernando Costa Amaral - PUC Minas (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 29 de junho de 2011.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos direcionam-se a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente com a realização desse trabalho, que é também uma realização pessoal e profissional.

Agradeço especialmente:

A Deus, por ser Pai, piloto da minha vida, que em todas as coisas da minha vida está presente e atuante. Muitas vezes as dificuldades foram entregues a Ele e Nele foram resolvidas.

Aos meus pais, Antônio Fábio Vieira Pinto e Rose Mary Scalabrini Pinto, que me ensinaram a perseverar nos desejos que surgem pela vida, driblando dificuldades para sempre alcançar o status de “tarefa cumprida”. Foram eles que subsidiaram a minha vida para conquistas como essa.

Aos meus irmãos Fabiane Scalabrini Pinto, Frederico Scalabrini Pinto e Fernando Scalabrini Pinto, que me ensinaram ao longo da vida que sempre há alguém com quem contar, ensinamento muito válido na produção de um trabalho como esse.

À minha namorada, noiva e logo esposa, que foi quem efetivamente me deu “gás” para concretizar esse trabalho, me instigando ao sentido de responsabilidade e de perseverança. Esteve sempre ao meu lado, hora acrescentando carinho, hora acrescentado firmeza e disciplina. A você dedico a finalização dessa etapa de minha vida profissional.

Aos meus professores de ensino básico e superior, que respondem por boa parte das minhas habilidades mobilizadas para a execução desse trabalho. Seus nomes estão imortalizados no suor dessa dissertação;

Aos colegas professores do colégio Magnum e colégio Santo Antônio, que contribuíram com seus testemunhos e experiências que muito acrescentaram a esse trabalho. Agradeço especialmente a supervisora Daniela Diniz que dedicou de seu tempo para contribuir com as ações diárias dessa pesquisa.

À professora Dra. Cláudia Sabino, você foi meu discernimento e prudência necessária para o sucesso desse trabalho. Seu talento profissional foi imprescindível para a qualidade da minha dissertação, e sua afetividade e orientação cruciais para que esse projeto tivesse um fim.

Aos meus amigos Luis Flávio, Leonardo, Rafael , Henrique e Fábio pelo apoio nos momentos oportunos.

Ao programa de pós-graduação da PUC – Minas e aos colegas e amigos da 4ª turma de mestrado em Ensino de Biologia dessa universidade, que se uniram a um grande número de fatores que tornam a minha profissão cada vez mais prazerosa e realizadora , tornando-me um professor cada vez melhor;

Agradeço aos meus alunos participantes ou não desta pesquisa, vocês não são instrumentos e sim participantes ativos da minha construção como professor e pesquisador em ensino. É o aprendizado de vocês que impulsionam e direcionam o sentido da minha vida profissional e o empenho dispensado nela.

A todos os meus sinceros agradecimentos e o reconhecimento que essa dissertação não é obra apenas minha, mas de todos nós!

RESUMO

O ensino de ciências deve iniciar os estudantes nas idéias e métodos da comunidade científica. A metodologia de ensino por investigação é uma alternativa de caráter construtivista que permite ao aluno entender a natureza da ciência e sua conotação histórico-social, importante para assimilação dos conceitos e estímulo do aluno para o aprendizado em ciências. No presente trabalho foi feita análise da metodologia de ensino por investigação através da confecção e aplicação de uma seqüência didática sobre evolução. As aulas investigativas foram desenvolvidas com alunos da rede privada de Belo Horizonte e se dividiram em três módulos: No primeiro módulo foi introduzido o tema evolução e proposta a investigação quanto a evolução dos diversos grupos de vertebrados. No segundo, foram realizadas atividades de obtenção de dados comparativos sobre a estrutura esquelética dos grupos de vertebrados, o que permitiu a construção de explicações sobre a evolução desses seres. No terceiro módulo os alunos planejaram e executaram atividades de divulgação de seus resultados. O uso da investigação no ensino de ciências foi avaliado ao longo de todo processo e por meio de questionário aplicado ao final dos módulos. Ao vivenciar experiências de coleta e tabulação de dados, dificuldades e discordâncias na interpretação de resultados, uso de evidências na construção de explicações científicas e ações de divulgação de resultados, os alunos revelaram avanço na compreensão das ciências. Ao participarem de aulas investigativas, mostraram-se motivados e compreenderam melhor os conceitos e explicações científicas e desenvolveram habilidades de argumentação científica. Concluiu-se assim que o uso da metodologia de investigação no ensino de ciências é oportuno porque, além de potencializar a aprendizagem dos conhecimentos científicos, inclui as práticas da comunidade científica, inserindo os alunos em situações que se assemelham àquelas que ocorrem nas instituições de desenvolvimento científico.

Palavras chave: Ensino de ciências por investigação. Procedimentos da investigação científica. Argumentação científica. Ensino de Evolução. Evolução dos vertebrados.

ABSTRACT

The science education must start students on the ideas and methods of the scientific community. The teaching methodology for research is a constructive alternative character that allows the student to understand the nature of science and its social and historical connotation, important for assimilation of concepts and encouragement for student learning in science. In the present study was to analyze the methodology of teaching on research through the creation and use of a didactic sequence of evolution. The investigative classes were developed with students from private and Belo Horizonte were divided into three modules: The first module was introduced the topic and proposed research developments as the evolution of different vertebrate groups. The second module, activities were undertaken to obtain comparative data on the skeletal structure of the vertebrate groups, which allowed the construction of explanations of the evolution of these beings. In the third module, students planned and carried out activities to disseminate their results. The use of research in science education was evaluated throughout the process and through a questionnaire applied at the end of the modules. To gain experience searching and tabulation of data, difficulties and disagreements in the interpretation of results, use of evidence in the construction of scientific explanations and actions for the dissemination of results, students showed progress in understanding how science is done. By participating in investigative classes, students were shown to be motivated and understand the concepts better and develop scientific explanations and scientific reasoning skills. It was thus concluded that the use of research methodology in science education is timely because, in addition to enhance the learning of scientific knowledge, includes the practices of the scientific community, placing students in situations that resemble those that occur in institutions scientific development.

Keywords: Teaching science by inquiry. Procedures of scientific research. Scientific reasoning. Teaching Evolution. Vertebrate evolution.

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	Os desafios do ensino de ciências nos dias atuais	3
2.2	A metodologia de ensino de ciências por investigação	6
2.3	A prática da metodologia de ensino por investigação	7
2.4	Os desafios no uso da metodologia de ensino por investigação	13
2.5	A argumentação como grande triunfo do ensino de ciências por investigação 15	
2.6	O ensino de evolução no ensino fundamental	16
3	OBJETIVOS	19
4	METODOLOGIA.....	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	Análise do comportamento e produção dos alunos durante as aulas investigativas	24
5.2	Análise das respostas do questionário	39
6	PRODUTO.....	51
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
8	APÊNDICES.....	58
9	ANEXOS.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Habilidades e compreensões dos alunos desenvolvidas durante atividades de investigação científica (traduzido com adaptações a partir de NRC, 2000).	9
Tabela 2: Possíveis variações nas práticas investigativas, mas que contemplem as características essenciais dessa metodologia de ensino (adaptado de Munford, 2007).	12
Tabela 3: Tabela construída pelos alunos com aspectos esqueléticos dos vertebrados através de dados coletados na visita ao museu e em pesquisa bibliográfica.	27
Tabela 4: Percepção dos alunos do grupo controle quanto aos procedimentos da investigação científica, conforme respostas da questão 4 do questionário.	41
Tabela 5: Percepção dos alunos do grupo teste quanto aos procedimentos da investigação científica conforme respostas da questão 4 do questionário.	41
Tabela 6: Porcentagem de alunos dos grupos controle e teste que citaram cada procedimento como componente do processo de construção do conhecimento científico.	42
Tabela 7: Classificação das respostas da questão 11 dos alunos dos grupos controle e teste quanto a níveis relativos à associação de conclusões científicas com as evidências em que se apóiam.	45
Tabela 8: Modelos de respostas obtidas na questão 10 do questionário por especialista, com alunos do grupo controle e teste.	47
Tabela 9: Nivelamento da compreensão dos alunos dos grupos controle e teste quanto a compreensão da seleção natural com base nas respostas da questão 12 do questionário.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Montagem de modelo do esqueleto humano	26
Figura 2: Grupo de alunos participantes do projeto durante visita técnica ao Museu de História Natural da PUC - Minas.	28
Figura 3: Visão lateral do crânio de camelo que revela sua única fossa temporal.....	29
Figura 4: Visão inferior do crânio de um crocodilo (A) e visão inferior do crânio de um dinossauro (B) que revelam a presença de duas fossas temporais.	29
Figura 5: Visão frontal do membro anterior do rinoceronte (A), visão inferior do membro anterior de um dinossauro (B), visão inferior do membro anterior de uma baleia (C), visão superior do membro anterior de morcego (D), revelam o padrão ósseo dos membros anteriores dos vertebrados	30
Figura 6: Cladograma construído pelos alunos, sob orientação do professor, sobre a possível árvore de parentesco dos vertebrados, evidenciada pelo padrão de presença e quantidade de fossas temporais. Os números 1 e 2 seriam possíveis momentos em que a característica ser sinapsida (1) e ser diapsida (2) teria aparecido.	32
Figura 7: Histórias em quadrinhos construídas por um grupo de alunos, apresentando hipótese sobre a origem dos primeiros vertebrados terrestres.	33
Figura 8: Histórias em quadrinhos construídas por um grupo de alunos, apresentando hipótese sobre a origem dos mamíferos aquáticos.	33
Figura 9: Apresentação de pôster durante a feira de ciências.	35
Figura 10: Fotos da apresentação do teatro durante Feira Literária.....	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados da compreensão dos alunos dos grupos controle e teste acerca da teoria da evolução a partir da análise das respostas da questão 7 do questionário.	48
---	----

1 INTRODUÇÃO

Para qualquer sociedade, o domínio dos conhecimentos científicos pela população permite uma melhor vivência de sua cidadania e maior qualificação para influir no trabalho, mais especificamente nos setores produtivos (Castro, 2009). A participação do Brasil em pesquisas internacionais sobre educação, como o IEA (*International Evaluation of Educational Achievement*) e o PISA (*Programme for International Student Assessment*), tem revelado a fragilidade da aprendizagem em ciências no Brasil. Novos caminhos devem ser traçados para que o ensino de ciências deixe o modelo centrado na memorização de informações e passe a ser o ensino de como fazer ciências (Castro, 2009).

Para Paula (2004), o quadro insatisfatório quanto ao ensino de ciências no ensino básico brasileiro justifica-se pela limitada compreensão do corpo docente quanto às ciências naturais, devido à incorporação, por parte dos professores, de uma cultura de ensino em ciências transmissiva e pautada na memorização, à má qualidade dos materiais de apoio pedagógico e ao desconhecimento de práticas pedagógicas que retracem o caminho do ensino de ciências.

A pesquisa e divulgação de metodologias de ensino que tracem novo rumo para o ensino em ciências, e sua necessária apropriação por parte dos professores, podem compor um conjunto de fatores que transformem o ensino de ciências em níveis satisfatórios.

No presente trabalho, propõe-se uma revisão sobre a metodologia de ensino de ciências por investigação e produção, aplicação e avaliação de uma sequência didática inspirada nesse modelo de ensino.

O capítulo 2 desta dissertação, apresenta uma revisão bibliográfica com foco nos estudos que revelam as potencialidades do uso da investigação no ensino de ciências, as características essenciais e as variações dessa alternativa pedagógica. O capítulo trata do papel do professor no ensino investigativo das dificuldades e limitações dessa metodologia.

O capítulo 3 traz o objetivo geral e os objetivos específicos dessa dissertação.

No capítulo 4, é apresentada a opção de desenvolvimento de uma sequência didática com base na metodologia de ensino por investigação para o tema evolução. As aulas que constituíram o projeto foram descritas passo a passo, juntamente com a metodologia de coleta de dados. Parte dos textos utilizados durante as aulas integram o capítulo Apêndice dessa dissertação, a título de exemplificação, mas alguns deles foram apenas devidamente referenciados. O termo de livre consentimento dos pais/responsáveis e o questionário aplicado aos alunos, bem como o roteiro do teatro e o pôster, produtos finais da pesquisa dos alunos, foram anexados e compõem o capítulo Anexos.

O capítulo 5 da dissertação, referente aos Resultados e Discussão, foi segmentado em dois subitens: o primeiro apresenta e analisa produções diversificadas dos alunos ao longo dos encontros; o segundo, também apresenta e analisa modelos de resposta dos alunos para o questionário aplicado.

O capítulo 6, por sua vez, apresenta o produto dessa dissertação, uma sequência didática embasada na metodologia de ensino por investigação. Ela pode ser repetida por professores de ciências para o estudo do tema evolução ou pode inspirar e nortear o uso dessa metodologia no estudo de outras unidades didáticas. É importante ressaltar a necessidade de adaptação da sequência didática a partir de um olhar sobre o alunado, adequando às realidades relativas às particularidades de cada momento da escolaridade, à experiência escolar, aos recursos disponíveis e à própria organização lógica e interna dos conteúdos.

Por fim, o capítulo 7 apresenta as considerações finais do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os desafios do ensino de ciências nos dias atuais

A área de pesquisa em ensino de ciências evolui para reverter um quadro de insatisfação de segmentos da sociedade com a educação em ciências no Brasil. Tal insatisfação ocorre pela dificuldade das escolas para atingir o objetivo do ensino nessa área, preconizado pelo MEC, que estabelece que os estudantes devem:

“Compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural” (PCN de Ciências naturais para a 5ª a 8ª séries, Brasília, D. F.).

Alguns trabalhos têm explicado a ineficiência do ensino de ciências em atingir tal meta. Uma das razões dessa ineficácia seria por esse ensino centrar-se na promoção apenas do acesso dos estudantes a um determinado conjunto de conceitos, modelos e teorias geradas pelas ciências, priorizando a memorização e ignorando que esses são construídos socialmente em um dado contexto histórico (Paula, 2004).

A LDB 4.024/61 propõe uma participação mais ativa do aluno na busca pela aprendizagem e o uso de atividades práticas para o entendimento da evolução do conhecimento científico. Mesmo após as modificações no ensino ocorridas após a promulgação da lei e com a influência teórica da Nova Escola, o perfil de ensino manteve-se focado no conhecimento dos produtos da ciência, sendo os estudos do fazer científico limitado ao conhecimento do “método científico”, uma sequência rígida de passos baseados na neutralidade e na objetividade, não correspondentes à realidade (PCN, 1997).

A análise do ensino de ciências atual tem permitido afirmar que a sua prática tem levado os estudantes a não aprenderem os conteúdos das Ciências, absorvendo-os como conhecimentos abstratos e sem contexto,

produzindo nos estudantes conceitos e previsões científicas imunes de questionamentos e mudanças (Brown, 1989). Isso porque a metodologia de ensino por transmissão e repetição, denominada metodologia da superficialidade e predominante nas instituições de ensino básico, educa os alunos como estudantes que generalizam observações e teorias de maneira acrítica e não controlada, raciocinando de forma causal e linear (Campos e Nigro, 1999). Há, assim, um distanciamento entre a ciência praticada nos centros de pesquisa e a ciência ensinada nas escolas do ensino básico. Driver (1999) defende que a educação em ciências deve considerar em sua escolha metodológica a natureza do conhecimento a ser ensinado.

Apesar das múltiplas visões sobre a natureza da ciência, exemplificadas pelas diversas correntes da filosofia acerca de como se dá a construção do conhecimento científico, Driver (1999) descreve o objeto estudado na ciência como construções mentais, ou experimentais impostas pelos cientistas na tentativa de interpretar e explicar um fenômeno natural, e não uma leitura onisciente desses eventos, ficando clara a existência das concepções pessoais, sociais e históricas na construção dos conhecimentos científicos.

As novas propostas metodológicas para o ensino de ciências têm embasado essa prática sobre a diretriz de que aprender sobre a construção das ciências é tão importante quanto aprender as ciências. (Paula, 2004). Cientistas da educação defendem que aprender ciências envolve ser iniciado nas ideias e práticas da comunidade científica e tornar essas ideias e práticas significativas no nível individual.

Em uma perspectiva construtivista, a aprendizagem ocorre através “do envolvimento ativo do aluno com a construção do conhecimento e as ideias prévias dos alunos têm papel fundamental no processo de aprendizagem” (PCN, 1997).

À luz da teoria Vygotskyana, a aprendizagem em ciências ocorre na interação com os demais durante o envolvimento nos problemas significados e práticas científicas apresentados por um tutor com mais experiência (o professor), que permite a enculturação do aprendiz com a construção do conhecimento (Driver, 1999).

Fica como papel do professor oferecer as experiências e atuar como motivador na busca de respostas que contrastem, associem-se ou colaborem com as concepções anteriores de seu aluno.

Explicitando essa ideia, Driver et. al.(1999) afirmam que:

“Aprender ciências envolve a introdução das crianças e adolescentes a uma forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicitá-lo; é tornar-se socializado, em maior ou menor grau, nas práticas da comunidade científica, com seus objetivos específicos, suas maneiras de ver o mundo e suas formas de dar suporte às assertivas do conhecimento.”

Contrapondo-se ao ensino tradicional, o ensino por investigação pode ser uma alternativa de caráter construtivista, em que o conhecimento é construído ativamente pelo aprendiz, por meio de atividades práticas ou não, que desafiem as concepções prévias do estudante, apoiando-se, assim, em suas experiências vividas em um dado contexto social e histórico (Driver, 1999).

Tal estratégia aproxima-se efetivamente não só da ideia de ensino de ciências instituída pelo PCN, mas também da definição PISA para competência científica que é: “a capacidade de empregar o conhecimento científico para elaborar questões e extrair conclusões baseadas em provas, a fim de compreender e tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças que a atividade humana produz nele.” (OECD/INECSE, 2004)

Essa proposta metodológica é coerente com a expectativa atual de que o ensino de ciências no ensino fundamental trabalhe a curiosidade do aluno e a direcione para a participação na construção de um conhecimento científico próprio, ancorado na prática da observação e experimentação, seja ela teórica ou prática. Assim, revela Melina Furman:

“Quando falo de estabelecer as bases do pensamento científico no ensino fundamental, estou falando de “educar” a curiosidade natural dos alunos para hábitos do pensamento mais sistemáticos e mais autônomos. Por exemplo, orientando-os a encontrar regularidades (ou raridades) na natureza que os estimulem a se fazerem perguntas, ajudando-os a elaborar explicações possíveis para o que observam e a imaginar maneiras de colocar em prova sua hipótese; e ensinando-lhes a trocar ideias com outros, fomentando que sustentem o que dizem com evidências e que as busquem por trás das afirmações que escutam.”

