

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO SIQUEIRA PALCHA

**OS SABERES DA BIOLOGIA EVOLUTIVA E OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS:
APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS PARA O AVANÇO NO ENSINO**

CURITIBA

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEANDRO SIQUEIRA PALCHA

**OS SABERES DA BIOLOGIA EVOLUTIVA E OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS:
APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS PARA O AVANÇO NO ENSINO**

Monografia apresentada à disciplina de Estágio II, do departamento de Genética, como requisito parcial para o título de bacharel no curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Marques Magalhães

CURITIBA

2010

In memoriam

Prof. Euclides Fontoura da Silva Junior:

A quem eu dedico o meu progressivo amadurecimento pessoal, intelectual e acadêmico e que, sem margem de dúvida, marcou para sempre a minha formação profissional, cultural e científica, com as suas significativas atenções e orientações.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais agradeço por toda a compreensão, força, alegria, cumplicidade, pelas palavras sábias que me deram e sempre chegam na hora certa, por todo o amor, coragem e dedicação durante essa caminhada. A minha irmã, que eu também amo demais, agradeço pelo estímulo, cuidado e o carinho cotidiano.

Aos meus grandes amigos da Biologia pelo apoio, companheirismo e amizade que tornaram os meus dias acadêmicos muito mais felizes, divertidos e animados. Principalmente, ao Carlos, a Carol e a Kamilla, pela cumplicidade, humor contagiante, incentivo pessoal e por me ouvirem sempre com paciência e atenção. Em especial, a querida Ingrid que me despertou o interesse, incessante pelo ensino da Biologia Evolutiva, pelo seu carisma, bom e mau humor, conselhos, maturidade, sabedoria, competência e seu apoio sem limites.

Aos meus inesquecíveis amigos e colegas do Museu de Ciências Naturais, pela nobre convivência, empenho e colaboração nestes últimos anos, pelos quais desenvolvemos em dias, noites e madrugadas, inúmeros projetos e atividades em prol do método científico. Especialmente, a Dona Rose e ao Adial pela prontidão, apoio e amizade. Acima de tudo, agradeço aos admiráveis Professores Euclides e Fernando Sedor pela ajuda, exigência, competência e toda aprendizagem proporcionada sobre as Ciências Biológicas.

Aos meus amigos do Setor de Educação, Éder e Luiz, que contribuíram com as suas reflexões e sugestões para o desdobramento deste estudo e, por também, estarem lutando por mais qualidade no ensino. Em especial, ao meu grande amigo Luciano pela sua amizade, pela parceria nas festas do final de semana, pelas conversas sempre produtivas e intelectuais, atenção e sugestões para a redação do texto final.

Ao Professor João Carlos pela amizade, por depositar confiança em meu trabalho, me orientar incansavelmente e partilhar o seu conhecimento para que este estudo fosse, cada vez mais, bem elaborado. Ao Professor Erasto pela colaboração, apoio, conselhos pessoais e sua atenção para a finalização do estudo. A Professora Ivanilda pela amizade, simpatia e valiosas orientações, no começo, no intervalo, no final das aulas e nos corredores da reitoria. A Professora Odisséa pela paciência, colaboração e ter me ajudado, sem medir esforços, para que eu pudesse realizar meus sonhos e para que mais esta etapa fosse alcançada.

A minha querida Serafina Zapchau (in memoriam) pela sua eterna simpatia, ajuda, carinho, alegria contagiante, admiração, inspiração e conselhos no dia-a-dia nos últimos anos...

A todas essas pessoas - e a tantas outras - que marcaram a minha vida. Muito obrigado!!!

Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar. (BACHELARD, 1996; p.21).

RESUMO

A proposta deste estudo reside em relatar e discutir a pesquisa envolvendo os saberes da biologia evolutiva e aproximações aos obstáculos epistemológicos, mediante a uma análise de concepções dos estudantes concluintes do ensino médio. Os saberes, neste contexto, serão apontados, num sentido mais amplo, como sendo um conjunto de elementos, informações e conhecimentos relacionados ao estudo da evolução e diversidade biológica; enquanto os obstáculos epistemológicos, segundo a epistemologia da ciência, bachelardiana, compreendem os impedimentos inerentes ao próprio ato de conhecer e tornam-se relevantes ao ensino, no sentido de se transpô-los e desencadear possíveis avanços durante a apropriação do conhecimento científico. O objetivo geral se ateve em investigar quais são os saberes da biologia evolutiva que estão presentes nas concepções dos estudantes e discorrer sobre algumas possíveis aproximações aos obstáculos epistemológicos. A metodologia empregada esteve centrada na Análise de Conteúdo, utilizada, principalmente, para a categorização e como ferramenta para permitir inferências sobre os dados obtidos, não obstante, como instrumento de coleta de informações, elaborou-se um questionário que possibilitasse haver apontamentos quantitativos e qualitativos sobre as concepções, enquanto os sujeitos da pesquisa estão representados por estudantes de três turmas do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública do Estado do Paraná. Os resultados estatísticos indicaram diferenças significativas na interpretação das questões em relação às turmas pesquisadas. Além do mais, uma parcela dos estudantes denotou nas argumentações a presença de saberes provenientes do senso comum, assim como, por vezes, evidenciaram aproximações de obstáculos epistemológicos nas concepções. Portanto, julga-se necessário haver mais atenção aos conhecimentos mediados em sala de aula, para que se leve em consideração os saberes que os estudantes já possuem, a fim de que haja um aprendizado básico e significativo além da apropriação correta do conhecimento científico.

Palavras chaves: Os Saberes da Biologia Evolutiva. Obstáculos Epistemológicos. Concepções de estudantes.

ABSTRACT

The purpose of this study is to report and discuss the research involving the knowledge of evolutionary biology and approaches to the epistemological obstacles, through an analysis of the conceptions of students who are graduating high school level. The knowledge in this context will be appointed in a broad sense as been a set of elements, information and relation of knowledge about the study of evolution and biological diversity; while the epistemological obstacles, according to the epistemology of science, bachelardiana, understand the inherent impediments to the own act of knowing and become relevant to education, meaning to transpose them and initiate potential advances during the appropriation of scientific knowledge. The general goal stuck in investigate what are the knowledges of evolutionary biology that are present in conception of the students and expatiate about some approximations to the epistemological obstacles. The methodology used was centered in an analysis of the content, used mainly to categorization and how the tool allow inferences about the obtained data, despite, as a collecting information tool, it was developed a questionnaire that would enable to have some quantitative and qualitative notes about the concepts while the subjects of the research are represented for students of three classes of high school's third year of a public school in the state of Parana. The statistical results indicated significant differences in interpretation of issues relationing the researched classes. In addition, a portion of the students has denoted at the arguments the presence of knowledge of common sense, as for times showed approximations of epistemological obstacles at the conceptions. So, it is thought need to have more attention to the knowledge mediated in classroom to take in consideration the knowledge that the students already have to have a basic and significant learning beyond the correct appropriation of the scientific knowledge.

Keywords: The Knowledge of Evolutionary Biology. Epistemological Obstacles. Conceptions of Students.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 ORIGEM E DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO EVOLUTIVO	13
2.1 OS PENSADORES GREGOS.....	13
2.2 O PENSAMENTO TEOLÓGICO.....	15
2.3 O PENSAMENTO CIENTÍFICO MEDIEVAL - EM TRANSIÇÃO.....	16
2.4 O PENSAMENTO DE LAMARCK.....	17
2.5 O PENSAMENTO DE DARWIN / WALLACE.....	18
2.5.1 O Sistema Evolucionista Darwiniano (Darwinismo).....	20
2.5.1.1 A herança se dá através da mistura de elementos.....	20
2.5.1.2 Evolução - lenta, gradual e intermitente.....	21
2.5.1.3 Seleção Natural.....	21
2.5.1.4 Seleção Sexual.....	21
2.5.1.5 Polimorfismos neutros.....	21
2.5.1.6 Caracteres adquiridos.....	22
2.5.1.7 Teleogonia.....	22
2.5.1.8 Evolução e Progresso.....	22
2.5.1.9 Impulso evolutivo.....	22
2.6 O EXPERIMENTO DE AUGUST WEISSMANN.....	23
2.7 O ECLIPSE DARWINIANO.....	24
2.8 A TEORIA SINTÉTICA (1937).....	25
2.9 O EQUILIBRIO INTERMITENTE.....	26
3 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA: A LUZ DE BACHELARD	27
3.1 OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS.....	29
3.2.1 A experiência primeira.....	30
3.2.2 O conhecimento geral.....	30
3.2.3 O obstáculo verbal.....	31
3.2.4 O conhecimento unitário e pragmático.....	32
3.2.5 O obstáculo substancialista.....	33
3.2.6 O obstáculo animista.....	33
3.2.8 Obstáculos do conhecimento quantitativo.....	34

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
4.1 A VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA.....	35
4.2 O CAMPO DE ESTUDO E O SUJEITOS DA PESQUISA.....	36
4.3 OS FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	36
4.4 APONTAMENTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS.....	37
4.5 SISTEMA DE CATEGORIZAÇÃO DA PESQUISA.....	38
5 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES	39
5.1 O CONHECIMENTO DO SENSO COMUM.....	40
5.1.1 A evolução deve ser entendida como uma “escalada em direção ao progresso”.....	40
5.1.2 Entre todas as espécies, a espécie humana (<i>Homo sapiens</i>) é a biologicamente mais evoluída	42
5.2 HISTORICIDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO.....	43
5.2.1 O conhecimento da genética enfraqueceu a Teoria da Evolução.....	43
5.2.2 Darwin - desde a publicação da sua teoria da seleção natural - foi uma autoridade incontestável pela ciência.....	45
5.3 ADAPTAÇÃO E SELEÇÃO NATURAL.....	46
5.3.1 A evolução tende necessariamente ao aumento da complexidade das espécies.....	48
5.3.2 Todo órgão ou parte do organismo tem uma função biológica.....	49
5.4 O PROCESSO EVOLUTIVO.....	49
5.4.1 A evolução ocorre de forma gradual e continua.....	51
5.4.2 O processo evolutivo mantém constante a frequência de genes na população... ..	51
5.5 A BIODIVERSIDADE.....	51
5.5.1 A mutação e a recombinação gênica interferem pouco na origem da biodiversidade.....	52
5.5.2 A figura “A” é a que melhor representa a origem da biodiversidade.....	54
6 ANÁLISE GRÁFICA DOS RESULTADOS	56
7 A BIOLOGIA EVOLUTIVA E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS:	
APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS PARA O AVANÇO NO ENSINO.....	59
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXOS	70

1 INTRODUÇÃO

A proposta deste estudo reside em relatar e discutir a pesquisa envolvendo os saberes da Biologia Evolutiva e as aproximações aos obstáculos epistemológicos, mediante uma análise de concepções dos estudantes do ensino médio. Os saberes neste contexto serão apontados, num sentido mais amplo, como um conjunto de elementos, informações ou conhecimentos relacionados ao estudo da evolução e diversidade biológica; enquanto os obstáculos epistemológicos compreendem os impedimentos ao próprio ato de conhecer e tornam-se relevantes ao ensino, na direção de se transpô-los e desencadear possíveis avanços no ensino, ao que tange a apropriação do conhecimento científico.