O pensamento de inovar no ensino de ciências perpassa, então, por uma proposta de ensino investigativo, ideia ainda pouco divulgada e discutida no Brasil e com pouco alcance dos professores do ensino básico a referenciais teóricos desse modelo de ensino/aprendizagem. Instituições como a Universidade Federal de Minas Gerais já promovem cursos de formação de professores com foco no ensino por investigação, mas ainda é necessário avaliar o alcance das inovações acadêmicas da área no campo da educação propriamente dito e construir estratégias para expandir a divulgação do método de ensino por investigação para os profissionais de ensino.

2.2 A metodologia de ensino de ciências por investigação

O ensino de ciências por investigação apresenta-se como estratégia eficaz para potencializar o aprendizado. A prática de investigação permite ao aluno entender a natureza da ciência e sua conotação histórico-social, importantes para a assimilação dos conceitos e para o estímulo do aluno ao aprendizado em ciências (Sandoval, W. A., 2003). Esse método se apresenta como oportunidade de entender as explicações científicas como conclusões alcançadas durante um processo de investigação científica orientada, ocorrida nas universidades e centros de pesquisa (Munford, 2007).

O ensino por investigação promove a superação da “metodologia da superficialidade” (Campos e Nigro, 1999), estabelecendo ações que aproximem a ciência das salas de aula à prática científica nas instituições de produção científica. Conforme salientado no *National Science Education Standards* (NSES) (*National Research Council - NCR, 1996*), os alunos que usam inquérito para aprender a ciência se envolvem em muitas das mesmas atividades e processos de raciocínio que os cientistas constantemente utilizam para ampliar o conhecimento humano do mundo natural. A investigação também facilita o entendimento de conceitos e a memorização de fatos através de situações de observação, análise e inferências que requerem outras habilidades intelectuais além do conteúdo (Campos e Nigro, 1999).

Atividades investigativas permeiam um maior número de conteúdos procedimentais, como sugere os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de ciências, proporcionando o desenvolvimento de técnicas de observação e documentação, execução de pesquisas bibliográficas, relatos verbais e escritos, elaboração, execução e análise de atividades experimentais, análise e apresentação de dados, identificação e controle de variáveis, formulação de hipóteses, reconhecimento de problemas, medição de objetos e transformações, entre outros (Campos e Nigro, 1999).

Os conteúdos procedimentais são importantes por habilitarem os estudantes à execução de atividades científicas, sobrepujando à aprendizagem superficial das generalizações e assumindo posição crítica sobre observações e análise de evidências (Campos e Nigro, 1999).

Corroborando com essa visão, Schwab (1960) afirma que, para se chegar ao conhecimento científico, é preciso conhecer e refletir sobre os procedimentos e práticas aceitos no meio científico como válidos, para a construção dos modelos científicos, algo proposto pelo ensino de ciências por investigação. Para o autor, os procedimentos e dados experimentais devem ser apresentados aos alunos antes da explicação científica derivada deles.

A vivência da prática investigativa colabora ainda para que o alunado diferencie o senso comum do conhecimento científico, reconhecendo neste último um conjunto de teorias que expliquem o mundo natural, embasadas em evidências obtidas por métodos que seguem regras pré-estabelecidas e aceitas por uma comunidade científica (Driver, 1999).

2.3 A prática da metodologia de ensino por investigação

Para Bybee 2006, o uso da investigação no ensino de ciências deve considerar as características essenciais da investigação científica para que possam ser utilizadas como estratégia de ensino. A produção científica é diferente da concepção generalizada de que a ciência segue sempre um

método estático, iniciado pela observação, levantamento de hipóteses, seguida por experimentos que devem confirmar ou não a hipótese levantada.

A história mostra que a ciência segue processos investigativos diversificados e adequados à área do conhecimento (enquanto, por exemplo, a evolução biológica considera as mudanças celulares ao longo de vasta escala de tempo, a biologia molecular considera as características celulares em tempo real [Bybee, 2006]). Assim, a aprendizagem de ciências utilizando investigação deve transformar a ideia de construção científica como um processo totalmente lógico, objetivo e impessoal para uma concepção mais contextualizada, considerando aspectos subjetivos e comunitários, que se relacionam ao longo do desencadeamento de uma pesquisa. Os alunos não entenderão, portanto, a investigação científica simplesmente por aprender palavras como "hipótese" e "inferência" ou através da memorização de procedimentos como "os passos do método científico." (Olson, 2000).

A investigação científica guarda objetivos comuns às diversas áreas que devem ser trabalhadas em ensino investigativo. Todo cientista tenta melhorar a compreensão e as explicações sobre os fenômenos naturais. A investigação ocorre enquanto o cientista utiliza o seu pensamento lógico, o seu talento, a imaginação, intuição, coragem e, frente a evidências obtidas experimentalmente, cria explicações científicas. Assim, dois grupos científicos podem chegar a conclusões diferentes frente aos mesmos resultados experimentais.

Para NCR(1996), as atividades baseadas em investigação devem contribuir para que os estudantes:

- entendam os conceitos científicos;
- compreendam a origem dos conhecimentos em ciências;
- ampliem habilidades para desenvolverem investigações científicas;
- motivem-se para utilizar habilidades e atitudes associadas à ciência.

Na Tabela 1, encontramos as habilidades e compreensões, preconizadas pela *National Science Education Standards* (NSES), que os alunos de ensino Fundamental (Grade 5-12) devem desenvolver durante a metodologia de ensino por investigação:

Tabela 1: Habilidades e compreensões dos alunos desenvolvidas durante atividades de investigação científica (traduzido com adaptações a partir de NRC, 2000).

Habilidades necessárias para fazer investigação científica	Compreensão sobre a investigação científica
Identificar questões que podem ser resolvidas através de investigação científica.	Dependendo da situação-problema, são necessários diferentes tipos de investigação científica.
Planejar e desenvolver uma investigação científica.	O conhecimento e a compreensão prévia da ciência guiam a investigação científica.
Usar ferramentas e técnicas de tabulação, análise, e interpretação de dados.	Matemática é importante em todos os aspectos da investigação científica.
Construir descrições, explicações, previsões e modelos usando evidências.	Uso de tecnologias na tabulação de dados favorece sua análise e interpretação dos resultados da investigação.
Pensar criticamente e logicamente para estabelecer relações entre evidências e conclusões.	Explicações científicas baseiam-se em evidências, têm argumentos consistentes e usam princípios científicos, modelos e teorias.
Reconhecer e analisar explicações alternativas.	O avanço da ciência apoia-se em pesquisas de caráter cético.
Tornar públicos procedimentos e explicações.	Investigações científicas algumas vezes resultam em novas ideias e fenômenos para estudo.
Usar a matemática como instrumento em todos os aspectos da investigação científica.	

A identificação das questões de caráter científico ocorrerá pela observação cuidadosa do espaço natural que motivará os alunos por meio da curiosidade humana a questionar-se sobre o como ou o por que do acontecido. Nessa fase de problematização, é importante a formulação das hipóteses e questões, da justificativa e dos objetivos da pesquisa. (Ferreira de Sá, 2008).

O planejamento e desenvolvimento da investigação ocorrerão pela proposição de explicações preliminares, orientadas pelos conhecimentos anteriores e pelo estabelecimento de um plano de ações que irão reunir evidências que embasem uma explicação científica para a questão formulada. As hipóteses formuladas nessa fase devem estar pautadas na razão. De acordo com o NSES 2000, "as explicações sobre o mundo natural baseadas em mitos, crenças pessoais, valores religiosos, a inspiração mística, a superstição ou a autoridade podem ser pessoalmente úteis e socialmente relevantes, mas não são científicos". Assim, as hipóteses devem ser

consistentes com evidências experimentais ou observacionais e baseadas em argumentos lógicos.

O plano de ação abrangerá um conjunto de métodos para recolher (testes, experimentos, observações planejadas, entrevistas), catalogar (construção de planilhas, tabelas, gráficos, imagens) e analisar dados (realizar comparações, encontrar padrões, descartar dados). Os métodos de recolhimento de dados devem ser acessíveis e adequados ao grau de desenvolvimento dos alunos.

Terminada essa etapa, os dados poderão ser utilizados para a construção de explicações científicas fundamentadas nas evidências. Ainda assim, devem-se considerar outras explicações, identificando pontos comuns ou contraditórios e tentando, ainda, explicar o porquê de semelhanças e diferenças, o que pode levar a uma nova investigação. O estudante deve, criticamente, indicar pontos fortes e fracos de suas conclusões, avaliando-os e contrapondo-os às explicações alternativas, o que pode resultar em eventual eliminação, revisão das explicações ou em outras investigações (Olson, 2000).

Na finalização da investigação, é importante a divulgação dos resultados da pesquisa para outros alunos, oferecendo-lhes a oportunidade de análise e discussão em grupo. Essas socializações podem levar, ainda, à solução de possíveis contradições e fortalecer as explicações geradas.

De acordo com a NSES (2000), são práticas essenciais do ensino de ciências por investigação:

- desenvolvimento de perguntas que possam orientar uma investigação científica;
- apoio em evidências na proposição de explicações sobre o mundo natural;
- reflexão crítica sobre suas explicações, contrapondo-as a outras alternativas científicas acerca do problema;
- comunicação e justificativa de suas explicações.

Para Ferreira de Sá et. al. 2008, atividades de caráter investigativo devem ainda “ser, sempre que possível, generativas, ou seja, devem desencadear debates, discussões, outras atividades experimentais ou não”.

Na literatura, é possível encontrar pequenas outras variações para definição de ensino por investigação, o que mostra o caráter plural dessa metodologia.

Compreende-se, assim, que nem toda atividade de ensino por investigação deve conter todas as possíveis características encontradas na literatura, variando de acordo com os objetivos traçados, a unidade didática trabalhada e as características do grupo de estudantes (Munford, 2007).

Fica a cargo do professor planejar e orientar a atividade, oferecendo aos alunos uma situação-problema a ser investigada, subsidiando o trajeto investigativo dos alunos e o levantamento e tabulação de dados, auxiliando o estabelecimento de relações entre evidências e explicações teóricas e criando espaço para discussão e a argumentação entre os estudantes (Ferreira de Sá et. al. 2008).

Para que a investigação se aproxime o melhor possível da prática científica, é preciso que a figura do professor, reconhecida como autoridade no ramo, dialogue com os alunos, introduzindo ideias e ferramentas que colaborem para alcançar os fins desejados. O professor deve, ainda, diagnosticar as interpretações feitas pelos alunos quanto ao processo e as conclusões geradas, a fim de apontar erros conceituais e procedimentais, orientar as próximas ações e mediar o conflito entre o mundo cotidiano e o mundo da ciência (Driver, 1999).

Dependendo da atuação do professor, a atividade investigativa se caracterizar como aprendizagem mais ou menos autônoma. Por um lado, o professor pode conduzir uma atividade altamente estruturada, com pouca autonomia do estudante, com o alcance dos alunos a resultados e explicações bem conhecidas e construídas pela ciência, como, por exemplo, estudar o porquê de uma sanguessuga conseguir a hematofagia sem sofrer com as alterações hemostáticas do hospedeiro. Por outro lado, pode haver explorações livres de fenômenos naturais pouco explicados, gerais ou específicos, como estudar o porquê da grande população de formigas em uma sala da escola, exigindo mais autonomia do aluno. (Osion, 2000).

Como proposta pelos Parâmetros Curriculares Norte Americanos e também divulgada por Munford (2007); a Tabela 2 apresenta as possíveis variações das atividades investigativas, considerando as características essenciais do ensino por investigação.

Tabela 2: Possíveis variações nas práticas investigativas, mas que contemplem as características essenciais dessa metodologia de ensino (adaptado de Munford, 2007).

Característica essencial	Variações			
	1. Os alunos desenvolvem perguntas que possam orientar uma investigação científica.	Alunos propõem uma questão.	Alunos solucionam questões entre temas previamente propostos e colocam novas questões	Alunos delimitam melhor e tornam mais clara questão fornecida pelo professor, ou por materiais ou outras fontes.
2. Os alunos apóiam-se em evidências na proposição de explicações sobre o mundo natural.	Alunos determinam quais seriam as evidências e realizam coletas de dados, criando respostas à situação-problema à luz das evidências.	Alunos são direcionados na coleta de dados e na análise e formulação de explicações, baseando-se nas evidências.	Alunos recebem dados já tabulados e possibilidades de uso das evidências para criar explicações.	Alunos recebem dados tabulados e instruções de como analisá-los para criarem suas explicações.
3. Os alunos refletem criticamente sobre suas explicações, contrapondo-as a outras alternativas científicas acerca do problema.	Alunos examinam independentemente outros recursos e estabelecem as relações com as explicações.	Alunos são direcionados para áreas ou fontes de conhecimento científico.	Alunos são informados sobre possíveis conexões.	
4. Os alunos comunicam e justificam suas explicações.	Alunos constroem argumentos razoáveis e lógicos para comunicar explicações.	Alunos são treinados no desenvolvimento da comunicação.	Alunos recebem diretrizes para tornar sua comunicação mais precisa.	Alunos recebem instruções passo a passo e procedimentos para se comunicarem.

Mais Menos ← **Nível de autodirecionamento dos alunos** / **Nível de direcionamento do professor ou do material** → **Menos Mais**

Na escala apresentada na tabela, quanto mais à esquerda, maior a autonomia do aluno durante a investigação. Quanto mais à direita, maior é a participação e orientação do professor no processo.

O ensino por investigação guarda, então, uma forma que o define, mas também se apresenta como sendo uma prática plural, diversificada quanto às habilidades trabalhadas e quanto à autonomia do aluno na montagem e desenvolvimento da investigação.

As atividades de caráter investigativo podem variar ainda com a execução de experimentação em campo ou em laboratório, com o uso de objetos de aprendizagem, como vídeos e simuladores, com a busca e o

levantamento de dados, com avaliação de evidências, construção de um projeto de pesquisa, entre outras possibilidades (Ferreira de Sá et. al. 2008).

O uso de textos de divulgação científica no ensino contribui também para o entendimento dos alunos sobre investigação. Através de um artigo científico, abre-se espaço de discussão sobre os detalhes da investigação: os problemas, os dados, o papel da tecnologia, as interpretações dos dados e inferências sobre eles (Osion, 2000).

Um ensino de ciências que siga o viés investigativo desenvolverá no aluno, ao longo do tempo, as habilidades reconhecidamente científicas e a articulação livre do aprendiz, que permita o papel cada vez mais ativo em práticas de construção do conhecimento científico.

2.4 Os desafios no uso da metodologia de ensino por investigação

Para nem toda unidade didática em ciências o uso da investigação é adequado (Munford, 2007). Assim, é importante a identificação dos conteúdos em que seja válido o desenvolvimento dessa metodologia.

Ainda para Munford 2007, iniciar uma prática investigativa, constitui-se como um dos maiores desafios a conceituação do que é uma questão científica, que pode ser levantada e motivar uma investigação. Para orientar essa etapa, os Parâmetros Curriculares Norte-Americanos caracterizam as questões científicas como perguntas:

- centradas em objetos, organismos e eventos do mundo natural;
- relacionadas a conceitos científicos;
- que levam a investigações empíricas, à coleta e ao uso dos dados na construção das explicações científicas.

Tais perguntas correspondem à tentativa de se explicar o porquê de um fenômeno natural ou como um determinado fenômeno acontece, conforme descrito nos Parâmetros Curriculares Norte-Americanos:

Os alunos devem engajar-se em questões cientificamente orientada; (...). Essas são perguntas que se prestam à investigação empírica e levam à obtenção e à utilização de dados para desenvolver explicações para os fenômenos científicos. Cientistas reconhecem dois tipos principais de questões científicas. Perguntas originadas na necessidade de explicar o "porquê". Por que objetos caem em direção à Terra? Por que algumas rochas contêm cristais? Por que os seres humanos têm câmaras no coração? Muitos "por que" não podem ser resolvidos pela ciência. Há também perguntas de cunho causal / questões funcionais, que se interrogam sobre os mecanismos e incluem a maioria das questões "como". Como o sol ajuda as plantas a crescer? Como os cristais são formados?

Na investigação na escola, perguntas focadas no “como” são mais proveitosas, sendo que as perguntas focadas no “por que” podem transmitir uma necessidade de causalidade dos fenômenos naturais e, talvez, devem ser adaptadas para perguntas que busquem o “como”.

Sandoval (2003) destaca ainda o desafio dos estudantes entenderem o motivo e os objetivos daquela investigação, e não apenas entender o processo de investigação para enxergar coerência nas explicações científicas, o que pode limitar seu envolvimento com a atividade.

Ainda na tentativa de reproduzir na escola as práticas da comunidade científica na construção do conhecimento, é provável que o professor se depare com obstáculos e limitações, originados pelas diferenças de objetivos institucionais e pela diferença de recursos humanos e materiais, sendo a escola desprovida de materiais e equipamentos sofisticados presentes na academia, bem como de pessoas bem formadas em teoria e prática para encabeçarem uma pesquisa (Ferreira de Sá et. al. 2008). É comum que os educadores não estejam familiarizados com as atividades e a sequência de pensamentos usadas por cientistas e que seriam importantes para a aplicação do ensino por investigação (Osion, 2000). Além disso, esses profissionais têm acesso limitado à divulgação científica, ao menos em tempo real (Ferreira de Sá et. al. 2008).

O tempo disponível e a experiência dos alunos com as práticas investigativas podem também ser obstáculos para o ensino por investigação e serão, muitas vezes, determinantes para a definição do professor quanto ao grau de orientação que ele dará durante as aulas investigativas (Munford, 2007).

Todos os fatores dificultadores citados não serão um entrave ao uso da metodologia por investigação. O professor deve adequar a proposta metodológica à sua realidade, à realidade de seus alunos e à de sua instituição de ensino. As modificações efetuadas pelo professor para adequação não desclassificarão sua aula como ensino por investigação, tão pouco propiciarão a perda dos benefícios que ela trará para a aprendizagem científica dos alunos. É importante ressaltar que não se deve pretender que a complexidade intrínseca às teorias científicas e aos processos que levam à sua formulação seja a mesma que organiza o ensino e a aprendizagem em ciências, mas sim uma aproximação que permita a compreensão das ciências e de sua construção (PCN, 1997).

2.5 A argumentação como grande triunfo do ensino de ciências por investigação

Uma evidência da apropriação por parte dos alunos de uma ciência sem contexto, construída de forma arbitrária, é a dificuldade de argumentação científica. Tanto em avaliações orais quanto escritas o alunado prioriza a descrição dos conhecimentos científicos, desconectando-os dos dados e evidências que os validam. Para Splitter, L. J. e Sharp, A. M. (2001),:

“a educação no Brasil tem formado alunos no ensino médio, pelo depoimento dos próprios empregadores e professores universitários, “que não pensam de maneira construtiva, flexível e criativa, passam por dificuldades quando precisam encontrar argumentos para suas opiniões ou examinar minuciosamente, com olhar crítico, os pontos de vista próprios e alheios, não conseguem estabelecer uma distinção entre conhecimento e convicções, não se saem bem em análise crítica ou verbal e fazem digressões sem bons argumentos em discussões e ensaios.”

A metodologia de ensino de ciências por investigação destaca-se na medida em que desenvolve no aluno habilidades para argumentação. Permite-se a ele justificar os conhecimentos proferidos pela ciência e, dessa forma, compreender o porquê acreditar em determinadas explicações científicas e

ainda utilizá-las na determinação de comportamentos, como ações de prevenção em saúde individual ou cuidados de preservação ambiental. Assim sendo, a validação dos conhecimentos científicos escolares deixa de se apoiar apenas no peso e na autoridade dados à fala do professor, passando a ser creditada por estar embasada em provas obtidas em pesquisa (Munford, 2007). Essa justificação científica é também denominada *argumentação*.

No informe PISA (OECD/INECSE, 2004), a argumentação é valorizada ao citar como competência científica:

“a capacidade de empregar o conhecimento científico para identificar perguntas e extrair conclusões apropriadas a partir de fatos e dados obtidos, de criticar os argumentos de outros se utilizando de tais dados e de diferenciar opiniões de explicações científicas fundamentadas”.

Como propõe Mortimer e Scott (2003), o ensino por investigação, ao colocar os alunos como praticantes dos processos e pensamentos científicos, permite a enculturação do aluno às práticas científicas, inclusive

“das práticas discursivas da comunidade científica”. Não se deve, assim, apenas oportunizar aos estudantes o uso dos instrumentos científicos, mas também a apropriação de linguagem científica, sendo esta parte integrante da alfabetização científica” (Jiménez, 2005).

2.6 O ensino de evolução no ensino fundamental

Ainda que seja possível estudar ciências sem mencionar teorias evolucionistas, o conhecimento sobre evolução permite um aprofundamento sobre perguntas comuns e básicas sobre as ciências naturais. Perguntas como o porquê da diversidade biológica, as razões das semelhanças entre os seres e, ainda, perguntas sobre as transformações do mundo físico e dos processos biológicos ao longo do tempo são respondidas à luz do pensamento evolutivo. O estudo da evolução impacta também no entendimento da física, química, geologia, entre outras ciências. (National Academy of Sciences, 1998).

Gould (1997) afirma que “de todos os conceitos fundamentais nas ciências da vida, a Evolução Biológica é considerado o mais importante e também o mais mal compreendido”. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental argumentam que conceitos da área das Ciências Naturais que transpassam as diferentes ciências, como o conceito de evolução, devem nortear os conteúdos do aprendizado.

Para as Ciências Biológicas, a Evolução Biológica representa, na concepção de Futuyma (1992), um elemento unificador através do qual muitos e variados fatores, como as semelhanças anatômicas e fisiológicas entre diferentes espécies, os conhecimentos sobre embriologia animal, a diversidade de espécies e os registros fósseis entre outros, são integrados e explicados.

Entende-se, dessa forma, que a biologia evolutiva é o princípio organizador para a compreensão do mundo natural e seu ensino deve preparar os estudantes para compreender questões atuais e futuras sobre o mundo natural (De Santis, Larisa R. G., 2009). Tal compreensão é essencial para nortear as atividades do homem que se relacionam com o ambiente, como a agricultura e a exploração mineral. O estudo da evolução, por exemplo, permite a previsão de fenômenos e a busca por recursos naturais.

O estudo de evolução aparece nos Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais como eixo de integração de diversas áreas das ciências naturais. O documento ainda sugere uma metodologia adequada à complexidade de seus conceitos e teorias:

“os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo. Para o aprendizado desses conceitos, bastante complicados, é conveniente criarem-se situações em que os alunos sejam solicitados a relacionar mecanismos de alterações no material genético, seleção natural e adaptação, nas explicações sobre o surgimento das diferentes espécies de organismos.” (BRASIL, 1999, p. 38).

A Academia Nacional de Ciências Norte-americanas (NAS) defende ainda que estudar evolução é um trunfo para a compreensão da natureza da ciência, permitindo, com clareza, a diferenciação da ciência das outras atividades humanas. Isso porque as teorias evolucionistas marcam claramente a ciência como uma atividade de investigação, contínua e inserida em um contexto, aperfeiçoada pelo acúmulo de conhecimento e inacabada, exigindo

investimentos na busca de dados e evidências que aprimorem as explicações acerca da evolução dos seres vivos. É a descoberta e o estudo incisivo de novas evidências que têm permitido à ciência um maior entendimento de como a evolução biológica acontece, decifrando os fatores biológicos que a influenciam e recontando, de forma embasada, a história da vida na Terra (Dawkins, 2009).

A Evolução Biológica é apontada, por Soncini e Castilho Junior (1991), como conteúdo que, ao ser trabalhado com os alunos, desenvolve habilidades, tais como explicar as diversas teorias existentes; interpretar a opinião dos cientistas segundo a época em que essas teorias foram levantadas; comparar as diversas teorias em suas semelhanças e diferenças; e julgar, se possível, qual delas se aproxima mais do modelo hoje proposto. O estudo de evolução, por exemplo, é valioso para contrastar o entendimento popular do termo teoria, compreendido no senso comum como “ideia” ou “palpite acerca de uma observação”, com o conceito de teoria para a ciência, possível explicação científica para uma observação ou fenômeno, embasada em dados empíricos e em evidências.

Entretanto, o ensino de evolução nas disciplinas ciências e biologia ainda prioriza a transmissão direta de teorias já formuladas, prejudicando o entendimento do aluno e sua formação científica crítica para a contraposição com as teorias oposicionistas à teoria evolucionista. Justifica-se, assim, o uso da metodologia de ensino por investigação para o ensino de evolução, que pode, além de potencializar a aprendizagem desse conteúdo específico, potencializar também o aprendizado sobre os processos e as técnicas utilizados na construção da ciência.

Sendo a criação de conceitos e explicações embasadas em evidências observáveis ou em análise de dados, componentes característicos do ensino investigativo (Sandoval, 2003), o presente trabalho oportunizou ao grupo de alunos a busca, na anatomia comparada do sistema esquelético de vertebrados, de evidências da evolução. Ao investigar as semelhanças e diferenças morfológicas dos vertebrados, foi esperado que os alunos incorporassem traços do pensamento científico e, ao mesmo tempo, iniciassem um processo de entendimento da origem e construção de uma teoria complexa como a da evolução.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi elaborar, aplicar e avaliar uma sequência didática sobre o tema evolução, norteada pela metodologia de ensino por investigação.

Para isso, orientaram o trabalho os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a metodologia de ensino de ciências por investigação, identificando suas potencialidades e variáveis;
- Correlacionar as indicações metodológicas para o ensino de ciências de órgãos em educação nacionais e internacionais com a metodologia de ensino por investigação;
- Discutir a aplicabilidade da metodologia de ensino por investigação na educação científica e sua adequação às realidades escolares;
- Subsidiar propostas de ensino embasadas no modelo investigativo;
- Contribuir com a área de ensino em ciências pelo estudo e aprofundamento da metodologia de ensino por investigação, possibilitando um maior alcance dos objetivos educacionais nacionais para o ensino de ciências.

4 METODOLOGIA

Participaram da pesquisa treze alunos do 8º ano do ensino fundamental com rendimentos escolares iguais ou superiores a 80% no currículo regular e integrantes do projeto Magnum Avançado. Tal projeto faz parte da proposta pedagógica do Colégio Magnum, escola da rede privada de ensino básico, situada no município de Belo Horizonte, e tem como foco a iniciação dos alunos à pesquisa.

A escolha dessa escola justificou-se por ser também o local de trabalho do autor desta dissertação, o que facilitou a aquisição de permissão para a pesquisa e a formação de um grupo de alunos participantes do projeto.

O grupo do Magnum Avançado foi escolhido por representarem alunos altamente comprometidos com as atividades e tarefas escolares. Os integrantes realizaram encontros marcados no contra turno, sendo desnecessária a mudança da rotina da escola. Além disso, o grupo pequeno de alunos favoreceu a coleta e análise dos dados relativos ao uso da metodologia de ensino por investigação.

A pesquisa foi realizada em três meses, com aulas semanais de duração de uma hora. Esse período foi dividido em um módulo introdutório, composto de três semanas, no qual foi exposto ao grupo de alunos noções iniciais do tema evolução biológica e teoria darwinista. Ao final desse módulo, foi proposto um segundo módulo no qual os estudantes discutiriam algumas evidências da evolução, para que, em processo investigativo, inferissem sobre as relações de parentesco entre os diversos grupos de vertebrados e compreendessem o processo de construção do conhecimento em evolução.

No primeiro encontro do primeiro módulo, foi feita exposição oral sobre a teoria evolucionista de Darwin, destrinchando os fatores geradores da variabilidade genética dos seres e posicionando seleção natural como um dos elementos atuantes nas variações da frequência gênica. Nesse intuito, os estudantes foram divididos em dois grupos e experimentaram um momento de investigação. Utilizando aula interativa descrita por Sandoval (2003), os alunos investigaram os motivos da mortalidade anormal de aves em uma pequena ilha

de Galápagos, no ano de 1997. Durante a aula, os alunos coletaram e analisaram evidências hipotéticas, tais como pluviosidade, temperatura e mudanças na fauna e flora da ilha, que permitiram a construção de explicações para o fato ocorrido. A atividade deu subsídio para que o grupo entendesse como a seleção natural atua sobre o *pool* gênico das espécies. Então, foi proposto que eles produzissem para o próximo encontro um parágrafo que relatasse um pouco da história evolutiva dos vertebrados com foco na comparação de seus membros.

No segundo encontro, foi lido e discutido o texto “O que é espécie, afinal?”, adaptado de *Scientific American Brasil*, julho 2008 (Anexo 1).

Já no terceiro encontro, trabalhou-se o processo de especiação com a leitura do texto “A ema e seus parentes”, do livro da Sônia Lopes (2006) (Anexo 2). Com ele, foi possível compreender, à luz do pensamento evolucionista, como a diferenciação das populações de uma determinada espécie pode originar uma nova espécie e entender que tipo de evidências permite-nos inferir que, mesmo habitando atualmente ambientes distantes e diversos, espécies que compartilham características podem ter se originado a partir de uma única espécie ancestral.

Ao discutir as pistas que revelam a ideia da especiação como oriunda de espécies pré-existentes, foi proposto ao grupo a realização de atividade investigativa (segundo módulo). Nela, utilizaram-se evidências da anatomia comparada do esqueleto dos vertebrados para a descrição das possíveis relações de parentesco entre esses animais e dos fatos históricos que poderiam ter levado à diversificação do animal ancestral do grupo, em milhares de espécies diferentes.

Neste segundo módulo, com duração de dois meses, foi feito, ao longo de cada semana, um estudo comparativo do esqueleto dos vertebrados, tomando por base o esqueleto humano.

Na primeira semana, os estudantes conheceram o esqueleto humano e suas características morfológicas através de um modelo didático, montado pelo próprio grupo durante a aula.

Como metodologia de coleta de dados, foi realizada visita técnica ao Museu de História Natural da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), a qual permitiu a visualização das estruturas esqueléticas de

diversos espécimes de vertebrados e o tabelamento dos dados para comparação e análise. Como ocorrido no final da aula introdutória, os alunos produziram, após a visita técnica, um novo parágrafo, contando a história evolutiva dos vertebrados com foco na comparação de seus membros.

Através da leitura do texto “O dente de cada um” (CARTELLE, 2008), já na segunda semana, os estudantes montaram um perfil de dentição dos vertebrados, estabelecendo as semelhanças e diferenças encontradas nos tipos de dentes desses animais e suas adaptações ao tipo de alimentação de cada um.

Na terceira semana, os alunos realizaram pesquisa livre via *web* sobre a morfologia do crânio dos vertebrados e, com base na presença e quantidade de fossas temporais, construíram um cladograma que revelou a possível relação de parentesco entre peixes, anfíbios, répteis diapsidas e sinapsidas, aves e mamíferos.

Ao longo das duas próximas semanas, o foco de investigação esteve nos membros dos animais de interesse, utilizando, para isso, o texto “A árvore de parentesco”, retirado do capítulo 10 do livro de Richard Dawkins (2009), “O maior espetáculo da Terra”. Com ele, foi possível aprofundar no papel da seleção natural selecionar estruturas esqueléticas aptas ao ambiente que ocupam. Foi comparada a anatomia dos membros de mamíferos aquáticos (cetáceos), terrestres e voadores (morcegos), até à formação do conceito de estruturas homólogas. Norteados pela teoria darwinista, o grupo criou hipóteses em formato de história em quadrinhos sobre os possíveis acontecimentos históricos e as modificações que teriam permitido o primeiro vertebrado terrestre a abandonar o ambiente aquático e ocupar esse novo habitat.

Durante o último encontro desse segundo módulo foram discutidas as adaptações morfológicas dos mamíferos cetáceos para ocupação do ambiente aquático e feita comparação com as adaptações morfológicas de peixes, conceituando, dessa maneira, as estruturas análogas. Ao seu final, os estudantes formularam novas hipóteses em formato de história em quadrinhos, agora inferindo sobre as possíveis modificações sofridas pelo ancestral mamífero terrestre até gerar os mamíferos aquáticos.

Ao longo de todo o segundo módulo, o grupo leu o livro infantil “Alice através do Espelho”, de Lewis Carrol, livro que inspirou a teoria da rainha vermelha e subsidiou o grupo na criação de uma peça teatral que abordasse a temática da evolução biológica dos seres.

Em um terceiro módulo, os alunos planejaram as atividades de divulgação do trabalho que aconteceram durante a Feira de Ciências da escola, por meio de apresentação de pôster, e durante Feira Literária da escola, por meio de apresentação de peça teatral inspirada na história do livro infantil “Alice através do Espelho”.

A coleta de dados para análise dos resultados das aulas propostas realizou-se combinando a análise dos escritos nos informes produzidos pelos alunos durante algumas aulas e nos trabalhos de divulgação dos resultados, e a aplicação de questionário aberto pré-estruturado (Anexo 6).

O questionário foi aplicado ao grupo de alunos participantes da atividade investigativa, denominado grupo teste, e também a onze alunos de rendimento médio escolar idêntico aos alunos do grupo teste (acima de 80% de rendimento), mas não participantes da atividade, denominados grupo controle.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Análise do comportamento e produção dos alunos durante as aulas investigativas*

Durante as aulas, foi possível observar o interesse do grupo de alunos no tema evolução e alguns conhecimentos prévios dessa temática, derivados, em parte, de conhecimentos do senso comum e, em parte, de conhecimentos adquiridos durante estudo de zoologia e botânica do ano anterior.

O primeiro módulo de aulas permitiu a apresentação do tema e a sensibilização dos alunos para participação efetiva em prática investigativa. Foi proposto, ao final da aula introdutória, que os alunos produzissem um parágrafo que narrasse os conhecimentos científicos atuais sobre a história evolutiva dos vertebrados com foco na comparação de seus membros.

O parágrafo produzido pelos alunos, individualmente, após a primeira aula, revelou a desconexão entre conhecimentos adquiridos e as evidências em que se apóiam. Em 100% dos parágrafos produzidos, os alunos enfocaram-se no relato das mudanças ao longo da escala evolutiva dos vertebrados e em superficial comparação entre tais animais.

Essa análise é perceptível no parágrafo abaixo produzido por um dos alunos e replicado aqui sem nenhuma alteração:

“Os peixes não possuem membros, mas um esqueleto interno. Os anfíbios foram o primeiro grupo de vertebrados que obtiveram os membros, o que foi um grande avanço na evolução animal, e também um esqueleto interno, tetrápode, ou seja, possuidor de quatro membros descendentes de nadadeiras lobadas.

Os répteis também são tetrápodes, no caso das serpentes seus membros sofreram um processo que foram perdidos.

As aves também, as asas são membros, enquanto que quadrúpede neste caso não se aplica, as asas não são patas.

Os mamíferos também são tetrápodes, no ser humano pela teoria também é, porém ele não é quadrúpede, pois são adaptados ao andar bípede, características esse pelas pernas serem mais longas que os braços.”

Assim, o modelo investigativo utilizado na aula inaugural mostrou-se insuficiente para que os alunos utilizassem suas comparações como pistas da possível história evolutiva dos vertebrados.

Na segunda aula, a discussão sobre a definição do termo “espécie” permitiu ao grupo conhecer as variações conceituais da biologia, que podem variar conforme a perspectiva. O grupo assumiu a definição de espécie “como sendo um grupo de populações que podem cruzar entre si, gerando descendência fértil, mas incapazes de intercruzar com outras”

Ainda no primeiro módulo, o estudo do texto “A ema e seus parentes” Sônia Lopes (2006) foi instrumento para a compreensão dos alunos de como uma espécie ancestral, de acordo com a teoria evolucionista, poderia originar uma nova espécie. O entendimento do processo de especiação e da definição de espécie modificou a argumentação dos alunos quanto à origem das espécies viventes e extintas de um conhecimento de senso comum, revelado nos parágrafos produzidos durante esse módulo, para um conhecimento de caráter científico.

Com o início das aulas do segundo módulo, a situação–problema, norteadora da investigação proposta, foi passada pelo professor aos alunos: “Como teria sido a história evolutiva dos vertebrados?”. Esta foi reformulada pelos estudantes em “Quais vertebrados teriam tido ancestrais em comum e qual teria dado origem a qual?”. Essa atuação do professor configura uma aula investigativa de menor autonomia. Isso se justifica pela pouca experiência dos alunos com esse tipo de atividade e também pela complexidade do tema proposto.