Com efeito, o ensino da biologia evolutiva é singularmente importante para compreensão de que vida se organizou através do tempo, sob ação e dos processos evolutivos, tendo resultado numa diversidade de formas, sobre as quais continuam atuando as forças seletivas (BRASIL, 2001, p.1). Além do mais, nos fornece, a partir de princípios gerais, explicações para variedade das características dos organismos, desde os traços moleculares, bioquímicos até o comportamento e atributos ecológicos (FUTUYMA, 2002). A temática, no tocante, é muito bem suportada pela comunidade científica, por evidências biogeográficas, embriológicas, paleontológicas, entre outras. De acordo com Freire-Maia:

A teoria da evolução é hoje tão aceita como a “teoria atômica”, a “teoria heliocêntrica” ou a “teoria celular”, é neste sentido que a evolução é hoje aceita como um fato e, não, como uma teoria. Isto significa que se encontra tão cabalmente demonstrada que negá-la seria cometer um ato de ignorância. Isto não significa que não haja divergências dentro da teoria; o que não há são divergências sobre a teoria. (1986, p.52).

Assim, longe de especulações, a Evolução para a Ciência deve ser compreendida como uma teoria norteadora da biologia e, contanto, significa apenas mudança das características genéticas ao longo das gerações. Como descrita por Darwin, segundo Futuyma (2002), “a evolução é a descendência, com modificações, de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns”; em outras palavras, com a evolução inúmeras observações podem ser facilmente explicadas, como resultado da transformação dos seres vivos ao longo do tempo e, portanto, é de suma importância o conhecimento básico acerca deste tema nas aulas de Biologia.

No entanto, como na grande maioria das escolas brasileiras a Evolução Biológica é um conteúdo trabalhado, mais substancialmente, nas últimas etapas do ensino médio, pode-se inferir que há muitas chances desta temática ser compreendida de forma isolada ou equivocada do conhecimento científico, por conseguinte, serem aprendidos em meio de obstáculos que impedem e dificultam a construção de saberes básicos durante o processo de ensino. Haja visto que de acordo com Bachelard, “um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (1996, p. 19), ou seja, um conhecimento que não esteja muito claro, ou bem formulado, será o conhecimento que o aluno irá reproduzir quando for expressar as suas ideias e, portanto, aí surge à necessidade de investigar se está havendo distorções sobre este tema no ensino de biologia.

Conforme alguns estudos realizados, os pesquisadores retratam que os estudantes possuem conhecimentos relacionados ao senso comum que persistem mesmo após anos de (re) construções e reformulações no processo educativo (BIZZO, 1991; MEGHILIORATTI, 2004). Outros autores examinaram a formação docente como subsídios para contextualização do ensino e aprendizagem da evolução biológica (CARNEIRO, 2004; GOEDERT, 2004), enquanto outros pesquisadores salientam a necessidade de haver um estudo sobre a proposta curricular do ensino de evolução (BIZZO & EL-HANI, 2009; EL-HANI, *et al* 2004). Além disso, é extremamente importante conhecermos os problemas que deverão ser enfrentados na esfera educacional e que os procedimentos pedagógicos a serem tomados sejam subsidiados por um corpo de conhecimentos mais amplo e aplicavelmente confiável do que estamos produzindo. (ALVES-MAZZOTTI, 2001).

Tendo em vista estes pressupostos e as constatações de outras pesquisas, de modo geral, indicando que muitos alunos chegam e saem do ensino médio conhecendo pouco sobre a biologia evolutiva e, na maioria das vezes, não enxergam a importância que ela representa para a diversidade biológica em todos os seus níveis; o que, portanto, denota bastante dificuldade em compreender o tema, chegou-se a um campo investigativo sob o seguinte problema: *Quais são as principais concepções de estudantes do ensino médio sobre a evolução biológica, com relação às causas da diversidade dos seres vivos, e quais os possíveis obstáculos epistemológicos que se aproximam desta apropriação e podem prejudicar a compreensão do tema?*

Com base neste problema, obtiveram-se duas questões de pesquisa:

I. Quais são as principais concepções dos estudantes concluintes do ensino médio sobre o tema evolução biológica, principalmente, ao que tange a compreensão da biodiversidade existente, e

II. Quais são os possíveis obstáculos epistemológicos que poderiam estar presentes na apropriação dos saberes científicos, destes estudantes, com relação aos conhecimentos da biologia evolutiva.

Concatenando a estes propósitos, o objetivo geral se ateve em *investigar quais os saberes da biologia evolutiva estão presentes nas respostas dos estudantes do ensino médio*. Englobando objetivos mais específicos como:

I) analisar quais são os conhecimentos sobre a evolução e diversidade biológica que constituem estas concepções; II) relacionar alguns saberes dos estudantes relativos ao conhecimento científico; III) discorrer sobre os possíveis obstáculos epistemológicos que podem estar presentes na apropriação do saber científico e IV) apontar algumas reflexões que possam favorecer a mediação, entendimento e a apropriação do saberes da biologia evolutiva, no contexto de aprendizagem pelos sujeitos do ensino básico.

Neste sentido, julga-se importante mencionar que este estudo não tem a pretensão de fazer um levantamento exaustivo dos saberes da biologia evolutiva; além do mais, a presente abordagem é constituída apenas por alguns indicativos que marcaram a historicidade deste conhecimento e que, de maneira geral, serão utilizadas, nesta pesquisa, apenas para balizar as perspectivas do estudo das concepções dos estudantes.

O primeiro capítulo, portanto, será endereçado a discorrer sobre origem e o desenvolvimento histórico da biologia evolutiva, colocando em evidência as tentativas de explicações racionais dos pensadores gregos sobre a diversidade dos seres vivos; por conseguinte, situa-se uma breve abordagem dos principais naturalistas que tiveram um papel fundamental e contribuíram para a consolidação desta ciência e encerra-se com uma breve retratação sobre a teoria sintética.

O segundo capítulo é destinado a uma apreciação da epistemologia da ciência do autor francês Gaston Bachelard, destacando-se, resumidamente, as suas proposições epistemológicas, sobre o racionalismo aplicado, recorrência histórica, retificação do erro, ruptura de conhecimentos e, ainda, enfatiza a formulação dos obstáculos epistemológicos.

No terceiro capítulo serão abordados os procedimentos metodológicos que possibilitaram a realização deste estudo, como: a validação do instrumento de pesquisa, o campo de estudo e os sujeitos da pesquisa. Prosseguindo, também há uma parte visando destacar os fundamentos da análise de conteúdo e sobre categorização da pesquisa, informando o método e eixo teórico empregado para analisar as concepções dos estudantes.

No quarto capítulo, apresentam-se os resultados deste trabalho, dispostos em categorias analíticas, abordando as concepções dos estudantes com relação aos aspectos da construção dos significados da biologia evolutiva, assim como, englobam-se as reflexões e alguns apontamentos a respeito dos dados quantitativos e qualitativos obtidos durante o processo de pesquisa.

No quinto capítulo, há destaque para a uma discussão sobre as concepções, pela qual emerge possíveis aproximações aos obstáculos epistemológicos e, após este percurso, o presente estudo, então, é direcionado para algumas conclusões, que delineiam perspectivas entre a epistemologia da ciência e a biologia evolutiva.

Por conseqüência, advoga-se haver uma possibilidade neste estudo para analisar o desdobramento do tema no ensino médio, assim como, oferece uma oportunidade de construir debates universidade-escola que permitam a refletir sobre a forma que estão sendo contextualizados, mediados e assimilados os aspectos básicos deste conhecimento científico.

2 ORIGEM E DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO EVOLUTIVO

As ideias que conduzem ao pensamento evolutivo sobre a origem comum e a diversidade das espécies, apresentam uma base incipiente bastante antiga, conforme ressalta Moody (1975, p.2), “tão logo o homem atingiu inteligência suficiente para observar semelhanças e diferenças entre animais e plantas que o cercavam e a especular sobre elas, indubitavelmente começou a formar idéias grosseiras sobre a evolução”. Isto se deve ao fato de tais ideias estarem presentes no discurso dos primeiros filósofos gregos, além do mais, no decurso histórico da humanidade, ideias semelhantes passaram a existir em meio de transformações sócio-culturais, até haver efetivamente o desenvolvimento de linhas de pensamento mais consistentes - especialmente aquelas aplicadas ao contexto darwiniano - e que se aproximam teoricamente do conhecimento formulado até os dias de hoje.

Sabe-se também que estas primeiras concepções fazem parte de saberes espontâneos ou conhecimentos primitivos e que segundo a análise de Moody, “eram muito especulativos, impregnados com as cores da mitologia e representavam da melhor maneira o que podemos considerar como ‘bons palpites’ uma vez que, em parte, subsequentemente se provaram corretos” (*idem*). Apesar disso, podemos utilizá-los filosoficamente como ponto de partida e, possivelmente, para balizarmos um desenrolar histórico dos pormenores que antecederam a teoria evolutiva.

2.1 OS PENSADORES GREGOS

Anaximandro de Mileto que viveu no século VI a.C pensava que os homens eram formados primeiramente como peixes, com o tempo modificaram a pele, e iniciaram a vida no ambiente terrestre. Anaximandro dizia que o todo era imutável, mas as partes poderiam sofrer mudanças (DI MARE, 2002, p.25). Dados esses pressupostos teóricos e gerais, pode-se dizer que surgiu com Anaximandro uma ideia “embrionária” no pensamento evolutivo, nos sugerindo que as espécies sofreriam transformações de outras pré-existentes.