Após essa contextualização, sucedeu-se a montagem do molde de esqueleto humano, a coleta de dados durante a visita ao museu e a busca de informações na literatura passada pelo professor e em fontes alternativas pesquisadas pelos próprios alunos.

A montagem do esqueleto humano (Figura 1) revelou-se como atividade prática motivadora que munuiu os alunos de conhecimentos sobre os ossos constituintes do esqueleto humano, com foco no crânio, membros e coluna vertebral, e que permitiu a comparação com a formação óssea de outros vertebrados.



Figura 1: Montagem de modelo do esqueleto humano

Durante a visita técnica ao museu, os alunos se organizaram de modo a observar o crânio, dentição, membros e coluna vertebral dos esqueletos expostos e, com os dados, construíram uma tabela comparativa (Tabela 3). Alguns dados da tabela foram obtidos em pesquisa bibliográfica.

Tabela 3: Tabela construída pelos alunos com aspectos esqueléticos dos vertebrados através de dados coletados na visita ao museu e em pesquisa bibliográfica.

Item observado		Coluna vertebral	Fossas temporais	Número de membros	Nº de ossos longos do membro superior	Nº de ossos longos do membro inferior	Dentição
MAMÍFEROS	Tatu gigante	Presente	1 fossa	4	3	3	Variada
	Rinoceronte	Presente	1 fossa	4	3	3	Variada
	Morcego	Presente	1 fossa	4 (sendo 2 modificadas em asas)	3	3	Variada
	Bicho preguiça	Presente	1 fossa	4	3	3	Variada
	Baleia	Presente	1 fossa	4 (modificados em nadadeiras)	3	3	Variada
	Camelo	Presente	1 fossa	4	3	3	Variada
RÉPTEIS	Dinossauros	Presente	2 fossas	4	3	3	
	Crocodilo	Presente	2 fossas	4	3	3	
	Serpente	Presente	2 fossas temporais	0	3	3	Quase todos iguais
	Tartaruga	Presente	Ausente	4	3	3	Ausente
	Terapsídeos (Répteis mamaliformes extintos)	Presente	1 fossa	4	3	3	Variada (padrão mamíferos)
AVES		Presente		4	3	3	Ausente
ANFÍBIOS		Presente	Ausente	4	3	3	Uniforme
PEIXES		Presente	Ausente	0	0	3	Uniforme

Ao longo da visita técnica, os alunos fotografaram peças do museu como parte da coleta de dados. Com os objetivos traçados, o comportamento dos alunos no museu foi muito científico, estiveram voltados para catalogarem os dados necessários à sua investigação. Tal fato corresponde à proposta da metodologia de ensino por investigação de possibilitar ao alunado vivenciar práticas correntes da ciência, relacionadas à aquisição de dados empíricos (Figura 2).



Figura 2: Grupo de alunos participantes do projeto durante visita técnica ao Museu de História Natural da PUC - Minas.

Na visualização do crânio e membros dos espécimes expostos, foi possível estabelecer semelhanças e diferenças e completar a tabela de dados.



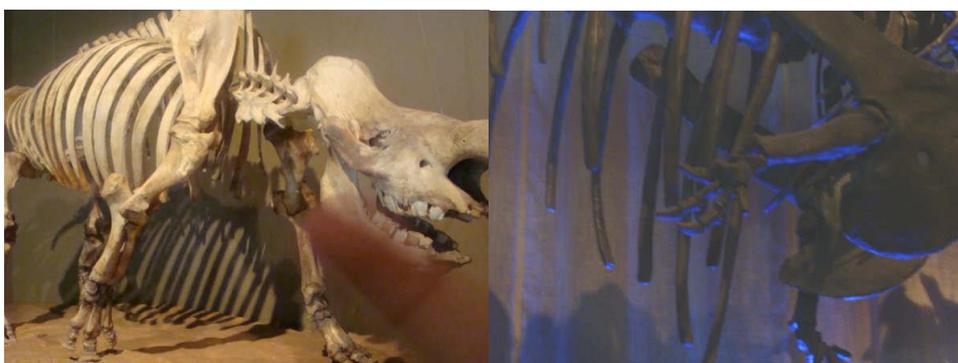
Figura 3: Visão lateral do crânio de camelo que revela sua única fossa temporal



A

B

Figura 4: Visão inferior do crânio de um crocodilo (A) e visão inferior do crânio de um dinossauro (B) que revelam a presença de duas fossas temporais.



A

B

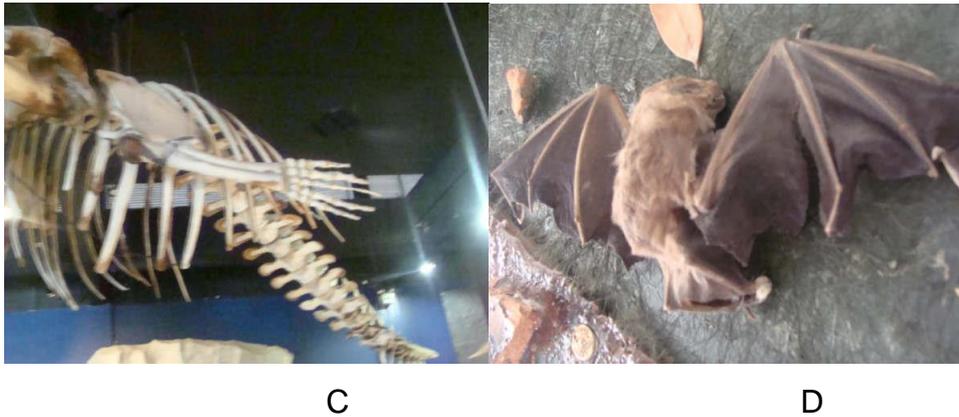


Figura 5: Visão frontal do membro anterior do rinoceronte (A), visão inferior do membro anterior de um dinossauro (B), visão inferior do membro anterior de uma baleia (C), visão superior do membro anterior de morcego (D), revelam o padrão ósseo dos membros anteriores dos vertebrados

Na tabulação dos resultados, os alunos depararam com as dificuldades de obter os resultados da observação, aparecendo entre eles discordâncias e dificuldades na definição de algumas características para alguns dos espécimes observados. Assim, eles experimentaram, na prática, as dificuldades de interpretar observações, com o surgimento de dúvidas e divergências, impulsionadas pela compreensão diferenciada de conceitos. Acabaram, assim, incorporando um aspecto da construção do conhecimento científico, seu caráter falível e sujeito às concepções do próprio cientista.

Após a visita técnica, os alunos novamente relataram por escrito a história evolutiva dos vertebrados com foco nos membros. Em todos os parágrafos produzidos, utilizaram as evidências obtidas durante a coleta de dados para a construção de uma possível história evolutiva dos vertebrados com foco nos membros. Conforme o parágrafo ilustrativo abaixo, os alunos embasaram suas descrições sobre as relações de parentesco entre os grupos de vertebrados em evidências obtidas da comparação dos membros de algumas espécies de cada grupo de vertebrados:

“Hoje em dia se pode separar os animais por diversos aspectos, e relacionar os mesmos de acordo com a escala da evolução. Um aspecto pode ser, por exemplo, o crânio. Consegue-se observar que o crânio dos peixes, que são animais inferiores na escala da evolução, não possuem suturas, e os seus dentes são todos iguais ou até mesmo não existem. Os anfíbios, o próximo grupo na possível escala da evolução, já tem suturas, mas ainda são anapsidas (sem fossas temporais) e a sua dentição ainda não apresenta muitas variações de um dente para o outro. Já os répteis se dividem em

anapsidas, sinapsidas (1 fossa temporal) e diapsidas (2 fossas temporais), o que mostra uma nova característica na evolução e ainda a característica em comum com os anfíbios, o que evidencia relação de parentesco. Esses grupos já apresentam dentes um pouco diferenciados devido a sua função. As aves herdaram algumas características dos répteis diapsidas e tem novas características exclusivas de seu grupo de animais, como a característica da ausência dos dentes. Os mamíferos mantêm algumas características de seus “parentes” répteis sinapsidas e possuem novas características em sua dentição devido a seus hábitos alimentares. Isso tudo mostra as evidências da evolução no corpo de todos os seres.”

Apesar da dificuldade na construção do texto dissertativo, justificado pela limitada capacidade de produção textual, ainda em desenvolvimento inicial no 8º ano do ensino fundamental, é clara a busca de dados na afirmação sobre as relações de parentesco. Tendo sido realizada essa atividade ainda no decorrer da atividade investigativa, foi perceptível grande dificuldade no uso dos dados para construir as explicações científicas acerca da história evolutiva dos vertebrados. Isso demonstra a não adaptação dos alunos à metodologia de investigação, por ser esta pouco cotidiana nas escolas e os estudantes ainda despreparados para a justificação dos conhecimentos científicos.

Com os dados em mãos, foi possível auxiliar os alunos na construção de um diagrama em árvore (cladograma) que inferisse sobre a história evolutiva dos vertebrados, baseado na presença e quantidade de fossas temporais no crânio desses animais. Por mais que tal atividade exigisse do professor maior participação e orientação, ela foi valiosa por demandar dos alunos o uso de seus dados na construção de uma explicação científica, além do uso de formas alternativas de apresentar e sintetizar conclusões científicas. Essa prática é de praxe na ciência evolutiva, que utiliza cladogramas em suas inferências sobre a história evolutiva dos seres vivos.

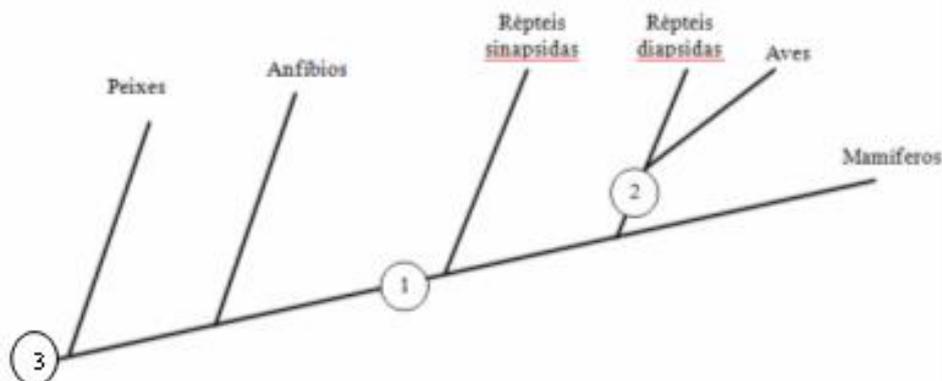


Figura 6: Cladograma construído pelos alunos, sob orientação do professor, sobre a possível árvore de parentesco dos vertebrados, evidenciada pelo padrão de presença e quantidade de fossas temporais. Os números 1 e 2 seriam possíveis momentos em que a característica ser sinapsida (1) e ser diapsida (2) teria aparecido.

Ao longo das discussões sobre as relações de parentesco entre os vertebrados, os alunos apresentaram uma dúvida básica: se os vertebrados apresentam ancestrais em comum, como alguns podem ser tão diferentes como peixes e anfíbios?

Na busca desse entendimento, foi proposta uma atividade em que os alunos, divididos em dois grupos, deveriam construir uma história em quadrinhos. Um dos grupos deveria apresentar na história uma hipótese que tentasse explicar a origem dos primeiros vertebrados terrestres (anfíbios) derivados de um provável ancestral aquático (figura 5). O segundo grupo deveria apresentar na história uma hipótese que tentasse explicar a origem dos mamíferos aquáticos derivados de um provável ancestral terrestre (figura 6).

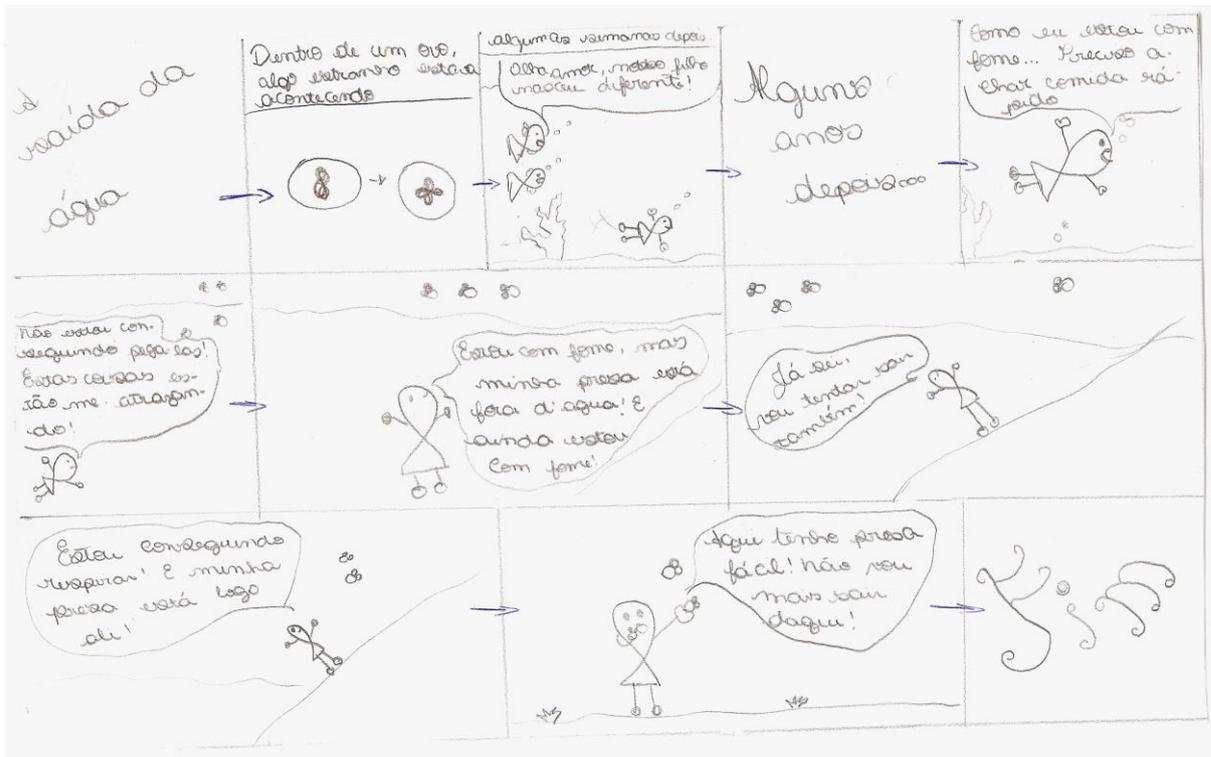


Figura 7: Histórias em quadrinhos construídas por um grupo de alunos, apresentando hipótese sobre a origem dos primeiros vertebrados terrestres.

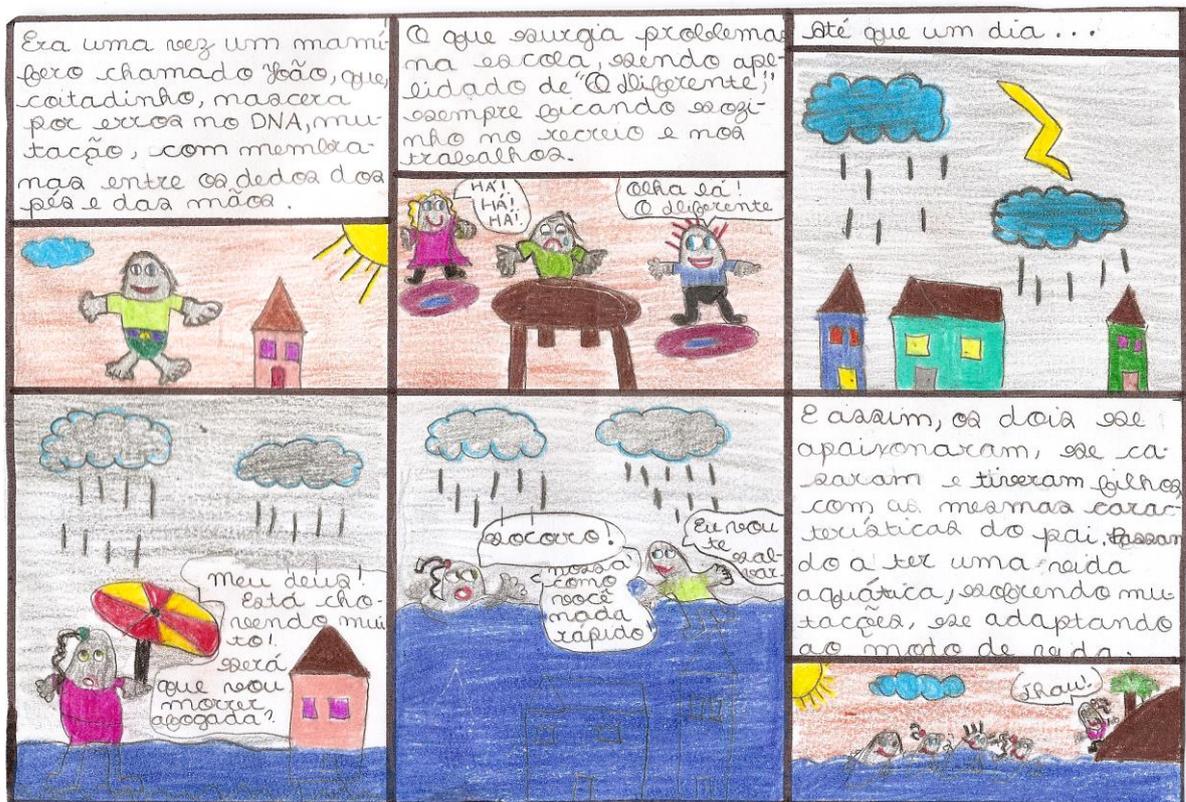


Figura 8: Histórias em quadrinhos construídas por um grupo de alunos, apresentando hipótese sobre a origem dos mamíferos aquáticos.

A infantilização foi característica presente em ambas as histórias, justificada, talvez, pela ideia dos alunos de que histórias em quadrinho são próprias da linguagem infantil. Apesar disso, a análise revelou um bom entendimento dos alunos quanto ao papel da seleção natural no surgimento de novos grupos de seres que, mesmo apresentando uma ancestralidade comum com diversos outros seres, carregam diferenças e particularidades oriundas do processo evolutivo. O entendimento quanto à seleção natural mostra-se, na prática educativa, difícil, e é avaliado por alunos e professores como complexo, mas foi facilitado pela vivência da prática investigativa acerca do tema. É importante ressaltar que a construção das histórias em quadrinhos foi estritamente autônoma, não havendo colaboração do professor ou de qualquer material de pesquisa. Mesmo assim, as hipóteses criadas se assemelham a hipóteses da própria comunidade científica.

No terceiro módulo, procedeu-se a divulgação da produção científica dos alunos, que aconteceu em formato de apresentação de pôster durante a Feira de Ciências do Colégio Magnum e pela apresentação de peça teatral durante a Feira Literária do colégio, encenada para toda a comunidade escolar. Esse módulo concretizou uma das práticas inerentes ao ensino por investigação que consiste em tornar público os produtos da investigação (NSES, 2000).

A apresentação do trabalho na Feira de Ciências (Figura 9) proporcionou aos alunos oportunidade de experimentar a produção de um pôster em formato modelo de congressos da área de ciências (APÊNDICE D). Eles aprenderam, assim, o uso de ferramentas úteis nessa construção, como Microsoft PowerPoint e desenvolveram habilidades de síntese e organização, conforme padrão pré-estabelecido: introdução, metodologia, resultados e discussão, considerações finais e referências bibliográficas.



Figura 9: Apresentação de pôster durante a feira de ciências.

Mesmo tendo sido orientados na confecção do pôster, a atividade impulsionou nos alunos autonomia para buscar mais informações que preenchessem suas próprias dúvidas durante a escrita do trabalho, como evidenciado no parágrafo abaixo, em que os alunos acrescentaram na introdução a teoria filosófica de Imre Lakatos, oriunda de sua própria pesquisa:

“Neste contexto, o presente trabalho buscou na ideologia de Inre Lakatos, físico, matemático e filósofo; escolhido como referencial teórico. Ele acreditava que na construção do conhecimento científico cria-se uma explicação científica com a premissa de que ela seja verdadeira (“chamado núcleo irredutível”) e, a partir daí, a pesquisa e experimentação devem fornecer dados que reforcem esta explicação, formando o que ele chamou de “cinturão de proteção”, ou seja, é preciso evidências que apóiem o seu pensamento.”

A montagem do pôster possibilitou aos alunos identificar em que consiste a metodologia de uma pesquisa científica e diferenciar o que são

resultados do que são conclusões. Analisando o texto do pôster, percebe-se que eles obtiveram êxito ao realizar essa diferenciação, como revela a comparação dos trechos abaixo retirados, respectivamente, dos resultados e das considerações finais do trabalho produzido pelos alunos.

RESULTADOS:

“Os peixes apresentam estruturas de nadadeiras bem diferenciadas a todos os membros. A partir de anfíbios, iniciam-se os chamados tetrápodes, seres com quatro patas. Tais patas poderiam ser indícios de grandes diferenças entre eles, mas quando analisada sua estrutura óssea encontra-se uma repetição dos mesmos ossos (figura 3), mesmo naqueles em que os membros passaram a ter função de natação ou voo. Nos membros anteriores encontramos a sequência do úmero, rádio, ulna, carpo, metacarpo e falanges presentes em todo, mas não com as mesmas funções, incrivelmente parecidos ao esqueleto humano.”

CONCLUSÃO:

“Podemos concluir que as semelhanças entre os diversos seres vivos indicam que eles vieram de um mesmo ancestral e dele herdaram características em comum, que sofrem algumas alterações a partir da seleção natural.”

A confecção das referências bibliográficas conforme padrão pré-estabelecido, prática comum na comunidade acadêmica, foi também experiência incomum aos alunos.

O teatro (APÊNDICE C) é de autoria dos próprios estudantes, sob orientação do professor. Ele foi baseado no livro infantil “Alice no país do espelho”, que inspirou a criação dos personagens e figurino (Figura 10). Além de ser uma forma criativa e atrativa de divulgação do trabalho, a peça teatral revelou uma profunda compreensão dos alunos acerca do papel das mutações e da seleção natural na diversificação dos seres vivos.



Figura 10: Fotos da apresentação do teatro durante Feira Literária

No texto da peça teatral também se pode encontrar o desenvolvimento de uma argumentação científica, como no trecho abaixo:

“Mas há pistas que nos levam a acreditar no parentesco entre os seres: as semelhanças entre eles, inclusive registradas nos fósseis, são forte indício de que realmente eles tiveram uma mesma origem.”

5.2 *Análise das respostas do questionário*

A análise dos resultados do questionário foi feita de forma comparativa entre as respostas do grupo controle e grupo teste. Para isso, os questionários do grupo controle foram numerados aleatoriamente de C1 a C11 e, da mesma forma, os questionários do grupo teste foram numerados de T1 a T12, já que um dos alunos participantes da atividade não obteve a necessária autorização dos pais/responsáveis para responder ao questionário e, por isso, suas respostas não foram consideradas.

Cada questão do questionário objetivou avaliar um aspecto acerca da metodologia de ensino por investigação.

As duas primeiras questões: “Você tem interesse no estudo de ciências? JUSTIFIQUE” e “Quais os principais aspectos do estudo de ciências que te atraem?” tiveram como objetivo conhecer a percepção dos alunos a respeito de seu estudo escolar de ciências.

Dos onze questionários do grupo controle, sete afirmaram se interessar pelas ciências por permitir maior entendimento quanto ao funcionamento do corpo humano e quanto à vida dos seres vivos. Três deles afirmaram que estudar ciências é interessante para entender melhor os fenômenos naturais em sua totalidade, sendo que um mencionou a oportunidade de participar de atividades experimentais como um dos pontos atrativos das ciências. Os outros dois restantes não souberam explicar o porquê de seu interesse no estudo das ciências.

Dos doze questionários do grupo teste, um resumiu seu interesse ao estudo do corpo humano e da vida dos seres vivos; nove colocaram o estudo das ciências como capaz de explicar e tornar possível o entendimento dos diversos fenômenos naturais, destacando a capacidade dessa área do conhecimento de instigar a curiosidade dos alunos, conforme ilustrado no relato transcrito abaixo:

“Eu tenho muito interesse no estudo de ciências. A ciência é inspiradora, mexe com a curiosidade. E essa vontade de querer

descobrir mais e mais, responder perguntas ou até ficar com mais dúvidas, é o que move minha paixão.”

Outros dois alunos afirmaram se interessar mais por outras disciplinas do que pelo estudo das ciências.

A questão mencionada, tendo foco no interesse do aluno sobre o estudo de ciências, deixa perceptível nas respostas a maior compreensão do que é a ciência por parte do grupo teste, participante da atividade investigativa. Os alunos do grupo teste mostraram entender o estudo das ciências de forma mais abrangente, definindo-o como explicação dos fenômenos naturais e destacando a capacidade do estudo das ciências em satisfazer a curiosidade dos estudantes.

Quando perguntados sobre a vivência das práticas da comunidade científica na escola (Questão 3), dez do total de vinte e três alunos questionados afirmaram que aulas de laboratório foram uma das atividades escolares em que vivenciaram os métodos e procedimentos de pesquisa utilizados na construção do conhecimento científico; doze afirmaram que vivenciaram tais práticas em atividades extracurriculares, como projetos de iniciação científica para alunos do ensino básico; e cinco ainda afirmaram terem vivenciado as práticas em pesquisas escolares, como algumas atividades de casa passadas por professores, sendo todos esses alunos pertencentes ao grupo controle. Como tais pesquisas não correspondem a atividades investigativas, visto que são atividades de busca e compilações de informações, tais alunos mostraram não conhecer as práticas investigativas da comunidade científica.

Para avaliar o conhecimento dos alunos sobre as características e procedimentos típicos da investigação científica (Questão 4), compararam-se as respostas dos alunos com os procedimentos próprios da investigação científica descritos por (Campos e Nigro, 1999). Os resultados foram tabulados e apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: Percepção dos alunos do grupo controle quanto aos procedimentos da investigação científica, conforme respostas da questão 4 do questionário.

Procedimentos de investigação definidos por (Campos e Nigro, 1999)	Grupo controle										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Reconhecimento de problemas											
Execução de pesquisas bibliográficas	X	X									x
Formulação de hipóteses		x		X							x
Elaboração, execução e análise de atividades experimentais		x		x	x	X					
Construir descrições, explicações, predições e modelos usando evidências		x									
Reconhecer e analisar explicações alternativas											
Tornar público procedimentos e explicações											

Tabela 5: Percepção dos alunos do grupo teste quanto aos procedimentos da investigação científica conforme respostas da questão 4 do questionário.

Procedimentos de investigação definidos por (Campos e Nigro, 1999)	Grupo teste											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Reconhecimento de problemas												
Execução de pesquisas bibliográficas												x
Formulação de hipóteses	x			X				X				x
Elaboração, execução e análise de atividades experimentais	X			X	x			X	X		X	x
Análise e apresentação de dados	X			X				X	X		X	x
Construir descrições, explicações, predições e modelos usando evidências	X			X				X	X		X	x
Reconhecer e analisar explicações alternativas												
Tornar públicos procedimentos e explicações								x				

Os dados apresentados foram reorganizados na Tabela 6 para comparação dos grupos controle e teste quanto ao entendimento dos processos relacionados à produção do conhecimento científico.

Tabela 6: Porcentagem de alunos dos grupos controle e teste que citaram cada procedimento como componente do processo de construção do conhecimento científico.

Procedimentos da investigação científica	Porcentagem de alunos que citaram o procedimento como pertencente ao processo de construção do conhecimento	
	Grupo controle (%)	Grupo teste (%)
Reconhecimento de problemas	-	-
Execução de pesquisas bibliográficas	27,3	-
Formulação de hipóteses	27,3	36,4
Elaboração, execução e análise de atividades experimentais	36,4	58,3
Análise e apresentação de dados	-	50
Construir descrições, explicações, predições e modelos usando evidências	-	50

Analisando os dados apresentados, é perceptível a dificuldade de ambos os grupos, controle e teste, em reconhecer a construção os problemas de orientação científica como um procedimento da comunidade científica. Essa limitação dos alunos é coerente com o formato tradicional do ensino de ciências, em que o professor insere na sala de aula os questionamentos que nortearão os estudos, conforme uma grade curricular. Nesse contexto, as aulas de ciências podem contrariar o objetivo de instigar a curiosidade das crianças e adolescentes e utilizá-la para a motivação e participação dos alunos, acostumando-os a uma participação passiva quanto aos conhecimentos que deverão ser adquiridos na escola. Na própria atividade de investigação desenvolvida neste trabalho, a situação-problema foi passada pelo professor, resultando no entendimento limitado dos alunos quanto ao método científico.

O grupo controle destacou a pesquisa bibliográfica, formulação de hipóteses e a elaboração, execução e análise de atividades experimentais como os procedimentos pertencentes ao processo de construção científica. Já o grupo teste destacou a formulação de hipóteses, a elaboração, execução e análise de atividades experimentais, análise e apresentação de dados, descrições, explicações, predições e modelos usando evidências como pertencentes ao processo de construção científica.

Os dados mostram uma ampla vantagem do grupo participante da atividade investigativa sobre o grupo não participante quanto ao conhecimento dos procedimentos e práticas da comunidade científica. Portanto, a metodologia de ensino por investigação mostra-se novamente oportuna para o ensino do processo de construção do conhecimento. O fato de 50% dos alunos do grupo teste citarem a construção de descrições, explicações, predições e modelos usando evidências, não tendo sido citada por nenhum aluno do grupo controle, mostrou o quanto a metodologia de ensino por investigação constrói no alunado um conhecimento científico justificado experimentalmente, embasado em evidências.

Ao serem questionados sobre o valor da contextualização histórica dos conhecimentos científicos para a aprendizagem (Questão 5), vinte do total de 23 alunos arguidos (87%) afirmaram que a descrição histórica do conhecimento científico potencializa o entendimento daquele conteúdo por associar o conhecimento aos motivos que levaram a acreditar neles. Essa visão é destacada claramente na resposta abaixo, obtida em um dos questionários:

“É extremamente necessário que o aluno entenda a construção do conhecimento científico, pois dá maior credibilidade ao que está sendo ensinado. Além disso, ajuda a entender o processo de desenvolvimento científico, incentivando a investigação.”

Dois alunos afirmaram ser indiferente o estudo histórico dos conhecimentos científicos para a aprendizagem e outros três não souberam responder.

Os alunos conseguiram identificar ainda que o estudo histórico do desenvolvimento científico permite um conhecimento não só sobre os produtos da ciência, mas sobre a própria ciência, como revelou o relato abaixo:

“Nós alunos temos que conhecer o processo do desenvolvimento científico para saber como são elaboradas as leis científicas e sobre o que se baseiam.”

De acordo com o PCN para ciências naturais (1997), o estudo da história das ciências deve compor o ensino para que se possa construir com os alunos uma visão de ciências construída em um contexto histórico, humano e social, que ainda interage com a tecnologia e o ambiente.

A questão 6 verificou o conhecimento dos alunos quanto ao uso de justificção para embasar uma explicação científica. Para avaliação dessa questão, foi criada uma escala adaptada da criada por Jiménez (2005) e definidos cinco níveis de resposta para a verificação da associação feita pelo aluno das explicações científicas às provas ou à justificção em que se baseiam (Tabela 7).

Tabela 7: Classificação das respostas da questão 11 dos alunos dos grupos controle e teste quanto a níveis relativos à associação de conclusões científicas com as evidências em que se apóiam.

Nível	Descrição	Questionários classificados a cada nível	Modelo de resposta
4	Distinguem a conclusão científica das evidências em que se baseiam e utilizam no mínimo duas delas para justificação.	T4, T7.	T4: “Essas relações se baseiam nas características evolutivas presentes em cada ser como o tipo de respiração, tipo de crânio, características dos membros e tipos de ossos. Assim se podem ver quais são os mais adaptados na escala da evolução e quais são as características e comum entre um ser e outro que indica parentesco.”
3	Distinguem a conclusão científica das evidências em que se baseiam e utilizam uma delas para justificação.	T3, T8, T9.	T9: “Os vertebrados revelados na figura possuem um ancestral em comum, portanto, descendem de um mesmo galho na escala evolutiva. Esse fato pode ser comprovado pela presença de características em comum, como a coluna vertebral.”
2	Distinguem a conclusão científica das evidências, mas não as exemplifica para justificação.	C6, C9, C10, C13. T1	C9: “A relação de parentesco dos vertebrados se baseia em terem características parecidas, porém mais evoluídas em cada um como, por exemplo, o tipo de pele em cada um.” T8: “As relações de parentesco dos vertebrados se baseiam nas evidências existentes, ou seja, nas características de cada ser que podem ser iguais ou não às dos outros seres, portanto, quando se analisa quando houve o surgimento ou desaparecimento de cada característica é possível perceber relações de parentesco entre os seres vivos.”
1	Confundem a conclusão científica com a justificação	C1, C2, C4, C5, C7, C8, C11. T5, T6, T10, T11, T12.	C11: “As relações de parentesco dos vertebrados reveladas na figura se baseiam na teoria evolucionista, pois mostra a linha de evolução de vários tipos de seres.” T5: “Os vertebrados mostrados na figura acima possuem um ancestral em comum, indicando suas relações de parentesco.”
0	Incapaz de interpretar o diagrama para argumentar sobre as relações de parentesco	C3	C3: “De acordo com o diagrama acima, é como se algumas características das classes de animais (anfíbios, répteis) tivessem se juntado e incorporado em uma classe de animais, os mamíferos e , com isso, tornaram- se os animais mais evoluídos com características de outras classes, estabelecendo um grau de parentesco entre eles.”

A análise das respostas revelou que cinco dos doze alunos participantes do projeto (41, 7%) utilizaram de provas para argumentar sobre uma explicação científica, enquanto que nenhum dos alunos pertencentes ao grupo controle utilizou tais provas para essa argumentação. Portanto, a participação em atividade investigativa muda o perfil de resposta dos alunos para dar explicações dos conhecimentos científicos, criando a prática no alunado de justificar explicações com dados. A análise das respostas ainda mostrou a dificuldade dos alunos em diferenciar o que são os dados e evidências e o que são as conclusões científicas derivadas desses dados. Sete alunos do grupo controle (63,6%) e cinco alunos do grupo teste (41,7%) não foram capazes de fazer essa diferenciação. Essa alta proporção de alunos que apresentaram essa dificuldade demonstrou um desafio para o ensino de ciências que é o de criar nos alunos uma clara diferença entre dados obtidos e conclusões inferidas sobre os dados. Em minha experiência didática, essa dificuldade do alunado já havia sido demonstrada em diversas ocasiões e, apesar da grande proporção de alunos do grupo participante da atividade investigativa que não realizaram essa distinção, a metodologia de ensino por investigação tem potencial para desenvolver essa habilidade nos estudantes.

As questões 7 e 8 visaram avaliar a eficácia da metodologia de ensino por investigação para a aprendizagem dos conceitos científicos e sua aplicação em diversos contextos.

A questão 7 avaliou o grau de entendimento dos alunos dos grupos controle e teste sobre a teoria da evolução. Para isso, compararam-se as respostas dos alunos com a resposta de um especialista, mestre em genética e evolução pela Universidade Federal de Minas Gerais. Algumas das respostas obtidas foram compiladas na Tabela 8:

Tabela 8: Modelos de respostas obtidas na questão 10 do questionário por especialista, com alunos do grupo controle e teste.