Empédocles, no século V a.C, é outro exemplo de pensador grego que contribuiu com o pensamento evolutivo. Dizia ele que, no princípio, os animais surgiam com vários membros e partes separados que se juntavam ao acaso. A maioria dessas aglomerações era resultante da combinação de órgãos que poderiam funcionar bem, como um organismo vivo, conseguindo se reproduzir e sobreviver harmoniosamente no ambiente que as cercava; enquanto aquelas que não eram, não conseguiam se adaptar e, conseqüentemente, morriam. Empédocles, além disso, é referenciado, nas entrelinhas de alguns autores, como um possível precursor a escrever sobre a Evolução por Seleção Natural, visto que o mesmo foi citado por Darwin no prefácio da Origem das Espécies (DI MARÉ, 2002, p.29).

Platão (429 - 347 a.C) também contribuiu com os moldes do pensamento evolutivo. A sua filosofia ficou marcada pela concepção de existência de dois mundos: o mundo sensível e o mundo inteligível. Para Platão, segundo Chauí (1998, p.212), o mundo sensível - ou mundo real - era feito de cópia dos protótipos podendo com isso apresentar defeitos e, mesmo com esses defeitos, as coisas (acrescento animais e outros seres vivos) possuíam uma essência imutável que permitia que as coisas fossem coisas mesmo com defeitos. Enquanto isso, o mundo inteligível (mundo ideal ou das essências) não deveria apresentar defeitos, além de que era construído apenas pelos protótipos de objetos e seres perfeitos, isto é, das essências verdadeiras.

Aos propósitos deste estudo, o idealismo platônico desempenhou um papel significativo sob a questão evolutiva, haja visto que carregava em sua formulação o pensamento que as espécies eram imutáveis e cópias imperfeitas das existentes no mundo transcendental. De modo que para a filosofia do essencialismo as variações da forma ideal não teriam sentido, pois apenas as essências interessam (FUTUYMA, 1992, p.3). Não obstante, a teologia cristã medieval incorporou tal linha de pensamento, para explicar os mecanismos existentes na natureza e, conseqüentemente, adequando o saber à fé da perfeição divina.

Aristóteles que viveu no século IV a.C, é outro pensador que merece destaque ao falarmos sobre o desenvolvimento histórico do pensamento evolutivo. Fundamentado em Platão, Aristóteles afirmou que a natureza não poderia ser entendida simplesmente como uma lista de tipos ideais, mas também como uma escada gradativa disposta com certa regularidade.

Conforme, descreve Di Maré:

Essa escada estava assente na matéria inerte, e subia, degrau a degrau, até ao espírito imaterial. Suspensas entre ambas as extremidades achavam-se as varias categorias dos seres vivos. Primeiro as plantas e depois os animais primitivos. Seguiam-se por esta ordem, os peixes, os répteis, as aves e os mamíferos. O Homem era localizado a meio lance de escada; ficava meio corpo e meio espírito. Acima dele situavam-se as diversas ordens de anjos incorpóreos e acima de tudo estava o próprio Deus (2002, p.35).

Parafraseando esta análise descritiva: Aristóteles concebia o mundo natural, através de um ordenamento-padrão de formas orgânicas ou inorgânicas, que compunham estágios de uma escada¹, isto é, uma gradação na natureza, constituída desde as formas inferiores até o homem colocado no ápice, o mais próximo da perfeição divina.

2.2 O PENSAMENTO TEOLÓGICO

No final da antiguidade e durante a idade média, encontramos a reflexão filosófica dominada pela religião (e representada pelo cristianismo), com a pretensão de conciliar os saberes dos filósofos aos dogmas da Igreja. Decorrendo disso, o conhecimento postulava que as espécies haviam sido criadas isoladamente e de acordo com a perfeição de uma divindade superior. Para Chauí (1998, p.45), “durante esse período surge propriamente à filosofia cristã, que é na verdade a teologia, e um dos seus temas mais constantes são as provas da existência de Deus e da alma”; o que exigia dos pensadores da época, explicações racionais para comprovar a existência do criador e da imortalidade do espírito humano.

As duas grandes correntes filosóficas que serviram de alicerce ao campo religioso foram o platonismo e aristotelismo. A primeira seguiu representada por Santo Agostinho, membro da Igreja Católica e que incorporou as ideias de Platão tornando-as base filosófica da teologia cristã, enquanto a segunda por São Tomas de Aquino, que reuniu as verdades da fé cristã com a razão aristotélica.

¹ Ainda, segundo Di Maré, a escada representaria a doutrina denominada de Grande Cadeia do Ser, pela qual uma cadeia explicava e justificava as desigualdades humana e dava razão a uma sociedade com aspirações a subida dela. (2002, p.35)

Entre os grandes temas medievais que foram impostos pela religião, encontram-se a questão da criação, retratada literalmente conforme gênesis. Para o autor Marias é importante destacar que:

A criação não deve ser confundida com o que os gregos chamavam de gênese ou geração. A geração é um modo do movimento, o movimento substancial, este pressupõe um sujeito, um ente que se move e passa de um principio a um fim. Na criação isso não ocorre: não há sujeito. Deus não fabrica ou faz o mundo com uma matéria previa, mas o cria, o põe na existência. A criação é criação a partir do nada (2004, p.141).

Além do mais, na interpretação Futuyma (1992, p.3), a igreja defendia o pensamento que as espécies eram criações de Deus e, portanto, os seres vivos pertenciam a uma ordem ou padrão natural que deveria ser perfeita, permanente e imutável, isto é, a *Scala Naturae* ou Grande Cadeia dos Seres, pela qual todo ser deve ter lugar fixado e gradativo de acordo com o plano de Deus.

Com base em preceitos fixistas, coube então às ciências naturais apenas ordenar e catalogar os elos da grande cadeia dos seres e descobrir sua ordenação. Além disso, não poderia haver um avanço científico que fugisse do conhecimento teológico cristão - de modo mais realista e menos platônico - justamente pelo fato de que o pensamento da Igreja estava cristalizado nas classes sociais e assim qualquer aspiração de mudança seria imoral e impensável (*idem*).

2.3 O PENSAMENTO CIENTÍFICO MEDIEVAL - EM TRANSIÇÃO

Entre o século XVII e XVIII, as explicações medievais/teológicas não satisfaziam mais aos paradigmas vigentes, impondo aos campos do conhecimento respostas além da revelação e vontade divina.

Na filosofia moderna, os novos problemas não poderiam ser mais explicados pelo modo antigo, assim ressurgiu e (se consolida) a teoria do conhecimento incidindo reportar (racionalmente ou empiricamente) o conhecimento que possuímos. De forma que os pensadores se voltaram para a compreensão das relações entre o conhecimento e a realidade, mais especificamente, entre o sujeito e o objeto de entendimento, entre eles destacam-se: Francis Bacon e René Descartes (CHAUÍ, 1998, p.114).

Nas ciências naturais, a física moderna contemplou inúmeras descobertas com interesse pelas explicações para os fenômenos estritamente materiais e, preferencialmente, matemáticas, como os estudos de Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei e de Isaac Newton, entre outros.

Na geologia, James Hutton (1788) amparado por observações em sucessivos processos naturais defendeu o princípio do Uniformitarismo, pelo o qual, segundo Futuyma (1992, p.4), “sustentava que os mesmos processos são responsáveis por eventos passados e atuais”.

No final do século XVIII, dentro do contexto de mudanças, filósofos e naturalistas retornam a discussão sobre origem e variação nas espécies, todavia, imperava a ideia que os seres vivos tinham surgido de um ato especial de criação; conseqüentemente, pode-se salientar que não houve grandes avanços para o desenvolvimento de uma teoria que demonstrasse que a vida tinha surgido gradualmente sobre a Terra e os seres vivos tinham se desenvolvido, através de um processo natural, possibilitando haver mudanças e variações entre as espécies.

2.4 O PENSAMENTO DE LAMARCK

A partir de meados do século XIV, as explicações evolutivas foram ganhando mais espaço e alguns conhecimentos que apenas “pairavam”, foram se estabelecendo principalmente entre o processo de relação dos organismos com o ambiente. Até que o naturalista francês Jean-Baptiste de Lamarck, em seu livro *Philosophie Zoologique* (1809), propôs que as semelhanças e diferenças entre as espécies eram causadas por processos naturais e não por intervenções divinas.

Na formulação lamarckiana, os organismos surgiriam continuamente pela geração espontânea e então sofreriam uma seqüência de transformações que tendia ao aumento da complexidade, dessa forma os organismos apresentavam estruturas semelhantes, pois passaram pela mesma seqüência de transformações. Além disso, o naturalista francês, também defendeu que as mudanças entre o mundo inorgânico e orgânico respeitavam a leis naturais e não a simples vontade divina, apontando, para tanto, alguns mecanismos que pudessem estabelecer a sua teoria.

Conforme Ridley (2006, p.31) “o principal mecanismo evolutivo era uma ‘força interna’ - algum tipo de mecanismo desconhecido no interior do organismo que o levava a produzir uma prole levemente diferente de si próprio”. Isto significava que os indivíduos apresentavam um “impulso vital”, algo imaterial o que fazia com que o ser vivo fosse vivo ou tivesse a vontade de viver/deixar descendentes, assim tendo a vontade geravam-se as necessidades.

Não obstante, à medida que havia as necessidades desenvolviam-se os órgãos e as estruturas biológicas, as quais ao serem muito usadas tenderiam a se aperfeiçoar, ao passo que as pouco usadas tenderiam a se atrofiar ou até desaparecer. Implicando no segundo mecanismo evolutivo, bastante difundido por Lamarck, isto é, a “Herança dos Caracteres Adquiridos”, a qual descreve que as espécies são transformadas por modificações adquiridas ou impostas pelo ambiente, e conseqüentemente transmitidas pela progênie do organismo (*idem*).

Lamarck, entretanto, divulgou as suas ideias sem a preocupação de oferecer quaisquer evidências científicas que pudessem sustentá-las, e, por conseqüência, estas foram fortemente criticadas e silenciadas pelos autores e religiosos da época. Apesar disso, a sua obra contribuiu para a evolução biológica ao introduzir noções de organismo, função e adaptação ao meio e ofereceram, principalmente, reflexões que conduziram à formulação da teoria sobre o processo evolutivo. Mas, acima de tudo, as ferozes críticas promoveram divulgação da sua teoria no meio científico, de maneira que em meados do século XIX, a maioria dos naturalistas e os geólogos aceitavam a visão de que cada espécie tinha uma origem isoladamente, mas depois permaneciam constantes em sua forma até a extinção. (RIDLEY, 2006, p.33).