Grupo experimental	Respostas
Especialista	<p>“Todas as teorias evolucionistas compartilham a ideia de que todas as espécies que existem hoje na natureza sofreram e sofrem modificações graduais (ou abruptas) a partir de espécies ancestrais, aumentando a diversidade da vida na Terra. A seleção natural representa o principal fator que determina o perfil das modificações sofridas que se propagarão entre as populações.”</p>
Controle	<p><u>Aluno C6</u>: “A teoria da evolução apóia-se no fato de que seres muito parecidos foram evoluindo entre si, e que destes surgiu as espécies humana e animais, respectivamente.</p> <p><u>Aluno C7</u>: “As ideias da teoria da evolução são de que um único ser vivo unicelular, através de mutações genéticas, gerou todos os seres que atualmente habitam a Terra, pelo fato de que essas mutações tornaram algumas espécies parecidas com as atuais através de adaptações ao ambiente e estilo de vida.”</p> <p><u>Aluno C9</u>: “Algumas teorias são de que as espécies surgem de um mesmo animal que evolui e faz outros cada vez mais fortes, resistentes e saudáveis.”</p> <p><u>Aluno C11</u>: “A teoria evolucionista defende a idéia de que os seres foram evoluindo de acordo com suas necessidades no ambiente em muito tempo.”</p>
Teste	<p><u>Aluno T1</u>: “Os primeiros seres surgiram na Terra e, ao longo do tempo, após erros na genética dos seres novas espécies foram geradas e, se adaptassem elas sobreviveriam e se expandiam, mas caso não se adaptassem seriam extintas”</p> <p><u>Aluno T2</u>: “Há milhões de anos surgiu uma espécie que originou várias outras a partir de mutações que ocorreram no DNA de um ser. E caso essas mutações fossem boas, ou seja, se elas ajudassem-no a sobreviver em determinada região, ele mantinha essas diferenças e acabavam passando, através da reprodução, essas características para outros seres. Ao longo do tempo, outras mutações surgiam, e ocorrem então, a seleção natural.”</p> <p><u>Aluno T4</u>: “Na teoria da evolução se tem a forte idéia da evolução de acordo com a seleção natural e as mutações. Assim todos partiram de seres primitivos que foram tendo erros do DNA que eram selecionados ou não devido a sua adaptação ao ambiente. Assim os seres foram se adaptando e se diferenciando e se diferenciando até chegar nas espécies que encontramos hoje”</p> <p><u>Aluno T8</u>: “A teoria da evolução diz que todos os seres vivos existentes na Terra vieram de uma célula que foi mudando e criando novas espécies, as quais a natureza selecionou as que melhor se adaptavam aos diferentes meios.”</p>

A análise das respostas, reproduzidas na Tabela, e das demais respostas aqui não compiladas revelam um maior entendimento dos alunos participantes da atividade investigativa quanto à teoria da evolução. Para essa avaliação, foram observados nas respostas dos alunos três aspectos, de acordo com a resposta do especialista: a definição da teoria evolucionista quanto à crença de que os seres vivos que habitam a Terra na atualidade apresentam ancestralidade comum; a idéia de que os seres se modificam e, assim, dão origem a novas espécies; e o papel da seleção natural nesse processo. Com base nesses critérios, foi construído o Gráfico 1, que apresenta os resultados dos grupos controle e teste quanto ao entendimento da teoria da evolução.

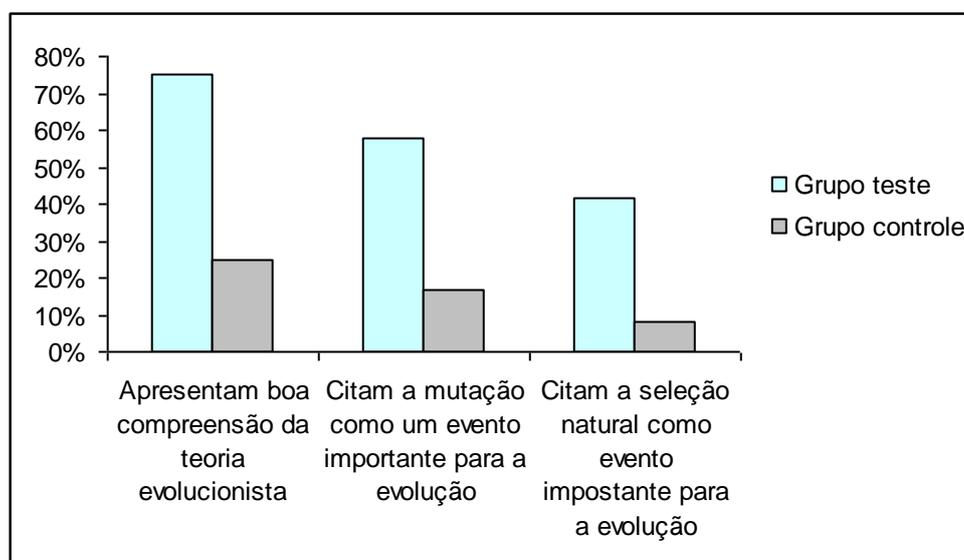


Gráfico 1: Resultados da compreensão dos alunos dos grupos controle e teste acerca da teoria da evolução a partir da análise das respostas da questão 7 do questionário.

Houve grande discrepância entre a compreensão da teoria evolucionista por parte dos alunos dos grupos controle e teste. Apesar de todos os alunos terem participado de aulas sobre o tema evolução durante o 7º ano, os alunos do grupo controle mostraram pouca compreensão sobre o tema. Já os alunos participantes do projeto apresentaram uma boa aproximação de suas respostas com a resposta do especialista e destacaram mutação e seleção natural como fatores importantes para as explicações científicas acerca da evolução dos seres vivos. Assim, o ensino por investigação configura-se como satisfatória na aprendizagem de conceitos científicos e em sua aplicação.

A questão 8 buscou avaliar o grau de entendimento dos alunos sobre o papel da seleção natural (ou artificial) sobre a evolução. Para Dawkins (2009), a “seleção natural é a principal força propulsora da evolução”. Dessa forma, entender evolução perpassa por entender o papel da seleção natural sobre ela.

Para avaliar tal entendimento, foi também criada uma escala com três níveis de resposta, baseada na resposta do especialista, conforme a descrição da Tabela 9.

Resposta do especialista: *“Considerando a pressão ambiental de caça aos elefantes de presas maiores, dado o valor econômico, os elefantes de presa menor apresentam maior valor adaptativo e reprodutivo. Ou não dá tempo para as presas crescerem como antigamente e os elefantes são caçados antes de atingir um tamanho maior.”*

Tabela 9: Nivelamento da compreensão dos alunos dos grupos controle e teste quanto a compreensão da seleção natural com base nas respostas da questão 12 do questionário.

Níveis	Descrição	Questionários classificados a cada nível	Modelo
3	Constroem hipóteses a partir de uma observação e dominam a teoria da seleção natural.	C4, C7, T1, T2, T3, T6, T4, T8, T9, T10, T12,	C7: “As presas menores de elefantes na África pode ser explicada pelo grande valor comercial do marfim, sendo que esse faz com que elefantes de presas grandes sejam mortos por caçadores e não consigam procriar, havendo assim menos deles”. T9: “O alto valor comercial do marfim dos elefantes africanos gerou uma perseguição aos elefantes de marfim grande e isso acabou criando um processo de seleção, porque os elefantes com marfim pequeno estavam mais aptos a sobreviver da eliminação dos elefantes de marfim grande.”
2	Constroem hipóteses a partir de uma observação, mas não dominam a teoria da seleção natural	T5, T7, T11 C2, C3, C5, C6, C8, C9, C11	C11: “As presas do elefante podem estar perdendo sua função e, assim, pode estar ocorrendo um processo de evolução da espécie.” T5: “A grande extração do marfim dos elefantes africanos para comercialização nas últimas décadas faz com que esses animais se adaptassem a sobreviver sem essas presas, uma vez as presas cada vez menos utilizadas faz com que os filhotes desses elefantes nascem com essas presas atrofiadas”.
1	Incapazes de interpretar uma observação para construção de hipóteses e não dominam a teoria da seleção natural.	C1, C10, C13	C13: “Ao longo dos anos por não precisar mais utilizar seus grandes marfins por uma adaptação natural ao meio onde vivem suas presas foram diminuindo.”

O grupo teste apresentou compreensão superior a do grupo controle quanto ao papel da seleção natural na evolução biológica. Com base nas observações descritas no enunciado da questão 12, nove dos alunos participantes da aula investigativa (75%) obtiveram sucesso na criação de hipótese para explicar o fenômeno relatado e mostraram dominar o processo da seleção natural, enquanto apenas dois dos alunos não participantes da aula investigativa conseguiram responder satisfatoriamente à pergunta. Além disso, três dos alunos do grupo controle (27,3 %) mostraram dificuldades na construção de uma hipótese que explicasse um fenômeno observado.

6 PRODUTO

A sequência didática criada segue a metodologia de ensino por investigação. Ela pode ser aplicada, como descrita, para trabalho do tema evolução biológica ou pode ser adaptada a outros temas. A atividade é direcionada a alunos dos ensinos fundamental e médio, sendo necessária a adequação para a idade quando aplicada a alunos de ensino médio, aumentando, assim, o nível de autonomia dos alunos. A metodologia utilizada atende à expectativa dos docentes quanto a propiciar ao aluno a vivência das práticas da comunidade científica. Ademais, desenvolve habilidades procedimentais no campo das ciências e propicia situação de aprendizagem significativa enquanto constroi conceitos e explicações aplicadas ao estudo da evolução biológica.

Sequência didática

Primeiro Módulo: Introdutório

1º encontro

- Noções iniciais sobre a evolução biológica;
- Desenvolvimento de aula investigativa proposta por Sandoval (2003).

2º encontro

- Leitura, estudo e discussão do texto “O que é espécie afinal?”, adaptado de *Scientific American Brasil*, julho 2008 (ANEXO A).

3º encontro

- Leitura e estudo do texto “A ema e seus parentes”, retirado do livro da Sônia Lopes (2006) (ANEXO B);
- Apresentação da proposta de investigação científica orientada pelo questionamento relativo à origem das diversas espécies de vertebrados viventes ou extintas;
- Formulação, pelo grupo de alunos, de hipóteses que tentassem explicar a origem das diversas espécies de vertebrados e indicação de um hipótese norteadora da atividade investigativa.

Segundo Módulo: atividade investigativa

1º encontro

- Montagem e estudo do modelo de esqueleto humano.

2º encontro

- Visita técnica ao Museu de História Natural da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, com registro dos dados em tabela e registro fotográfico.

3º encontro

- Leitura e estudo do texto: “O dente de cada um” (CARTELLE, 2008).

4º encontro

- Pesquisa livre via *web*, da anatomia do crânio dos diversos grupos de vertebrados e construção de cladograma que expressasse as possíveis relações de parentesco entre os vertebrados, inferidas a partir da comparação dos crânios.

5º encontro

- Leitura e estudo do texto “A árvore de parentesco”, retirado do capítulo 10 do livro de Richard Dawkins (2009), “O maior espetáculo da Terra”

Terceiro módulo: divulgação dos resultados

- Planejamento das atividades de divulgação do trabalho, confecção de pôster em formato acadêmico e produção e ensaios do teatro.

Atividade extraclasse

- Leitura do livro “Alice no país do espelho”;
- Apresentação de pôster durante Feira de Ciências;
- Apresentação da peça teatral durante Feira Literária.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados neste trabalho revelaram o valor do uso da metodologia de ensino por investigação no ensino de ciências.

O uso frequente dessa metodologia poderá atender a expectativa da sociedade de incluir na educação em ciências a aprendizagem das práticas da comunidade científica, inserindo os alunos em situações que se assemelham àquelas que ocorrem nas instituições de desenvolvimento científico (Castro, 2009).

A participação dos estudantes em práticas de investigação potencializa a apropriação das habilidades conceituais em ciências. Essa participação propicia também o desenvolvimento de habilidades procedimentais relacionadas aos métodos de investigação, como levantamento de hipóteses e uso de evidências na construção de explicações científicas, e ao uso de equipamentos e técnicas de experimentação, coleta e tabulação de dados. Os alunos podem, ainda, através dessa prática, desenvolver habilidades de argumentação (Jiménez, 2005), habituando-se a incorporar em seu discurso científico as pistas e evidências em que se embasam teorias e leis.

Ao se depararem com as dificuldades e as diferenças de interpretação entre os próprios estudantes durante uma investigação, o alunado percebe a ciência como uma construção falível e influenciada pela formação dos cientistas em todos os seus aspectos. A ciência passa a constituir-se, assim, como um conhecimento passível de erro e mutável, inserida em um contexto histórico, cultural e social (Paula, 2004).

As diretrizes nacionais para a educação científica já destacam o desenvolvimento das habilidades características do ensino por investigação. Porém, para a efetivação do uso desse modelo no ensino de ciências, o investimento na formação dos professores é imprescindível. Os cursos de graduação pertencentes às ciências naturais devem oportunizar aos futuros educadores a vivência das práticas da comunidade científica, independentemente de sua continuidade na vida acadêmica, de modo que se apropriem das ideias, métodos e procedimentos das ciências. Na licenciatura e

nos cursos de formação continuada para professores, a metodologia de ensino por investigação deve ser descrita com todas as suas potencialidades, destacando a essência que o define, mas também suas possibilidades e variações, de modo que pequenas limitações não desencorajem os educadores.

A área de pesquisa em ensino de ciências deve avançar nos estudos dessa metodologia para que, associando-se a investimentos do poder público e privado quanto à infraestrutura de pesquisa, sua prática nas escolas seja cada vez mais factível. A disseminação da produção científica na educação básica deve também auxiliar no desenvolvimento de práticas da comunidade científica nas salas de aula.

Portanto, produtos de dissertações na área de mestrado profissional em ensino, como a sequência didática em evolução gerada dentro desta pesquisa, devem subsidiar práticas investigativas nas escolas, alterando significativamente o cotidiano da educação científica no Brasil.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BROWN, J. S., A. Collins, et al. (1989). "**Situated cognition and the culture of learning**." *Educational Researcher* 18: 32-42
Chinn & Malhotra, B.A. (2002). *Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks*. *Science Education* 86: 175-218.

BYBEE, R. W. Scientific Inquiry and Science teaching. In: FLICK, L. B. & LEDERMAN, N.G. *Scientific Inquiry and Nature os Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Springer, 2006. Cap. 1, p. 1 a14.

CAMPOS, Maria Cristina da Cunha; NIGRO, Rogério Gonçalves. **Didática de ciências: o ensino – aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CARTELLE, C. **O dente adequado para cada um**. *Ciência Hoje*, v. 41. Rio de Janeiro, março de 2008.

DAWKINS, Richard. **O maior espetáculo da Terra: as evidências da evolução**/ Richard Dawkins: tradução Laura Teixeira Motte. – São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

DESANTIS, Larisa R. G. **Teaching Evolution through Inquiry-Based Lessons of Uncontroversial Science American Biology Teacher**, v.71 n2 p106-111 Feb 2009.

DRIVER, R., H. Asoko, et al.. "**Construindo conhecimento científico na sala de aula**." *Revista Química Nova na Escola*, 1999. 1(9). 31-40.

FERREIRA DE SÁ, Eliane; MAUÉS, Ely Roberto Costa; MUNFORD, Danusa. **Ensino de Ciências com caráter investigativo I**. In: LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro; MARTINS, Carmem Maria de Caro; MUNFORD, Danusa. (Org). *Ensino de Ciências por Investigação*. v. 1, Belo Horizonte: UFMG/FAE/CECIMIG, p.109, 2008.

FURMAN, Melina."O ensino de Ciências no Ensino Fundamental: colocando as pedras fundacionais do pensamento científico." São Paulo. Sangari Brasil, out 2009.

FUTUYMA, D.J. **Biologia Evolutiva**. (Trad. de Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene). Ribeirão Preto: 2 ed., Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992, p.646.

GOULD, Stephen Jay. Três aspectos da Evolução. In: BROCKMAN, J.; MATSON, K. **As coisas são assim – pequeno repertório científico do mundo que nos cerca**. São Paulo: Cia das Letras, 1997, p. 95-100.

JIMENEZ ALEIXANDRE, Maria Pilar. **A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula**. Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Bauru, ABRAPEC, 2005.

MORTIMER, E.F. E SCOTT, P.H. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

MUNFORD, D. LIMA, M. E. C. C., **Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?** Ensaio: Pesq. Educ. Ciências, v. 9, n.1. jul. 2007.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). *Working Group on Teaching Evolution, National Academy of Sciences*1998. **Teaching About Evolution and the Nature of Science**. Disponível em: http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=5787. Acessado em 13 de dezembro de 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2000). *Inquiry and the National Science Standards: A guide for teaching and learning*. New York, National Academy Press.

OECD / INECSE (2004) *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de Problemas* (tradução de *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*). Madrid: Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo. Ministerio de Educación y Ciencia.

OLSON, S. and Loucks-Horsley, S. **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning**. Center for Science, Mathematics, and Engineering Education (CSMEE), 2000. Disponível em : http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596&page=1. Acessado em 10 de novembro de 2010.

PAULA, H. **A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica**. Tese (doutorado em educação). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

SANDOVAL, W. A. **Conceptual and Epistemic Aspects of Students' Scientific Explanations**. *The Journal of the learning sciences*, 2003. 12(1), 5-51.

SCHWAB, J.J., **What do scientists do?** *Behavioral Science*,1960. 5:1-27.

SONCINI, M. I.; CASTILHO JUNIOR, M. **Biologia**. São Paulo: Cortez (Coleção Magistério 2o grau. Série Formação Geral), 1991.

SPLITTER, L. J.; SHARP, A. M. **Uma nova educação: a comunidade de investigação na sala de aula.** Laurance J. Splitter e Ann Margaret Sharp; tradução Laura Pinto Rebessi. – São Paulo: Niva Alexandria, 2001.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de consentimento livre e esclarecimento para pais/ responsáveis dos alunos participantes do projeto Magnum Avançado do Colégio Magnum

Termo de consentimento livre e esclarecimento para pais/ responsáveis dos alunos participantes do projeto Magnum Avançado de Ciências

Srs. Pais e/ou responsáveis,

Estamos encaminhando o protocolo para consentimento da participação de seu (sua) filho (a) em uma pesquisa em metodologia de ensino de Ciências a se realizar com os alunos participantes do projeto Magnum Avançado de Ciências e que objetiva fornecer dados para a dissertação do mestrando da PUC Minas Felipe Scalabrini Pinto, também professor do colégio Magnum. A pesquisa será realizada pelo Professor Felipe Scalabrini Pinto, com acompanhamento da professora/orientadora Claudia Schayer e envolverá atividades didáticas desenvolvidas durante as aulas e o uso dos dados de questionário avaliativo a ser respondido pelos alunos. Os procedimentos de pesquisa não alterarão a rotina de aulas dos alunos. As anotações e respostas ao questionário serão de uso exclusivo da pesquisa e não serão usados para avaliação de comportamentos ou atitudes dos alunos. Os dados obtidos serão mantidos em sigilo, assegurando a privacidade de todos os envolvidos na pesquisa. Salientamos que não haverá qualquer forma de penalização e/ou prejuízo do aluno que discordar em participar da pesquisa ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa. Algumas atividades serão fotografadas para divulgação acadêmica.