2.5 O PENSAMENTO DE DARWIN / WALLACE

Antes do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882) formular a sua teoria sobre a seleção natural, inúmeros autores propuseram estudos que acabaram lhe influenciando na elaboração das suas concepções evolutivas. Entre os autores que parecem tê-lo influenciado, de forma mais direta, estão o economista Thomas Robert Malthus (1766-1834) e o geólogo escocês Charles Lyell (1797-1875).

Em sua obra sobre os “Princípios de Geologia” (1833), Lyell defendeu o Uniformitarismo, descrito por Hutton, pela qual enunciava que a paisagem da Terra era produto de constantes fenômenos lentos e graduais, os quais somariam centenas de milhões de anos. Lyell, embora adotasse o ponto de vista das mudanças geológicas foi contrário as mudanças em seres vivos, entretanto, seus estudos forneceram base para aceitação da teoria da evolução de Darwin.

No *Essay on the principle of population as it affects the future improvent of society* (1798), Malthus fez projeções para o crescimento populacional devido à preocupação com o êxodo rural resultante da Revolução Industrial. Observando que a população humana estava crescendo segundo uma progressão geométrica, enquanto a disponibilidade de alimento crescia numa progressão aritmética; Malthus, supôs numa previsão catastrófica que um dado momento no tempo a população se igualaria ao número de comida disponível e que após esse momento haveria falta de alimento, isto é, a situação criaria uma disputa pela sobrevivência. Na sua autobiografia, Darwin, citado por Ridley, descreve que:

Em Outubro de 1838, isto é, 15 meses de eu começar minha investigação sistemática li por divertimento o *Essay on Population* e, estando preparado para apreciar a luta pela vida que acontece em todo lugar, graças a longa e continua observação dos hábitos de animais e plantas, subitamente, me ocorreu que sob, essas circunstâncias variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e variações desfavoráveis a serem destruídas. O resultado disso seria a formação de novas espécies. (*apud* RIDLEY, 2006, p.34).

Nesse sentido. Malthus contribuiu em dois aspectos com o pensamento evolutivo: 1º) chamou atenção para a explosão demográfica dos humanos e 2º) chamou atenção para a possibilidade de competição por comida com o crescimento populacional humano, dessa ideia de “luta pela sobrevivência” surgiu a ideia da Seleção Natural.

Entretanto a obra darwiniana demorou quase 20 anos para publicar o seu livro, pois sabia das implicações que teria com a Igreja, onde era bem conhecido, até que recebeu uma carta, acompanhada de um manuscrito, do naturalista britânico Alfred Russel Wallace (1823-1913), pedindo avaliação de um mecanismo evolutivo, isto é, a seleção natural. Ao saber que Wallace propunha um mecanismo idêntico a proposta darwiniana, imediatamente os amigos de Darwin, Charles Lyell e Joseph Hooker, arranjaram um meio de tornar público simultaneamente as ideias de Darwin e Wallace, na *Linnean Society* de Londres, em 1858.

De acordo com Carmo & Bizzo (2009), o princípio da seleção natural certamente foi o ponto acentuado das propostas de Darwin e Wallace, contanto houvesse semelhanças acerca deste princípio, ao longo do curso histórico, os pressupostos nem sempre foram convergentes; visto que Wallace buscou “defender uma visão mais radical de que Darwin a respeito da importância da seleção natural, negando o papel do uso-desuso e herança dos caracteres adquiridos (que Darwin aceitava) e minimizando o papel da seleção sexual” (p.221). Portanto, embora as fundamentações não sejam idênticas às de Darwin, para tomada de conclusões sobre o processo evolutivo, Wallace deve ser considerado como co-autor da teoria da Seleção Natural.

2.5.1 O Sistema Evolucionista Darwiniano (Darwinismo)

Freire-Maia (1988, p.51-67) chama o conjunto de proposições de Darwin, direta ou indiretamente, ligada à evolução de “sistema evolucionista darwiniano” e apesar de, atualmente, algumas afirmações não serem mais aceitas, o sistema é constituído de um valor positivo e importante ao que tange conhecimento da evolução; portanto, vejamos alguns destes princípios:

2.5.1.1 a) *A herança se dá através da mistura de elementos*

A herança por mistura enunciava que machos e fêmeas trocavam fluidos para formar o descendente e representa a forma de herança que Darwin acreditava para explicar a produção da uniformidade entre as espécies. Esse tipo de herança foi criticada por F. Fleming que questionou Darwin afirmando que se esta fosse a forma de herança as populações se tornariam homogêneas. Antes de reconhecer este erro ele tentou justificá-lo dizendo que os fenótipos diferentes surgiam por variações hereditárias (mutações). Entretanto, o próprio Darwin estava convencido que a sua explicação não era boa, frente à intensa variabilidade das espécies, pois ele mesmo sabia que as variações hereditárias, eram fenômenos extremamente raros e ocorriam ao acaso.

2.5.1.2 b) *Evolução - lenta, gradual e intermitente*

Na visão darwiniana, as mudanças ocorriam por processos lentos e contínuos que se acumulavam, ao longo do tempo, das gerações. Em suma, essa afirmação representa a transposição para a biologia, da hipótese gradualista de Charles Lyell, pela qual defendia em sua teoria geológica que as mudanças ocorriam por sucessões de um número infinito de passos (elos) em cada segmento evolutivo. Porém, a evolução não ocorre necessariamente dessa forma, pois existem circunstâncias que o processo evolutivo pode variar em suas taxas de velocidade.

2.5.1.3 c) *Seleção natural*

A definição de “sobrevivência do mais apto” perdurou por muito tempo para explicar a seleção natural, contanto hoje prevalece uma nova definição da reprodução diferencial das diferentes composições genéticas. Reforçada por Freire-Maia (1988, p. 56) como “o fator diretivo da evolução é a capacidade variável dos seres vivos deixar descendentes que sobrevivem até a idade adulta e que se reproduzam”

2.5.1.4 d) *Seleção sexual*

Darwin distinguiu a seleção natural da seleção sexual, relacionando esta a um processo igualmente ligado à capacidade de deixar descendentes, e decorrente de uma competição entre os machos a serem aceitos pelas fêmeas. Isto é, a seleção sexual de modo geral seria apenas uma maneira da seleção natural agir no momento da formação dos pares para o acasalamento.

2.5.1.5 e) *Polimorfismos neutros*

Considerando Freire-Maia (1988, p.61), “Darwin teria errado pelo exagero, ao afirmar que todos os polimorfismos são neutros”, porém isto não é mais aceito devido à amplitude da generalização, além do mais, atualmente, sabe-se da existência de outros polimorfismos que em sua época o naturalista desconhecia.

2.5.1.6 f) *Caracteres adquiridos*

Para explicar, a sua maneira, a herança dos caracteres adquiridos e suas exceções, Darwin estabeleceu a teoria da pangênese. Segundo essa teoria, ele dizia que cada parte do corpo enviaria partículas representativas (gêmulas) para compor as células sexuais (gametas) e informar como era cada uma dessas partes. Assim, os princípios da pangênese ofereceriam suporte para explicar a variabilidade das espécies e contrabalancear com sua suposta perda pela “herança por mistura”.

2.5.1.7 g) *Teleogonia*

Essa era uma ideia darwinista que dizia que na segunda gestação de uma fêmea com outro macho diferente do primeiro, o filhote nasceria com alguma característica do primeiro indicando que alguma coisa se impregnava no útero da fêmea a cada gestação.

2.5.1.8 h) *Evolução e progresso*

Darwin distinguiu evolução de progresso, para ele a evolução era apenas mudança numa população, enquanto o progresso era visto como melhoria, no sentido de desenvolvimento estrutural cada vez maior e mais complexo. Ainda, de acordo com Futuyma, a palavra progresso implicaria em direção ou avanço a um objetivo, algo que os mecanismos de evolução não o são, e isso era “tão aparente para Darwin que ele escreveu em seu caderno de notas ‘nunca dizer superior ou inferior’ em referencia as diferentes formas de vida” (1992, p.8)

2.5.1.9 i) *Impulso evolutivo*

Diferentemente de Lamarck, para Darwin não haveria um “impulso vital”, uma força transcendente no curso da evolução. A seu ver, esta era apenas uma consequência da ação de fatores relacionados à adaptação das populações, isto é, a vida era atribuída ao próprio funcionamento do individuo e não à alma.

2.6 O EXPERIMENTO DE AUGUST WEISMANN

Em 1883, August Weismann adepto da seleção natural invalidou a ideia da pangênese do pensamento evolutivo. De acordo com Futuyma (1992, p.9), Weismann “propôs que o plasma germinativo é completamente separado e imune a quaisquer influências do soma (o resto do corpo), rejeitando vigorosamente a influencia do ambiente sobre a hereditariedade”.

Através de um experimento simples, Weismann pegou ratos, fêmeas e machos, e cortou seus rabos, vindo depois a cruza-los e observar os filhotes nasciam com rabos, comprovando que tais gêmulas não existiam, pensando que o rabo podia não desaparecer e sim diminuir seu comprimento de tamanho, ele mediu o rabo dos filhotes (numa certa idade) por 22 gerações sucessivas, e observou que este nunca encurtava, com isso ele concluiu que não havia gêmulas, pangênese e herança dos caracteres adquiridos.

Para substituir essa última ele criou teoria do soma-germe que dizia que os indivíduos pluricelulares eram formados por duas linhagens de células: a linhagem das células somáticas e a linhagem das células germinativas as quais seriam linhagens com funções diferentes; e assim um ser vivo formaria espermatozóides e óvulos que unidos formariam um zigoto e dariam origem a um novo individuo (com ovário e testículo), então este novo indivíduo teria uma linhagem que dariam origem aos espermatozóides ou óvulos independentemente do que viesse ocorrer com o restante das células do corpo. Portanto, os seres vivos apresentariam uma linha de união aos seus ancestrais, sendo esta linha os órgãos/gônadas (ovários e testículos) produtoras de células germinativas e independentemente do que viesse a ocorrer com o material genético das células somáticas, Estas seriam apenas células de suporte, ao passo que as germinativas são aquelas que verdadeiramente permanecem.

Portanto só o que mudava no germe permaneceria na população, de forma que assim Weissmann retirou a ideia de herança dos caracteres adquiridos da teoria da evolução; enquanto isso outras ideias como impulso vital, necessidades gerando estruturas e a lei do uso e desuso foram gradualmente perdendo a importância ao ponto de serem também contestadas e eliminadas pelas novas descobertas da ciência evolutiva.

2.8 O ECLIPSE DARWINIANO

Apesar de ter sido bem recebida pela comunidade científica da sua época, a teoria darwiniana também gerou controvérsias entre os pesquisadores. Se por um lado a teoria da evolução ficara estabelecida como um alicerce, para as ideias sobre a origem e mudanças sofridas pelas espécies, o mesmo não ocorreu com a teoria da seleção natural (RIDLEY, 2006, p.36). Isto porque Darwin, não apresentou um mecanismo de herança que explicasse, satisfatoriamente, a razão pela qual as características da prole seriam herdadas dos seus progenitores.

Até que por volta de 1900, quando houve uma efetiva divulgação do trabalho de Gregor Mendel (de 1866), uma solução foi encontrada aos mecanismos de hereditariedade. Trabalhando com ervilhas de cheiro, Mendel postulou a Lei da Herança Particulada, herança em que um indivíduo recebe uma partícula do pai e outra da mãe e transmite uma dessas aos seus descendentes.

Por conseguinte, Hugo De Vries estudou flores de primavera e descobriu que nelas novos tipos podem surgir de uma única descendência. Ele chamou estas mudanças de mutações. Verificou-se mais tarde que as mutações não eram resultadas de nova variação genética, mas eram meramente um tipo peculiar de segregação. Mais tarde, Morgan encontrou verdadeiras mutações que se perpetuavam nas moscas das frutas, as *Drosophilas*.

A princípio as (re) descobertas mendelianas, assim como, o conhecimento sobre as mutações foram interpretadas como um golpe mortal para a teoria darwiniana. Segundo a análise de Ridley:

Os primeiros mendelianos, como Hugo de Vries e Willian Bateson, eram todos contra a teoria da seleção natural de Darwin. Eles pesquisavam principalmente sobre a herança das grandes diferenças entre os organismos como um todo. Eles sugeriam que a evolução prosseguia em grandes saltos, por meio de macromutações (2006, p.36).

Desde então, os princípios chave de Darwin - a seleção natural e a mudança gradual - foram eclipsados entre 1900-1920, enquanto o mendelismo, calcado na teoria da hereditariedade, passou a ser à base da genética moderna. Os princípios mendelianos, antes, porém, também não eram unânimes, isso porque os membros de outra escola, autodenominada de biometristas, alegavam que o mendelismo servia para estudo de poucos caracteres.

2.8 A TEORIA SINTÉTICA (1937)

Após o período de divergência entre os geneticistas e os darwinistas, a teoria da evolução ressurgiu ajustada aos princípios da genética mendeliana, numa concepção conhecida como Teoria Sintética da Evolução, onde algumas questões foram elucidadas e permitiram engendrar uma base sólida no meio científico.

Para tanto, a Teoria Sintética se desenvolveu num espaço de tempo compreendido entre 1918 a 1950, pelo os quais inúmeros autores, propuseram estudos e contribuições elementares, fundamentados tanto em trabalhos experimentais quanto nas bases teóricas da genética de populações. Por exemplo, os trabalhos de R. A Fisher (*The Genetical Theory Of Natural Selection*, 1930); Sewall Wright (*Evolution in Mendeliana Populations*, 1931) e J.B.S. Haldane (*The Causes of Evolution*, 1932) e, mais especificamente, com a publicação de *Genetics and the Origen os Species*, em 1937, de Theodosius Dobzansky.

De acordo com Magalhães (2000, p.54) entre os avanços da genética que contribuíram com a teoria evolutiva, podem ser mencionados:

- (1) a descoberta dos mecanismos básicos da herança. Destaca-se, em particular, a distinção entre *genótipo* (conjunto de genes que um organismo individual possui) e *fenótipo* (características que aquele organismo manifesta, resultante das interações entre os genes e o ambiente do organismo, ao longo de seu desenvolvimento).
- (2) A idéia de que os genes seriam partes dos cromossomos e que os mecanismos da herança mendeliana identificam-se com os fenômenos meióticos. Esse foi um passo importante para integrar a genética e a teoria celular
- (3) O desenvolvimento do conceito genético de *mutação*, como fenômeno aleatório (no sentido de não direcionado pelo meio para alguma finalidade adaptativa), referente a genes e cromossomos;
- (4) A extensão dos princípios mendelianos de herança para as populações de organismos, dando origem à genética de populações.
- (5) O levantamento dos primeiros dados sobre a extensão da variação genética existente nas populações, incluindo os *polimorfismos* genéticos, assim como a busca de explicações para a origem e manutenção desses polimorfismos.

Quanto à seleção natural, a teoria darwinista não sofreu alteração em nenhum aspecto essencial em virtude da teoria genética, mas foi enriquecida por uma teoria da hereditariedade que permitiu dar uma maior precisão ao conhecimento biológico-evolutivo.

2.9 O EQUILÍBRIO INTERMITENTE

Contrária a corrente gradualista (nas quais as populações naturais se observam mudanças pequenas e contínuas nos fenótipos) surgiu uma teoria científica formulada pelos paleontólogos Gould e Eldredge, em 1972, e denominada de equilíbrio pontuado ou saltacionismo. Segundo essa teoria, a evolução de uma espécie não ocorre de forma constante, mas alternada em períodos de escassas mudanças, com súbitos saltos que caracterizam alterações estruturais ou orgânicas adaptadas e selecionadas. Este entendimento, para compreensão da especiação, fundamentou-se em questionamentos acerca da descontinuidade do registro fóssil, consequência de não constatação de indícios com relação às mudanças graduais. Conforme Ridley (2006, p.625), ambas as teorias podem ser consideradas corretas acerca do registro fóssil, mas embora o equilíbrio pontuado seja bem confirmado, ainda, não é possível nenhuma conclusão empírica geral.

Em resumo, neste capítulo, observamos alguns dos principais conceitos, fatos, teorias e paradigmas que, grosso modo, representam para os fins deste estudo uma síntese histórica do surgimento e desenvolvimento do pensamento evolutivo. Além disso, com auxílio de alguns autores e comentadores da obra de Darwin, notamos que a evolução biológica significa “a descendência com modificações” ao longo do tempo, e estas modificações ocorrem em diversos níveis, desde o nível molecular até o nível de comportamento. Além disso, apresentam basicamente um padrão arbóreo, não linear. Ademais, também vimos algumas das questões que inquietaram os percussores da biologia evolutiva, mencionamos inclusive algumas dicotomias religiosas e científicas que pretendiam explicar a origem e variações dos seres vivos, até, finalmente, chegarmos à teoria sintética que faz parte das pesquisas recentes. Além do mais, todo este percurso torna-se relevante em virtude de poder ajudar-nos a conectar o conhecimento incipiente ao atual conhecimento científico, cujo qual é mediado nas escolas. Por isso se propôs esta abordagem com a finalidade de iluminar, compartilhar e historicamente reconstruir - através de um considerável conhecimento teórico e factual - os principais saberes científicos que compõem o estudo da biologia evolutiva.

3 EPISTEMOLOGIA DA CIÊNCIA: A LUZ DE BACHELARD

Neste ponto, o estudo parte em direção a um recorte - entre outros possíveis - da obra bachelardiana ao que se refere à epistemologia da ciência² e tem a finalidade de oferecer pressupostos teóricos e analíticos para discutir esta pesquisa ao que tange o campo do ensino.

Gaston Bachelard, conhecido como “*O Filósofo da Desilusão*” (Lopes, 1996), nasceu em 27 de junho de 1884, nos campos franceses numa família de origem humilde, trabalhou em diferentes setores enquanto estudava, até formar-se professor e mais tarde um renomado filósofo da ciência. Morreu em 16 de outubro de 1962, numa França que acabara de passar pelas transformações sociais, pelas as quais o autor vivenciou e recolheu elementos básicos que marcaram toda a sua obra³. Aqui, resumida na noção da construção do objeto científico e na formação do espírito científico.

Bachelard, amparado pelo contexto da revolução científica, promovida pela Teoria da Relatividade de Albert Einstein (1905), constrói um estudo sobre a ciência, então nascente, formulando as suas proposições epistemológicas com novos significados ao conhecimento, não obstante, a sua epistemologia enfatiza superar o empirismo através do racionalismo, de modo que a postura epistemológica do novo cientista não se satisfaz mais com as aproximações das ciências empiristas sobre os objetos, ao contrário, proclama-se o novo espírito científico, o qual prima pela razão para realizar os estudos sobre a realidade.

Assim, as experiências deixam de ser feitas no vazio teórico, e, ao invés disso, passam por uma realização teórica por excelência. De modo que, a partir da ciência relativista, o cientista deve aproximar-se do objeto não mais, exclusivamente, pelos métodos baseados nos sentidos, na experiência comum, mas aproximar-se, através da razão, da teoria. Isto significa dizer que o método científico já não é mais direto, imediato, mas indireto, mediado pela razão; e, por conseguinte, o vetor epistemológico bachelardiano segue o percurso do racional para o real, em contrapartida, das filosofias das ciências fortemente dominantes em sua época.

² habitualmente, é o termo usado para designar o estudo ou filosofia não positivista da ciência.

³ comumente, dividida em uma fase diurna ou epistemológica e outra noturna ou poética.

Para Bachelard, na nova ciência o racionalismo adquire um significado muito próprio que é a preocupação com a aplicação. Isto é, o “racionalismo aplicado” torna-se marca fundamental do novo espírito científico atuando numa dialética entre a experiência e a teoria, o que significa, em outros termos, dizer que prevalece uma dupla determinação no espírito científico: a primeira de que o objeto está em consonância direta entre o real e a racionalidade e a segunda, por consequência, que os argumentos racionais sobressaem por serem momentos da experiência científica. “Impõe-se hoje situar-se no centro em que o espírito cognoscente é determinado pelo objeto preciso do seu conhecimento e onde, em contrapartida, ele determina com mais rigor sua experiência.” (BACHELARD, 1977, p.109). Além disso, o autor ainda ressalta que é “precisamente nesta posição central em que se manifesta tanto um racionalismo aplicado como um materialismo instruído” (*idem*), ou seja, um racionalismo dialético e concreto que trás fecundidade, até no meio técnico, promovendo intercâmbio com o experimentalismo, e convence eminentemente da realidade mediante ao campo do pensamento.