Agradecemos desde já sua colaboração.

Professor Felipe Scalabrini Pinto
Colégio Magnum
Telefone de contato: 8877-1443

AUTORIZAÇÃO DOS PAIS OU RESPONSÁVEIS:

Concordo e autorizo o(a) aluno(a) da turmaa participar da pesquisa em metodologia de ensino de ciências promovida pelo professor Felipe Scalabrini Pinto, com uso das observações nas aulas resposta dos questionários, nos termos propostos.

Nome do Pai ou responsável: _____

Assinatura: _____

Felipe Scalabrini Pinto

APÊNDICE B: Questionário aplicado aos alunos participantes da pesquisa constituintes dos grupos controle e teste do experimento.



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Mestrado em Ensino de Ciências

Caros alunos, gostaria da colaboração de vocês para responder ao questionário abaixo.

Os dados serão utilizados para pesquisas e elaboração de trabalho para o Mestrado em Ensino de Ciências na PUC-MG.

Não é necessário a sua identificação.

Os dados recolhidos neste questionário serão utilizados para avaliar metodologia de ensino em ciências e servirá para aprimoramento da prática de ensino de ciências. e não para avaliar individualmente a cada aluno.

Responsável: Felipe Scalabrini Pinto – scalabrinibio@yahoo.com.br

1- Você tem interesse no estudo de ciências?

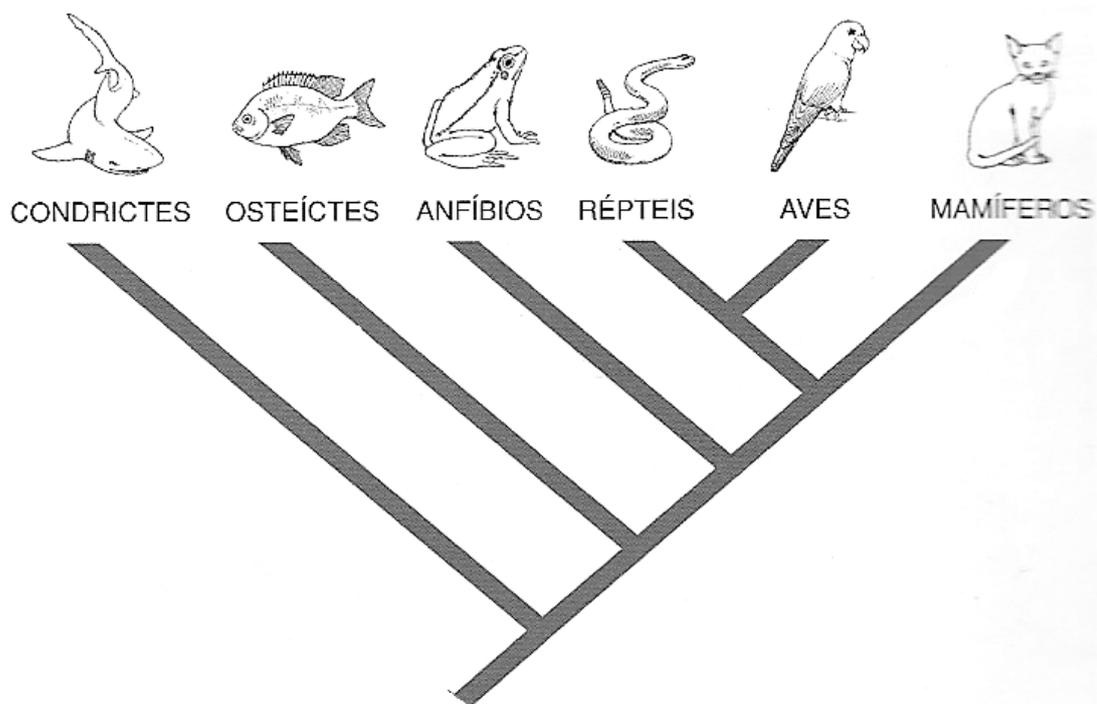
2- Quais os principais aspectos do estudo de ciências que atraem você?

3 - DESCREVA circunstâncias da sua vida escolar em que você tenha vivenciado métodos de pesquisa e investigação utilizados na construção do conhecimento científico?

4 – Com base em seus conhecimentos, DESCREVA as características e procedimentos típicos da construção do conhecimento científico.

5 – Você concorda que durante os estudos de cada conteúdos em ciências deve-se abordar também um breve histórico do desenvolvimento científico na área, de modo que o aluno conheça os passos, métodos e experimentos históricos que levam à construção dos conhecimentos científicos? EXPLIQUE.

6 – O diagrama abaixo apresenta uma hipótese atual e científica sobre a relação evolutiva dos vertebrados.



EXPLIQUE em que se baseiam as relações de parentesco dos vertebrados revelada na figura.

7 – As teorias criacionista e evolucionista se contrapõem quanto a explicações acerca da possível origem das diversas espécies de seres vivos que habitam a Terra. DESCREVA e ARGUMENTE as ideias da teoria da evolução quanto a origem das espécies na Terra.

8 – O perfil do marfim (presa) dos elefantes africanos tem se modificado nas últimas décadas, com aumento progressivo na frequência de elefantes com o marfim menor. Esse fato é incoerente com a função das presas de serem proteção para o animal, mas também deve ser analisado o alto valor comercial do marfim dos elefantes africanos.

CRIE uma hipótese para explicar o fenômeno do aumento na frequência de elefantes com presas menores na África.

APÊNDICE C: Texto na íntegra do teatro criado pelo grupo participante da atividade investigativa inspirado no livro “Alice no país do espelho”

Cena 1

Alice passeando, saltitante, no campo, vê uma rainha vermelha passando pelo espelho , ela pensa “olha, uma rainha”...Alice tenta acompanhar a rainha observando por onde ela passa, e Alice, desastrada, cai dentro do espelho encontrando-se na primeira casa do tabuleiro de xadrez... A rainha aparece ao lado da garota.

Cena 2

Rainha – Quem é você?

Alice – Eu sou Alice... Aonde estou?

Rainha – Você está no meu mundo...

Alice – Então você é mesmo uma rainha? Nossa, como você é linda... Queria ser uma rainha como você, mas no meu mundo...

Rainha – Mas eu não virei uma rainha por acaso... Eu tive que conhecer e entender muito sobre o meu mundo, percorri vários lugares, estudei muito e observei muita coisa acontecendo. Se você quiser ser uma rainha como eu terá também que conhecer e entender muito sobre o seu mundo... Já ouviu falar em Darwin? Ele foi um grande cientista do seu mundo. Ele percorreu e observou detalhadamente a Terra e seus habitantes para ser quem ele foi, uma pessoa conhecida por ter explicado como a vida evoluía no seu mundo. O que você me diz?

Alice – Tudo para ser uma rainha...

Rainha – Então vamos correr! Por cada casa desse tabuleiro você terá a oportunidade de conhecer mais do seu mundo, portanto não desperdice o seu tempo!

Alice e a rainha correm, correm e correm, correm muito mas acabam apenas dando um passo chegando à segunda casa.

Cena 3

Alice – Nossa, nós corremos tanto e parece que nem saímos do lugar...

Rainha – Mas no seu mundo não é assim? Ora, claro que é! Também no seu mundo os seres vivos devem estar sempre mudando para acabar ficando no mesmo lugar. O importante é não ficar para trás. Aqui nessa segunda casa você vai começar a entender isso, mas você só será uma rainha quando entender tudo... Agora tenho que ir cuidar desse meu mundo. Vá em frente!

Um personagem chega. Ele também tem um espelho como Alice tinha. Mas nesse espelho ele assiste o que acontece com o mundo de Alice

Personagem: Ei menina. Você não é daqui não é...Acho que eu já te vi no espelho...

Alice: Espelho? Que espelho?

Personagem: Ali olha. Nesse espelho eu assisto as coisas que acontecem na Terra. Eu já acompanho há muito tempo as mudanças que acontecem no seu mundo e que muitas vezes vocês nem percebem. Veja só... (momento da projeção das mudanças ambientais).

Alice: Esse é realmente o meu mundo... Um mundo que muda. Será que eu não tinha percebido isso? Acho que fiquei tempo demais aqui com você. Tenho que continuar minha corrida para entender mais sobre o meu mundo. Quero ser uma Rainha ainda hoje.

Alice volta a correr sempre saltitante até alcançar a terceira casa.

Cena 4

Alice chega em um grande jardim (aparece uma rosa falante). Mostrar espécies antigas e exóticas.

Alice: Quanto animal e planta bonito. Mas eu nunca vi nenhum deles no zoológico da minha cidade. Mas muitos parecem com alguns que eu conheço.

Personagem 2: Eu já vi muito ser especial que passou pelo seu mundo e já na existem mais

Alice: Mas como isso foi possível?

Personagem 2: A medida que o ambiente muda alguns seres conseguem sobreviver, permanecendo na Terra, enquanto alguns outros seres acabam não resistindo as mudanças e desaparecem.

Alice: Mas o que faz com que um ser seja melhor que o outro para que esse sobreviva?

Personagem 2: Ao longo da vida os seres sofrem mudanças no DNA proporcionando-lhes características diferentes do que as que predominam em seres da sua espécie. Por exemplo, uma girafa que não tinha o pescoço longo tem agora pois sofreu uma mudança no DNA. Se um dia só ficaram árvores grandes na terra quem ira sobreviver?A de pescoço longo ou curto?

Alice: Ah! Tudo bem, então é uma questão de sobrevivência.

Personagem 2: Ao longo do seu caminho você vai conhecer muito seres do seu mundo que se modificaram e sobreviveram. Na verdade essas mudanças não aconteceram por necessidade de sobrevivência e sim por um erro. Mas já que foram boas, permaneceram.

Alice: Então quer dizer que os animais não mudam porque eles precisam?

Personagem 2: Bem, na verdade não! Mas ainda há muito o que descobrir, Alice... Tenho que ir....

Alice: Tudo bem... Essa conversa foi muito boa para mim, obrigada! Eu também preciso ir, preciso aprender mais sobre o meu mundo. Adeus...

Alice volta a saltitar, anda uma casa.

Cena 5:

Alice: Nossa, mais que lugar escuro, a rainha vermelha não me avisou que tinha florestas por essas bandas... Ai! AAAAh! Um carrapatooooooooo! Ate aqui, meu Deus, essa praga não desaparece nunca?

Pulga: Primeiro, eu sou uma pulga meu bem! E segundo, se você esta achando que minha vida é essa moleza toda, fique sabendo que nós temos que mudar muito para poder sugar nosso sanguinho diário... Olha para minhas patinhas da frente, antes elas podiam ser assim (faz um gesto com a mao) que eu conseguia segurar qualquer pêlo com elas, mas já que o pêlo do homem engrossou, ela teve que crescer também, não e?

Alice: Acho que sim...

Pulga: Ah, menina se decide... Teve que crescer SIM! E vou dizer mais, odeio ficar dependendo toda vida de gatinha como as da sua espécie... Só vocês mudarem uma coisinha que nós temos que mudar também, como por exemplo, minha saliva, vocês conseguem coagular sangramentos, daí eu tive que incrementar minha saliva com um tipo de anticoagulante sentem dor por causa dos seus nervos e tive que arrumar um anestésico. E sei que isso nunca vai parar.

Alice: Todos na vida temos desafios, nós também não vamos deixar tudo prontinho para você ir lá e sugar nosso sangue! Você terá que se adaptar com essas mudanças... Olha, é mesmo... Isso, isso! Já sei! Obrigada pulguinha, por esse esclarecimento, foi Ó-T-I-M-O!! Agora estou mais perto do meu objetivo, bye-bye!

Pulga: Nossa, que menina louca!(desconsolada) Ah, e eu ainda não consegui sugar uma gotinha de sangue... Mas ainda tem muito animal nessa floresta, lá vou eu!

Alice volta a correr e passa para a próxima casa.

Cena 6: Alice encontra um muro com humpty dumpty em cima.

humpty dumpty: Ei menina que pressa é essa?

Alice: Desculpa, agora não posso conversar. Meu tempo está acabando. Ainda tenho que ver e compreender muito sobre os seres que vivem no meu mundo e tenho só mais uma casa do xadrez. Já entendi que os seres vivos estão em constante modificação e que as espécies de animais e plantas que vivem hoje são diferentes das que já viveram. É, elas são diferentes... Mas tem tanta coisa igual, ou elas são iguais e têm tanta coisa diferente?!... Ah, Meu Deus, mas que dúvida cruelíssima!

humpty dumpty: Sabe que eu já conheci alguém que queria também entender essas coisas.

Alice: Sério?! Será que ela também queria virar uma rainha?

Humpty Dumpty: Acho que não, ele era um homem! E o nome dele era Charles Darwin.

Alice: A rainha vermelha falou mesmo desse homem! Ele deve ser a chave do meu enigma! Me conte tudo que você sabe sobre esse tal de Darwin, senhor...?

Humpty Dumpty: Humpty Dumpty, muito prazer! Beem, Charles Darwin era um curioso naturalista inglês que gostava de viajar e conhecer novos lugares e os seres que os habitavam. Em uma dessas viagens em um navio chamado

Beagle, quando visitava Galápagos, ilhas do Equador, Darwin observou aves conhecidas como tentilhões. Darwin percebeu que todas as espécies de tentilhões, apesar de diferenças no bico, têm fortes traços em comum. Ele concluiu que todas aquelas espécies teriam se originado de um mesmo ancestral. Com a formação das ilhas que passaram a apresentar ambientes diferentes umas das outras, as aves que apresentavam pequenas diferenças quanto ao formato e rigidez do bico eram favorecidas ou desfavorecidas de acordo com o ambiente que ocupavam. Isso por que os ambientes das ilhas eram diferentes e os alimentos que eram abundantes em uma ilha não existiam em outras. Assim, um tipo de bico que era favorável em uma ilha e que acabava predominando nas aves daquela ilha, não era favorável em outras e acabava desaparecendo. Assim as aves foram apresentando modificações em relação à que lhes deu origem, mas ainda guardaram características em comum. Darwin então percebeu que os seres que habitam a Terra hoje tiveram origem em espécies anteriores, mas se modificaram ao longo do tempo e as modificações que favoreceram a sobrevivência se mantiveram na espécie, enquanto aquelas modificações que dificultavam a sobrevivência acabaram desaparecendo. A esse processo Darwin chamou de seleção natural.

Alice: (sussurrando para si mesma) Então os seres foram sofrendo mudanças no DNA por acaso e acabaram se dando melhor com os diferentes ambientes e presas ou predadores, sobrevivendo e passando essas características para o próximo... Acho que agora tudo se encaixa melhor na minha cabeça! Mas aqui... você acha mesmo que as coisas aconteceram exatamente como Darwin imaginou?

Humpty dumpty: Ainda há muita coisa para se conhecer sobre a origem e a evolução dos seres. Ainda há aqueles que acreditem no criacionismo. Deus teria criado todos os seres independentemente. Mas há pistas que nos levem a acreditar no parentesco entre os seres: as semelhanças entre eles, inclusive registradas nos fósseis, são forte indício de que realmente eles tiveram uma mesma origem. Mas eu prefiro não acreditar nem em um, nem no outro, bom mesmo é ficar sempre em cima do muro, igual esses políticos de hoje que

nunca dizem nem que sim, nem que não. Você nunca sabe realmente o que eles acham.

Alice: Tudo bem. Acho que agora, com a sua ajuda e a de Darwin, consigo dizer que entendo os seres do meu mundo. Tenho que achar a rainha vermelha e dizer que consegui. Acho que já posso ser uma Rainha. Mas onde será que posso encontrá-la?

humpty dumpty: Ela já está há um tempo te esperando. Avance para a próxima casa e boa sorte.

Alice: Muito obrigada, senhor Humpty Dumpty. Tchau

Alice volta a correr e avança uma casa.

Cena 7

Alice se encontra com a rainha vermelha

Alice: Rainha, preciso lhe contar uma coisa. Descobri que as coisas no meu mundo são muito parecidas com o seu mundo. Descobri que também no meu mundo todos os seres devem estar sempre correndo para continuar no mesmo lugar. Todos devem estar sempre mudando para que consiga se manter no mundo já que o ambiente em que vivemos e os seres que se relacionam com a gente mudam o tempo todo. Descobri que tudo é uma questão de sobrevivência.

Rainha: Todo aquele que entende isso ganha uma nova missão. Acho que você merece e suporta a responsabilidade de possuir essa coroa, eu te corôo rainha! Rainha Alice!

Alice: Oh! Muito obrigada por tudo rainha! Espere até minha mãe ver isto! Até logo!

Rainha: Não, senhora, majestade! Agora você é a ligação vital entre o meio ambiente e os humanos do seu mundo! Possui uma grande responsabilidade em mãos! O ambiente do seu planeta sempre mudou, mas de uns tempos para cá o homem tem acelerado muito o processo de modificação da natureza. As mudanças do ambiente sempre foram um desafio para os seres. O que o homem tem feito é aumentar esse desafio pela sobrevivência e muitas espécies não tem conseguido sobreviver. E como rainha você deve fazer de tudo para que os homens não modifiquem tanto o ambiente e para que as espécies continuem tendo chance de, pelas mudanças naturais e as adaptações que elas proporcionam, continuar sobrevivendo. Todos os seres são importantes no mundo, inclusive para o homem. Cuidar da preservação do ambiente e dos seres que o ocupam é também cuidar da sobrevivência do homem na Terra. A missão de toda rainha é cuidar. Cuidar para que todos entendam e pratiquem essa idéia, cuidando de mim para cuidar de todos, mas também cuidando de todos para cuidar de mim.

APÊNDICE D: Pôster confeccionado e apresentado pelos alunos durante Feira de Ciências da escola

Uso de evidências na construção do conhecimento científico em evolução

COLÉGIO MADRUM

PROJETO MADRUM AVANÇADO DE CIÊNCIAS – EPÍBÓRIS

ORIENTADOR: Felipe Escobarini Pinheiro – Professor de Ciências do Ensino

Resumo

A curiosidade humana e sua busca por sobrevivência e melhor qualidade de vida tem estimulado a ciência a buscar novas e melhores explicações para os fenômenos naturais. Nos tais conhecimentos fazem sentido a medida que estão apoiados em evidências concretas. O presente trabalho buscou relacionar algumas explicações quanto a evolução dos seres vivos com as pistas que o reforçam, mostrando que há motivos para a ciência defender uma ideia. Podemos perceber assim que a ciência evolucionista, como toda a ciência, é um conhecimento construído em fundamentos obtidos por pesquisas de diversas formas.