Outro ponto importante da epistemologia, presente na obra bachelardiana, é reforçada pela retificação do erro, no âmbito que a ciência não deve ser avaliada em termos de acúmulo ou continuidade de acertos científicos. Mas de rupturas e retificações constantes, num processo dialético em que o conhecimento científico é construído através de análise dos erros anteriores. Ou seja,

... o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um ampliação dos quadros do conhecimento. Ele julga o passado histórico condenando-o. Sua estrutura é a consciência das suas falhas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro; pensa-se a experiência como retificação da ilusão vulgar e primeira. Toda a vida intelectual da ciência atua dialeticamente nesta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. (BACHELARD, 1977, p112).

Em suma, até este ponto do estudo, pode-se dizer que a mencionada epistemologia é organizada basicamente em torno de uma historicidade da ciência e intrinsecamente delineada por um racionalismo aplicado, partindo da ideia principal que para Bachelard,

... a ciência instrui a razão. A razão deve obedecer à ciência, a ciência mais evoluída, a ciência em evolução. A razão não tem o direito de aumentar a experiência imediata; pelo contrario, ela deve pôr-se em equilíbrio com a experiência mais ricamente estruturada, em qualquer circunstância, *o imediato* deve ceder o passo *ao construído*.(1977, p. 113)

Indo além - ao que tange o ensino de ciências - Bachelard construiu a sua trajetória docente, primeiramente nas escolas secundárias e mais tarde nas universidades francesas, de onde ele ressalta a preocupação com ensino no campo das ciências. No livro "A Formação do Espírito Científico" (1996), publicado pela primeira vez em 1938, o autor salienta que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado e apenas a fim da superação destes obstáculos, haverá a construção e apropriação correta do conhecimento nas aulas de ciências. Além do mais, destaca a necessidade dos professores conhecerem as concepções prévias dos alunos, isto é, "conhecer os conhecimentos anteriores ao processo de ensino, com a colocação da problemática dos obstáculos epistemológicos, que por sua vez impedem o professor de entender porque o aluno não compreende." (LOPES, 1996).

3.1 OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

A noção de obstáculo epistemológico é de fundamental importância para o âmbito de ensino, pois é na superação destes obstáculos que reside o sucesso de apropriação do conhecimento. A condição essencial para superação destes obstáculos é a consciência que eles existem e fazem parte do próprio ato de conhecer e que, senão neutralizados, podem comprometer o estudo científico, desde os seus fundamentos até seus resultados. "É aí que mostraremos causas de estagnação e até mesmo regressão, detectaremos causas de inércia as quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos" (BACHELARD, 1996, p.17).

No livro, em questão, o autor faz um apanhado de observações em obras e textos particulares que servem como as referências aos obstáculos epistemológicos. Por vezes, estas observações são constituídas por conceitos do pensamento pré-científico, baseados em descrições, relatos e imagens concretas e naturais que levam o leitor a um encantamento romanceado da ciência. Todavia, à medida que se superam os obstáculos, do pensamento, então, a dificuldade científica será vencida e, posteriormente, chegam ao nível de abstração que forma o novo espírito científico. A seguir, serão destacados brevemente alguns destes obstáculos para que possamos compreender a epistemologia de Bachelard.

3.2.1 A experiência primeira

O primeiro obstáculo, a experiência primeira ou a observação primeira, está inserido na crítica que o autor faz ao empirismo que, por vezes, pode ser empregado ao ensino de ciências. Assim, os saberes provenientes de experiências prévias, não oferecem uma base segura ao pensamento científico, nem ao menos uma descrição bem ordenada dos fenômenos.

Segundo Bachelard (1996, p.36) este obstáculo é prejudicial devido ao “fato de oferecer uma satisfação imediata à curiosidade, de multiplicar as ocasiões de curiosidade, em vez de benefício pode ser um obstáculo para cultura científica. Substituí-se o conhecimento pela admiração, as ideias pelas imagens”.

Dentre as referências históricas do pensamento pré-científico, Bachelard menciona a visão ocularista de Rabiqueau⁴, ao descrever com o poder do olhar os conceitos da ciência. Para Rabiqueau “a lua não é um corpo, mas um reflexo do fogo solar na abobada aérea. (...) as estrelas são apenas a fratura estridente de nossos raios visuais sobre diversas bolhas aéreas”. Nitidamente, então, percebemos o conhecimento impregnado predominantemente pela experiência subjetiva e que seria necessária ser corrigida para chegar a um conceito científico. Haja visto que a experiência primeira fascina, predominando as imagens e não as ideias, pois se busca as experiências atrativas em que nada contribuem para a cultura científica.

Em outro exemplo, Bachelard destaca a nota no livro de Cavallo⁵, a qual relata as experiências depois de ter estudado o efeito do choque elétrico quando passa por um mapa ou por outro corpo. Observe: “Se em cima do pedaço de vidro forem colocados pequenos modelos em relevo – de casinhas ou outros edifícios – o abalo ocasionado pelo choque elétrico será naturalmente a representação de um tremor de terra”. (BACHELARD, 1996, p. 46). Neste caso, a experiência primeira representa uma imagem simplista, mediada pelo experimento, conduz a uma explicação fantasiosa dos tremores, da qual uma simples vibração física produzida pela descarga elétrica leva a explicação afoitas.

⁴ RABIQUEAU, Charles. *Lê microscope moderne pour débrouiller la nature par lê filtre dum nouve alambic chymique ou lón voit um nouveau mécanisme physique universel*. Paris, 1781, p.228.

⁵CAVALLO, Tibère. *Traité complet d'electricite*, Trad. Paris 1785.

3.2.2 O conhecimento geral

Este obstáculo estende-se do primeiro, em virtude da generalização das experiências primeiras. De modo que as leis gerais ou generalidades do saber a partir de observações singulares, podem desencadear um perigo e comprometer assim o espírito científico. Nas palavras de Bachelard,

Há de fato um perigoso prazer intelectual na generalização apressada e fácil. A psicanálise⁶ do conhecimento objetivo deve examinar com cuidado todas as seduções da facilidade. Só com essa condição pode se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica. (BACHELARD, 1996, p.69).

Portanto, a fim de superar o obstáculo da generalização é preciso não cair na banalidade de conhecer um fenômeno geral e valer dele pra explicar todos os demais semelhantes. Além disso, o conhecimento geral direciona o conceito científico a partir de um fenômeno particular para um processo de agrupamento das aproximações sucessivas. (p. 200 *apud* BACHELARD, 1996, p. 76).

O autor esclarece que a aplicação de termos pelo pensamento pré-científico, vinculados às situações e afirmações gerais, a partir de definições ou experiências prévias, levam às conclusões exacerbadas. No estudo geral da coagulação, Bachelard cita diversos termos empregados pela Académie⁷ (1669), a fim de estudar o fenômeno entre eles, tem-se o seguinte, “Quando a seiva das árvores torna-se lenho, e o quilo transforma-se em solidez nos membros dos animais, é por uma espécie de coagulação. É a mais extensa de todas e pode segundo o Sr. Du Clos chamar-se de transmutativa” (p. 88, *apud* BACHELARD, 1996, p.79).

Em outro exemplo, o autor localiza a aplicação excessiva do fenômeno da fermentação, sendo naturalmente usado por Lémery⁸, para explicar o estudo sobre os minerais, onde destaca que:

A fermentação que age como o fogo, afasta a produção do metal as partes terrestres e grosseiras... Para produzir os metais é preciso um grau de fermentação que não se encontra em qualquer terra... Como o metal é obra da fermentação, é necessário que o sol ou o calor do fogo subterrâneo contribua para isso (p. 75, *apud* BACHELARD p. 88).

⁶ Para Bachelard é um processo de retificação do saber que visa atingir o estágio científico.

⁷ *Histoire de l'Académie des Sciences*, v.1, 1669.

⁸ LÉMERY, Nicolas. *Cours de Chymie*. 7 ed. Paris 1680.

Ainda podemos retirar outro exemplo da obra bachelardiana, pelo qual o autor utiliza para ilustrar que a experiência primeira atribui uma penca de significados ao conceito de fermentação. Neste exemplo Bachelard, descreve que o pensamento pré-científico classifica os fenômenos por acreditar já conhecê-los, vejamos o caso de Poncelet⁹ que considera a fermentação como um movimento,

Como há muitos graus de movimento, pode haver muitos graus de fermentação: são comumente designados por sua relação com os sentidos de gosto e do olfato. Assim, é possível dizer: uma fermentação acerba, austera, azedante, alcalina, vinosa, ácida, aromática, fétida, adstringente etc. (1769, p.94 *apud* BACHELARD, 1996, p.87)

Por conseguinte, as definições de fermentação adquiriram diversos significados mais que em nada se aproximaram ou contribuíram para técnica pasteuriana. Assim as generalidades atribuídas pelo pensamento pré-científico são subjetivas universais e correndo o risco de distorcer os conceitos, senão, convertê-lo em um conhecimento vago.

3.2.3 O obstáculo verbal

Bachelard caracteriza este obstáculo como extensão abusiva das imagens usuais e faz parte dos hábitos de natureza verbal de empregar indiscriminadamente “imagens” e palavras, assim como, analogias e metáforas, para facilitar o entendimento do aprendiz. O autor elabora a argumentação em cima da “imagem” de uma esponja, usada em diversos contextos para constituir toda uma explicação. Entre os exemplos, é mencionado o uso da palavra esponja num artigo de Réaumur¹⁰ (1731), vejamos,

Uma ideia muito comum é de considerar o ar como se fosse algodão, lã, esponja e muito mais esponjoso do que todos os outros corpos ou reunião de corpos com os quais pode ser comparado. Essa ideia é bem adequada para explicar porque ele se deixa comprimir consideravelmente pelos poros, por que também pode ser muito rarefeito, e aparecer com um volume que ultrapasse consideravelmente aquele que havíamos observado antes. (p.281, *apud* BACHELARD, 1996, p. 92)

⁹ PONCELET Abbé. *La nature dans la formation du Tonnerre et la reproduction des Etres vivants*.