Palavras-chaves: evolução biológica, construção do conhecimento científico, anatomia comparada de vertebrados

Introdução

Hoje em dia, a necessidade de buscar novos conhecimentos relacionados à ciência é grande. A sociedade deseja descobrir novas informações para conhecer questões fundamentais de vida, do passado a dos fenômenos naturais.

Não como a que usamos para descobrir essas coisas? Não podemos simplesmente inventar uma história para convencer algumas pessoas quanto as explicações dos fenômenos naturais. Devemos basear o nosso conhecimento em evidências. Neste contexto o presente trabalho buscou na Ideologia de Ernst Haeckel, Filósofo, matemático e filósofo; conhecido como neodarwinista britânico. Ele acreditava que na construção do conhecimento científico criou-se uma explicação científica com a promessa de que ela seja verdadeira ("chama de núcleo inatualista"), a partir daí, a pesquisa e a investigação deve fornecer dados que reforcem esta explicação, formando o que ele chamou de "estrutura de proteção", ou seja, a prática evidências que apóiam o seu pensamento.

Atualmente, os métodos científicos que os alunos aprendem nas escolas são mostrados a eles (já prontos), ou seja, basicamente não se fala como aquele descoberto foi feito e através do que ele descobriu. Isso pode causar a pouca valorização do uso das evidências. A ideia é que não é provado simplesmente através de hipóteses, apesar delas serem importantes também.

Este trabalho objetiva relacionar a teoria evolutiva com as evidências que colaboram com ela, reforçando o papel das evidências experimentais na construção do conhecimento.

Motivação

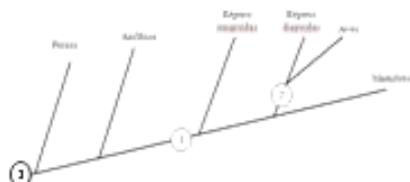
Foi nestas atividades de investigação realizadas no uso das evidências de anatomia comparada do esqueleto dos vertebrados para a montagem de um diagrama que expressa as possíveis relações de parentesco entre os grupos de vertebrados e os filos históricos que podem ter levado à diversificação do animal ancestral do grupo em linhagens de espécies diferentes, colaborando assim com a base evolucionista. O foco do estudo foi na comparação do crânio, coluna vertebral e estruturas dos membros de diversas espécies de vertebrados.

Para isso foi utilizado um modelo didático do esqueleto humano e artigos de literatura que mostram e discutem as semelhanças e diferenças entre as estruturas ósseas dos vertebrados. Foi ainda feita visita técnica no Museu de História Natural do IRLC-Ninás onde foi possível observar e documentar as estruturas esqueleticas de diversas espécies de vertebrados extintos e viventes.

Resultados e discussão

Ao longo do nosso projeto procuramos estabelecer indícios de que muitas espécies tiveram um mesmo ancestral com consideráveis semelhanças justificadas pela descendência comum e diferenças explicadas pela verticalidade causada por mutações e outras explicações, pela seleção natural. Com isso procuramos comparar a partir do crânio, coluna vertebral e membros na busca de indícios dessa evolução.

Crânios e patas conseguimos identificar a existência das fossas temporais e demais características podemos encontrar nos anfíbios, (já alguns répteis e aves são desprovidos, ou seja possuem duas fossas e outros répteis e os mamíferos possuem somente uma fossa, por isso denominados strepsidas. Essa comparação mostra uma ancestralidade comum entre répteis strepsidas e mamíferos e entre répteis desprovidos e aves e ainda que patas e anfíbios apresentem na escala evolutiva antes do aparecimento das fossas temporais. Essa ideia é baseada no diagrama a baixo (Figura 1).



Os números 1 e 2 seriam possíveis momentos em que as características dos strepsidas (1) e ser desprovidos (2) teria surgido. Restam, uma das evidências que permitem aos cientistas acreditar na história evolutiva baseada na Figura 1 a presença e o número de fossas temporais pois não possuem a possível relação de parentesco do diagrama.

Na comparação com do esqueleto dos diversos vertebrados observamos também a presença de uma estrutura comum a todos eles, os vertebrados. Sua presença em todos esses animais é uma pista de que todos eles têm herança do tal estrutura de um ancestral comum. Assim, no diagrama da Figura 1 a coluna vertebral teria surgido possivelmente no nó 3, representando um possível ancestral.

Como mostra a Figura 2, a coluna vertebral vai a proximidade da nossa cabeça é um caso denominado à formação da cauda ou do cóccix no caso humano. Nos humanos o cóccix representa uma modificação da estrutura da riba que provavelmente herdamos de nossos ancestrais mas que teria se reduzido ao longo da evolução.



Figura 2: A. Foto de coluna vertebral de peixe. B. Foto de dentes e coluna vertebral de crocodor. C. Representação esquemática do esqueleto humano que mostra a coluna vertebral humana.

Com o estudo dos membros dos vertebrados podemos destacar semelhanças bastante significativas mesmo entre seres com hábitos de vida bem diferentes. Os patas apresentam estruturas de articulações bem diferenciadas e todos os membros. Apesar de as diferenças incluem-se os chamados tetrapodes, seres com quatro patas. Tais patas poderiam ser indícios de grande diferença entre elas, mas quando analisada sua estrutura óssea encontra-se uma repetição dos mesmos ossos (Figura 3), mesmo aquelas em que os membros passaram a ter função de nadar ou voar. Nos membros anteriores encontramos a sequência do úmero, rádio, ulna, carpo e metacarpo e falanges presentes em todo, mas não com as mesmas funções, provavelmente paradas de ao esqueleto humano.

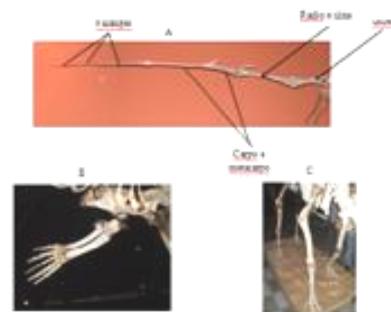


Figura 3: A. Foto membro anterior de um peixe. B. Foto membro anterior de uma ave. C. Foto membro anterior de uma ave.

Tais semelhanças revelam novamente o parentesco entre esses seres, mas também suas adaptações ao meio em que vive e a sua forma de locomoção. Assim revelam-se não só a herança dessas estruturas de um ancestral comum, mas também a ação da seleção natural nas modificações dessas estruturas ao longo da evolução.

Considerações finais

Podemos concluir que as semelhanças entre os diversos seres vivos indicam que eles vieram de um mesmo ancestral e dele herdaram características em comum, que sofreram algumas alterações a partir de seleção natural. No final desse trabalho ainda concluímos que os filões científicos vêm de observações e delas surgem uma base, um núcleo inatualista. Força, do fato, que será sustentado após do estrutura de proteção, ou seja, através de bases, argumentos, bases, pesquisas, indícios que reforça esse núcleo inatualista (base de ideias). Assim percebemos que a ciência, os filões científicos não são bases isoladas e sim um conjunto de indícios e pesquisas que reforça uma observação, no qual não temos 100% de certeza de sua validade.

Bibliografia

CHATELAIN, C. *Atividade adaptativa para ensino de Ciências*. São Paulo, vol. 45. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2008.

CHATELAIN, C. *Unidade de ensino de Ciências*. São Paulo, vol. 46. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2008.

DARWIN, R. *Unidade de ensino de Ciências*. São Paulo, vol. 47. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2008.

9 ANEXOS

ANEXO A

O que é uma espécie afinal?

Adaptado de Scientific
American Brasil, Julho 2008

É surpreendente ver o quanto os cientistas vêm debatendo para chegar a um consenso sobre algo tão simples e decidir se esse ou aquele grupo de organismos constitui ou não uma espécie. Talvez isso se deva ao latim, que deu nome às espécies, carregados de uma certeza absoluta, levando o público a pensar que as regras são muito mais simples. Ou possivelmente isso se deva a 1,8 milhão de espécies que os cientistas vem nomeando de uns séculos para cá. Não há consenso, entre os biólogos, sobre o que vem a ser uma espécie. De acordo com a última estimativa existem em circulação, pelo menos, 26 conceitos publicados.

O mais notável quanto a todas as discordâncias é que, hoje, o nosso conhecimento sobre como a vida evolui em novas formas aumentou muito desde que se iniciou o debate sobre as espécies. Os taxonomistas, até pouco tempo atrás, identificavam espécies apenas pelas características visíveis, como nadadeiras, pêlos e penas. Agora podem ler sequências de DNA e descobrir toda uma riqueza de diversidade biológica.

A taxonomia, ciência que trata da nomeação das espécies, surgiu no século XVII e se firmou no século seguinte, graças ao trabalho do naturalista sueco Carl Linnaeus. Linnaeus inventou um sistema para organizar os organismos vivos em grupos, os quais abrigavam grupos cada vez menores. De acordo com o novo sistema todos os membros de um grupo particular compartilhavam determinadas características. Ele acreditava que cada espécie sempre havia existido desde o momento da criação. “Existem tantas espécies quantas foram as formas que o Ser Infinito criou no início dos tempos”, escreveu.

A nova ordem de Linnaeus tornou o trabalho dos taxonomistas muito mais fácil, mas a tentativa de traçar limites entre as espécies não foi bem sucedida. Duas

espécies de camundongos podem intercruzar, levando à questão do nome a dar aos híbridos formados.

De acordo com Darwin, tentar definir espécie é tentar definir o indefinível, já que as espécies nunca foram entidades fixas que surgiram quando da criação. Elas evoluíram. Cada grupo de organismos surgiu como uma variedade, a partir de espécies mais antigas. Com o passar do tempo, a seleção natural os transformou, enquanto se adaptavam ao ambiente. Entretanto outras variedades se tornam extintas. Uma variedade antiga, no final, torna-se completamente diferente de todos os outros organismos – e isso é o que entendemos como espécie em si. “ Eu vejo o termo espécie como um conceito arbitrário, criado por mera conveniência, para designar um grupo de indivíduos muito semelhantes entre si”, disse Darwin.

A análise das diferenças genéticas entre os seres levaram a uma nova forma de pensar. O que definia uma espécie eram as barreiras que impediam a sua reprodução com outras. Os genes fluíam entre os membros de uma mesma espécie, quando acasalavam, mas esses indivíduos, normalmente, permaneciam no âmbito de sua espécie, graças às barreiras reprodutivas. Assim espécie foi definida como sendo um grupo de populações que podem cruzar entre si, mas são capazes de intercruzar com outras.

A maneira mais promissora para as barreiras evoluírem é pelo isolamento. Assim, alguns membros de uma espécie existem – uma população – tornam-se incapazes de cruzar com o resto da sua espécie: uma geleira poderia atravessar sua área de distribuição, isolando essa população do resto da espécie. A população isolada desenvolveria novos genes, e alguns desses novos genes poderiam tornar o intercruzamento difícil ou mesmo impossível.

A compreensão de como as espécies evoluem levou a criação do conceito filogenético de espécie, substitui o fator sexo da equação, pela idéia de descendência a partir de um ancestral comum. Organismos aparentados compartilham características por que compartilham o mesmo ancestral. Humanos, girafas e morcegos, todos descendem de mamíferos mais antigos e, conseqüentemente, todos apresentam pêlos e glândulas mamárias. Dentro dos mamíferos, os humanos partilham um ancestral comum com os outros primatas. A partir de um ancestral comum, os primatas herdaram outras características como olhos na posição frontal. Dessa maneira podemos

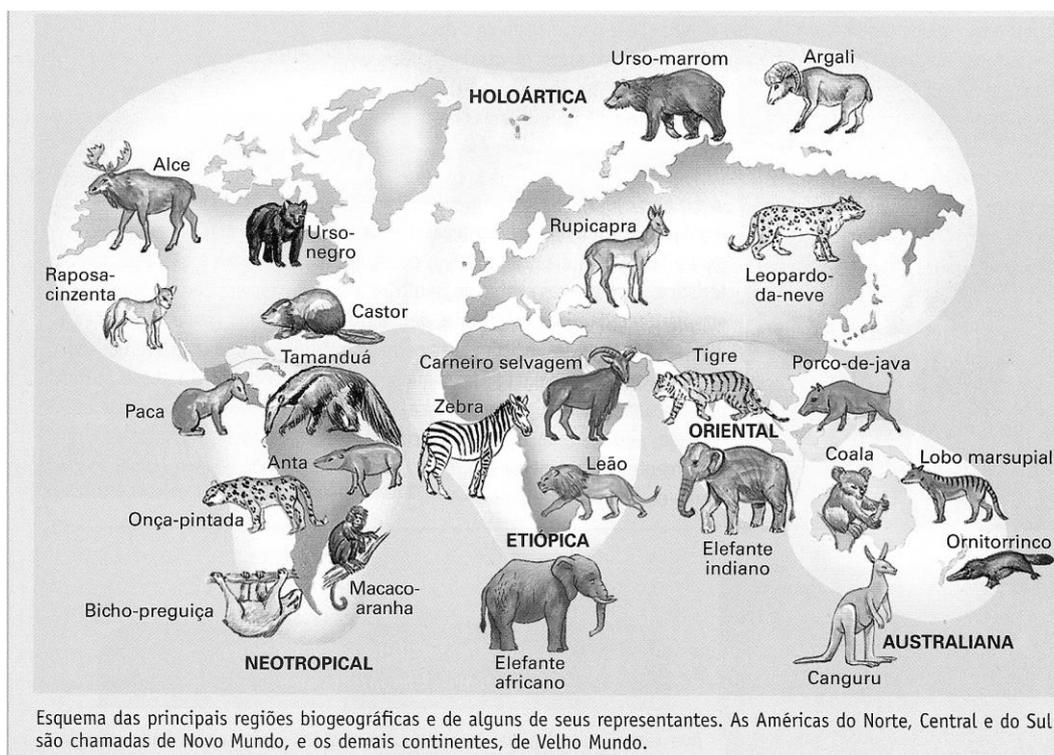
descobrir grupos cada vez menores até chegarmos a uma escala em que não podem mais ser subdivididos. Estes, de acordo com o conceito filogenético, são as chamadas espécies. Podemos dizer, então, que esse conceito de espécie tomou o sistema original de Linnaeus e o modernizou à luz do pensamento evolutivo. Essa definição é limitada pois não nos diz em que nível natural devemos suspender as subdivisões.

Essa discussão é interminável. Concorda-se que todas as definições são fundamentadas na idéia de que espécie é uma linhagem evolutiva distinta. A discussão está na definição de critérios de se reconhecer uma espécie. Muitos defendem que esses critérios são variados e contextualizados com as necessidades e que variam entre macro e microorganismos, seguindo o critério de conveniência quando se quer definir um catálogo de espécies ameaçadas ou de compreender a história da vida.

ANEXO B

A ema e seus “parentes”

A biogeografia é o estudo dos padrões de distribuição dos seres vivos, bem como dos processos que geraram esses padrões. As regiões biogeográficas e alguns dos animais característicos delas estão representados na figura a seguir:

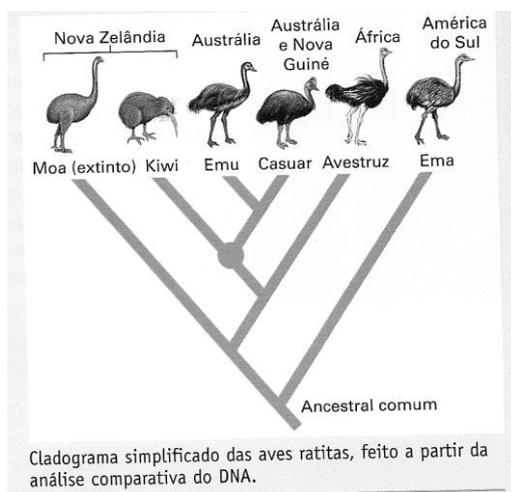


Cada região é caracterizada por um determinado conjunto de espécies endêmicas: aquelas que apresentam uma distribuição restrita a uma determinada área. O significado oposto é espécie cosmopolita, cujos indivíduos apresentam ampla distribuição geográfica.

Existem, portanto, casos de espécies endêmicas de regiões biogeográficas distintas, mas que são bastante parecidas. É o caso das aves não-voadoras, coletivamente chamadas ratitas: a ema, endêmica da América do Sul; o avestruz, endêmico da África; o casuar e o emu, endêmicos da Austrália; e os kiwis, da Nova Zelândia. Como explicar a semelhança entre esses animais, que vivem em continentes diferentes, separados por grandes oceanos?

A diversificação das aves ratitas ainda é assunto controverso. Uma das hipóteses que procura explicar a evolução e a distribuição dessas aves considera que elas provavelmente tiveram um ancestral comum, cuja população pode ter habitado o continente pré-histórico Gondwana, na área que corresponde atualmente a América do Sul, África, Austrália e Nova Zelândia. Quando essa grande massa de terra se fragmentou, devido ao movimento das placas litosféricas, a população inicial foi separada, representando um evento cladogenético.

Populações da ave ancestral, que não era voadora, passaram a viver em isolamento geográfico e reprodutivo, pois surgiram oceanos separando os continentes. Populações assim isoladas passaram a ter sua própria história evolutiva e, ao longo do tempo, modificaram-se, dando origem a características distintas. As características vantajosas que surgiram de forma independente nessas populações modificaram-nas gerando novas espécies, mas o fato de ocuparem ambientes bastante parecidos com clima e vegetação semelhantes, mesmo em continentes distintos, favoreceu a manutenção de características compartilhadas. A história evolutiva dessas aves pôde ser traçada não apenas pela análise de fósseis, mas também por comparação entre o DNA dessas espécies e o de outra espécie extinta de ave não-voadora encontrada na Nova Zelândia: o moa.



Além do exemplo da ema e de seus “parentes”, existem vários outros organismos que se assemelham, vivem em continentes distintos e derivam de um grupo ancestral comum. Mas não podemos afirmar que todos os seres com algumas características em comum descendem de um mesmo ancestral;

tubarões e golfinhos são anatomicamente parecidos, mas tem origens ancestrais distintas. Por isso têm-se implementado diversos estudos na área da sistemática que buscam inferir sobre o grau de parentesco de espécies endêmicas em continentes e até regiões diferentes.