¹⁰ RÉAMUR. *Mémoires de l'Academie Royale des Sciences*, 1731.

Desta forma, Bachelard, chama atenção que para um espírito pré-científico, às vezes, uma palavra pode se converter em uma explicação suficiente para tudo. Tal como a esponja em que a função é óbvia, logo, a generalização também é bem vinda e atribuída de forma indiscriminada.

3.2.4 O conhecimento unitário e pragmático

Neste obstáculo é dada atenção à valorização concedida pelo espírito pré-científico à dicotomia do poder da unidade e utilidade atribuída a tudo o que é natural. De acordo com Bachelard (1996, p.107) “para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado, sem esforço (...) O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa”. Essa questão é afirmada pelo autor ao analisar a obra de Réaumur¹¹(1734) que atribui aos líquidos naturais uma aptidão para resistir ao frio:

Não é de se estranhar que os líquidos inflamáveis, como o espírito de Vinho [álcool], e, talvez não se deva ainda estranhar que os fortes espíritos ácidos e até a água carregada com muitos sais conservem sua liquidez mesmo sob frio excessivo. Mas a natureza sabe compor licores que não são inflamáveis que não tem acidez sensível para nós e que, no entanto, podem resistir a temperaturas muito frias. Refiro-me ao gênero de sangue que circula em insetos de tantas espécies; pela cor pelo gosto, nossos sentidos grosseiros julgariam tratar-se de água ou, no máximo, de um licor extremamente aquoso (p.186 apud BACHELARD, 1996, p.113).

Por conseguinte, Bachelard (1996, p.113) discute sobre o pragmatismo invocado da vida cotidiana aos fenômenos naturais, afirmando que a própria utilidade fornece uma indução utilitária que conduz a generalizações exageradas. Ao falar sobre o espírito pré-científico, ele esclarece que “em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não só pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio de explicação. Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão” (p.114).

¹¹ RÉAMUR. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 1734.

3.2.5 O obstáculo substancialista

Outro impedimento à compreensão do conhecimento científico é o obstáculo substancialista, visto que para Bachelard, “a substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico (1996 p.127)”. Em outros termos, significa que se um discurso científico for substanciado e ligado por elementos descritivos que lhe são inerentes, não haverá sentido para o espírito científico; aja visto que para este é preciso haver um percurso teórico, uma elaboração do pensamento científico, que resulte em um discurso preciso e determine as relações com o objeto.

Bachelard exemplifica tal obstáculo através das palavras de Aldini¹² (1804), que descreve sobre “a substância” da corrente elétrica, observe:

obtive os seguintes resultados de desgarras sucessivas da mesma pilha: através da urina, 5 de força, gosto muito ácido, clarão branco, através do leite, 4 de força gosto doce, ligeiramente ácido, clarão vermelho; através do vinho, ½ de força, gosto ligeiramente ácido, através do vinagre, 2 de força, gosto picante, clarão vermelho, através da cerveja, ½ de força, gosto picante, clarão esbranquiçado... através da solução de muriato de sódio, 10 de força, neste experiência e nas seguintes não dava para suportar a sensação na língua... (p.210 *apud* BACHELARD, 1996, p.130).

Através desse íterim, o autor evidencia o caráter substancialista presente nas nuances do discurso pré-científico, cujo qual estabelece as descobertas experimentais do fenômeno científico tratando-o como uma substância.

3.2.6 O obstáculo animista

Neste obstáculo, adverte-se que para o espírito pré-científico a generalização do conhecimento atribui vivacidade à matéria ou às substâncias inertes. O argumento segundo o autor é que para este tipo de pensamento “a vida marca a substância que anima com um valor indiscutível. Quando uma substância deixa de ser animada perde algo essencial. A matéria que sai de um ser vivo perde propriedades importantes”. (BACHELARD, 1996, p.192).

¹² ALDINI. *Essai théorique et expérimental sur le galvanisme*. v.2.1804

Para ilustrar este obstáculo, Bachelard utiliza a citação de um livro de experiências De Bruno, pelo qual este considera e aplica o conceito de doença como entidade clara e absoluto aos objetos materiais e afirma que “A ferrugem é uma doença à qual o ferro está sujeito... O imã perde sua virtude magnética quando é corroído pela ferrugem. Alguns recuperaram parte de sua força quando lhe retiram a superfície por essa doença”. (p.123 *apud* BACHELARD 1996, p.194). Percebemos aqui, que parece óbvio para o espírito pré-científico que os metais também nascem e vivem comumente como seres portadores de vida, e por esta razão é natural estarem sujeitos a doenças.

3.2.8 Obstáculos do conhecimento quantitativo

Bachelard, neste obstáculo, defende que o excesso de precisão, do mundo quantitativo, pode entrar o conhecimento objetivo. Em suas palavras (1996, p.261) “uma das exigências primordiais do espírito científico é que a precisão de uma medida refira-se constantemente à sensibilidade do método de mensuração e leve em conta as condições de permanência do objeto medido”. Assim, é importante haver congruência entre os dados e os métodos que permitem deter conhecimento sobre o objeto. Bachelard, para tanto, menciona o exagero gratuito presente no século XVIII, através de Buffon, que chega, à conclusão de que havia 74.832 anos que a Terra tinha soltado do Sol por causa do choque com um cometa é que em 93.291 anos ela ter-se-á resfriado a tal ponto que a vida nela será impossível (p. 169 *apud* BACHELARD, p.263).

Em síntese do capítulo: podemos dizer que os obstáculos epistemológicos estão presentes na cultura científica e, conseqüentemente, apresentam dificuldades bem definidas ao espírito pré-científico. Contudo, surge a necessidade de uma ruptura epistemológica entre conhecimento comum e o científico; exigindo, principalmente, a continuidade direta da observação, experimentação e teorização. Por isso, cabe aos mediadores do conhecimento científico, a difícil tarefa de colocar o conhecimento em constante estado de mobilização, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico; e conseqüentemente, oferecer razões a cultura científica possa avançar.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em linhas gerais, a presente pesquisa foi realizada no período de um ano, passando por diferentes fases que constituem, em pormenores, a totalidade do processo investigativo. Relacionando ao objeto de estudo, essas fases metodológicas serão brevemente abordadas nos seguintes tópicos: a validação do instrumento de pesquisa, o campo de estudo e os sujeitos da pesquisa, os fundamentos da análise de conteúdo, apontamentos quantitativos e qualitativos e o sistema de categorização da pesquisa.

4.1 A VALIDAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

Nesta fase, primou-se em elaborar e validar um instrumento de pesquisa, em que se pudessem coletar as primeiras informações. Isto ocorreu, a partir da aplicação de um questionário inicial, contendo perguntas de caráter geral sobre a importância da evolução para compreensão dos fenômenos que regem a vida. (ANEXO A). Este instrumento foi aplicado em Novembro de 2009 e preenchido por 50 estudantes concluintes do ensino médio de duas escolas públicas paranaenses, e os permitia apontar as suas referências, premissas e proposições envolvidas na formação dos saberes básicos do assunto em questão.

Em seguida, as respostas foram analisadas, cotejadas e agrupadas pelo critério de recorrência de significados e pela consistência teórica que poderiam consubstanciar a apropriação dos saberes da biologia evolutiva pelos estudantes (e.g. indicativos, elementos, informações ou conceitos relacionados à temática) e, assim, permitisse (re) elaborar o instrumento de pesquisa deste estudo (ANEXO B).

Ainda, vale registrar que no desenvolvimento da revisão teórica de outros estudos, houve certa inspiração no artigo “Evolution: 24 myths and misconceptions” do autor Le Page (2008), publicado na revista *New Scientist*; por isso no decorrer deste estudo serão vistas as singularidades que, por si só, salientam e marcam diferentes enfoques, assim como, os fundamentos teóricos que correspondem à distinção desta pesquisa monográfica.

4.2 O CAMPO DE ESTUDO E O SUJEITOS DA PESQUISA

Após a validação, o questionário formal desta pesquisa, foi aplicado efetivamente em Maio de 2010, em uma instituição de ensino básico com modalidade regular e profissionalizante, abrangendo estudantes com diferentes níveis socioeconômico, e localizado na cidade de Curitiba, estado do Paraná.

Depois do contato com este estabelecimento e mediante apresentação de um termo de compromisso ético com a pesquisa, a direção prontificou-se em oferecer toda assistência necessária, assim como, uma das professoras, atenciosamente, acompanhou todos os procedimentos do estudo.

Os sujeitos da pesquisa consistem em 65 estudantes de três turmas, do terceiro ano do ensino médio. Optou-se pelos alunos concluintes pressupondo que eles deveriam ter uma ampla visão da biologia evolutiva ao longo de toda a formação básica. Além disso, torna-se importante salientar que, até o momento da aplicação do questionário, a docente das turmas, não havia trabalhado com os conteúdos específicos do processo evolucionista; contribuindo assim para que os sujeitos evidenciassem seus saberes aprendidos nos diferentes períodos do ensino médio e relatassem as suas referências pessoais sobre este conhecimento.

4.3 OS FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DE CONTEÚDO

A ferramenta metodológica adotada para auxiliar na interpretação das concepções dos estudantes é denominada análise de conteúdo. Esta ferramenta trata-se de um conjunto de métodos de estudo que permitem à tentativa exploratória de interpretar o discurso, mediante aos objetivos estabelecidos. A definição de Bardin designa-se como análise de conteúdo:

um conjunto de técnicas de análise de comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção / recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (2004, p.37).

A análise de conteúdo, portanto, não se trata de apenas uma técnica sistemática de interpretação, mas de um conjunto de diretrizes que auxiliam o pesquisador em estabelecer inferências e, assim, por em evidência os significados que estão presentes na comunicação ou discurso dos grupos de sua investigação.

Além disso, a pertinência de ancorar-se em tal metodologia esteve calcada na pretensão, deste estudo, em conduzir uma abordagem dos saberes da biologia evolutiva, que fosse possível traçar procedimentos descritivos e objetivos ao crivo de certos elementos que permitem uma sistematização sobre o conteúdo.

4.4 APONTAMENTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

A fim de propor um estudo representativo e que expusesse os resultados com muita clareza, destinou-se grande importância na construção de um instrumento que apontasse e tornasse viável reunir dados quantitativos e qualitativos da pesquisa. Neste sentido, o questionário permitiu a leitura dos resultados, por intermédio de uma análise sincrônica dos dados coletados, baseando-se num sistema de categorias (quantitativas e qualitativas) válido para interpretar com precisão o conjunto de informações, presentes no plano de inferências, deste estudo.

Não ignorando as discussões geradas, em décadas anteriores, que visavam aos pesquisadores da educação, adotar apenas uma das análises (quantitativas ou qualitativas), subentendeu-se na validação do instrumento da pesquisa que este estudo trata-se de um caso isolado, sendo soberano a este contexto, o grau de compatibilidade alcançado nos resultados. Desde modo, salienta-se a relevância da análise de Bardin (2004) ao propor que:

A abordagem quantitativa funda-se na *frequência* de aparição de certos elementos da mensagem. A abordagem não quantitativa recorre a indicadores não frequências susceptíveis de permitir inferências, por exemplo, a *presença* (ou a ausência), pode constituir um índice tanto (ou mais) frutífero que a frequência da aparição. (2004, p.107)

Em outros termos, significa dizer que análise de conteúdo, pode conviver com ambas as abordagens e a inferência a partir de um tipo de abordagem, em alguns casos, pode diagnosticar uma análise em uma maior profundidade.

Indo além, é importante salientar que embora haja possibilidade de combinar estas abordagens, não se deve infringir as singularidades de cada uma, visto que assim pode-se incorrer a indução de distorções dos significados. Neste contexto, trabalhou-se cautelosamente com os tipos de abordagens, sem extrapolar qualitativamente os resultados para algumas generalizações possíveis; conforme ressalta Bardin (2004, p. 108) “análise qualitativa apresenta certas características particulares. É válida, sobretudo, na elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa, e não inferências gerais”.

4.5 SISTEMA DE CATEGORIZAÇÃO DA PESQUISA

Os questionários respondidos pelos estudantes foram analisados, sendo as respostas separadas em grandes categorias por grau de semelhança. A categorização segundo Bardin,

é uma classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo gênero com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos. (2004, p. 111).

Perspectivado nesse contexto, as categorias do instrumento de pesquisa, foram organizadas dentro de cinco eixos temáticos com objetivos analíticos comuns de investigação e correlacionavam alguns dos temas acerca da biologia evolutiva. Além disto, organizou-se um enquadramento para cada categoria contendo um panorama geral do levantamento das concepções dos estudantes. Sendo que este enquadramento é composto por algumas das respostas recorrentes na maior parte das concepções dos estudantes, e, portanto, tem a intenção de informar ao leitor, alguns dos elementos teóricos presentes nas concepções e examinados nesta pesquisa.

5 ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES

Apresentam-se neste capítulo os resultados da pesquisa desenvolvida, expressos por meio de uma análise das concepções dos estudantes sobre os saberes (espontâneos, científicos, históricos etc) da biologia evolutiva.

De acordo com a metodologia descrita no capítulo anterior, as categorias (proposições) foram organizadas em cinco abordagens temáticas, reunindo objetivos comuns à inferência, sobre o tema em questão. As três turmas pesquisadas estão representadas pelas letras A, B e C, enquanto os estudantes destas turmas serão identificados por números correspondentes aos nomes ordenados alfabeticamente.

Além disso, dentro de cada categoria, algumas concepções foram selecionadas e enquadradas para demonstrar os significados que levaram alguns alunos a tomarem o seu posicionamento. Mas, que não necessariamente conduzem a uma avaliação das respostas, visto que algumas proposições possuem suas singularidades e imprimem perspectivas diferentes de interpretação e formulação dos saberes - sobretudo tem apenas o efeito de representatividade da amostragem.

Vale ressaltar que a formulação do instrumento de pesquisa, consta apenas de proposições que, dentro de visão geral, são errôneas ou equivocadas, aos parâmetros do conhecimento científico. No sentido que para a metodologia, baseada na obra bachelardiana, o processo de construção do saber o erro assume um papel fundamental, porque é visto de maneira positiva e componente inerente a ação do conhecer, ainda mais que a constante retificação do erro e dos vícios do pensamento promove o avanço do ensino ao que tange o estudo da ciência. Conforme destaca Lopes, ao afirmar que:

Bachelard nos coloca o desafio de repensar como interpretamos o erro no processo de ensino-aprendizagem. Se o erro possui uma função positiva na gênese do saber, cabe procurarmos pensar sobre a necessidade dos estudantes errarem no processo de ensino aprendizagem. O erro deveria, então, deixar de ser encarado como o oposto do conhecimento verdadeiro. O erro é constitutivo do processo de construção do conhecimento (1996, p.269).

A seguir, apresento o resultado de cada categoria, com as reflexões produzidas a partir delas num sentido de visualizarmos as relações globais entre os saberes.

5.1 O CONHECIMENTO DO SENSO COMUM

As proposições desta abordagem incidem na perspectiva do senso comum ao conhecimento da evolução biológica. Na linguagem científica, chama-se de “senso comum” ou “bom senso” aquelas explicações espontâneas para compreender os fenômenos, sem atribuição de um diagnóstico normativo e racional. No entanto, conforme Laville & Dionne (1999, p.19), “o senso comum não deixa de produzir saberes que, como os demais, servem para compreensão do nosso mundo e de nossa sociedade, e para nela viver com o auxílio de explicações simples e cômodas”. Mas, indo além na análise, os autores ressaltam que “deve-se desconfiar dessas explicações, uma vez que podem ser um obstáculo à construção do saber adequado, pois seu caráter aparente de evidencia reduz a vontade de verificá-lo”.

Partindo desse pressuposto, salientaram-se duas proposições que respondem as primeiras inquietações sobre a evolução biológica e o lugar do homem no mundo, as quais visaram inferir na pesquisa o quanto o pensamento comum ainda coexiste na formação do saber científico dos estudantes.

5.1.1 A evolução deve ser entendida como uma “escalada em direção ao progresso”

Com esta categoria pretendia-se que os estudantes refletissem a concepção que a evolução não acrescenta apenas melhorias e, tampouco, atua direcionando as espécies a um progresso biológico. Portanto, almejava-se uma aproximação dos estudantes ao conceito darwiniano, onde a evolução é tida como uma mudança biológica sofrida pelas espécies e passada para outras gerações ao longo do tempo.

A análise demonstrou, entretanto, que a maior parcela dos estudantes (55%) defende a ideia que a evolução deve ser entendida como um progresso, no sentido de melhoramento dos caracteres biológicos das espécies. Amparados no Quadro 1, ainda, é possível inferir que o aluno “A9” reforçou o sua posição ao mencionar que a evolução direciona para seleção e sobrevivência da raça mais forte, outros estudantes (“A13”, “B9” e “C8”) destacam a evolução como um progresso de aperfeiçoamento biológico das espécies ao ambiente em que vivem, enquanto o estudante “C14” equipara o grau de ocorrência da evolução ao progresso.

Ademais, a outra parcela dos estudantes (45%) advoga que a evolução biológica não deve ser assimilada como um progresso das espécies, vinculando o conceito à interpretação de mudança. O estudante “A18” destacou em sua resposta que a evolução deve ser compreendida como processo de adaptação ao meio; mais especificamente, o aluno “A24”, comparou o processo adaptativo como uma “escalada em direção a sobrevivência” da espécie, independente de esta ser mais desenvolvida, enquanto o “B6” descreveu a evolução como um processo natural à sobrevivência dos seres direcionado pelas necessidades de existência.

Analisando a concepção do estudante “C1”, nota-se que o mesmo levou em conta as mudanças ao nível gênico e destacou a relatividade do termo progresso. Na análise do estudante “C9”, sobressaiu o pensamento que a evolução não deve ser entendida como melhoria, visto que a evolução significa mudança e demarcando ainda que as mudanças não se traduz apenas em vantagens.

(%)	POR QUE...
SIM (55%)	<p>“Só sobrevivem os animais mais fortes na seleção natural, possibilitando atualmente uma raça mais forte.” (Estudante A9).</p> <p>“Pois, quando uma espécie evoluiu significa que ela melhorou em algum aspecto. Que ela progrediu”. (A13).</p> <p>“A medida que evoluímos estamos cada vez melhor.” (B9).</p> <p>“Porque a própria palavra já diz ‘evolução’, mas também pode ser uma evolução retardada.” (B16).</p> <p>“Os animais quando sofrem uma evolução, sofrem para melhor aproveitar o ambiente em que vivem.” (C8).</p> <p>“Quanto mais evoluída forem às espécies, mais progresso haverá.” (C14).</p>
NÃO (45%)	<p>“Em minha opinião, preferiria dizer que a evolução deveria ser entendida como mudanças para adaptar-se melhor ao meio em que o ser vive.” (A18).</p> <p>“Deve ser entendida como uma escalada em direção a sobrevivência. As espécies mais adaptadas ao meio muitas vezes não são as dominantes ou as mais desenvolvidas.” (A24).</p> <p>“É apenas lei natural dos seres, onde o corpo se adapta de acordo com as suas necessidades de existência.” (B6).</p> <p>“Nem sempre as mudanças no gene são para melhor. Até porque o termo progresso é relativo.” (C1).</p> <p>“A evolução nem sempre leva a melhoria de alguma característica, às vezes até porque uma mudança pode apresentar uma vantagem em certo ambiente e uma desvantagem em outro ambiente” (C9).</p>

QUADRO 1 - EVOLUÇÃO SIGNIFICA PROGRESSO?

5.1.2 Entre todas as espécies, a espécie humana (*Homo sapiens*) é a biologicamente mais evoluída.

Presumia-se, nesta categoria, que os estudantes julgassem que os humanos não são mais evoluídos, biologicamente, que outras espécies, haja visto que cada espécie evoluiu de modo diferente e conforme as suas necessidades adaptativas. Contudo, esperava-se emergir a compreensão que na espécie humana apenas derivações ao seu ramo evolutivo podem ser comparadas e não cotejada entre toda a diversidade biológica existente.

Com base no Quadro 2, é notório que a maioria dos estudantes (60%), justificou que a espécie humana é biologicamente a mais evoluída em comparação às demais espécies.

(%)	POR QUE...
SIM (60%)	<p><i>“Devido a capacidade de organização social, fala e pensamento, acredito que seja a mais evoluída/complexa.” (A23).</i></p> <p><i>“Dentre as ramificações ocorridas durante a evolução, acredita-se que a da espécie humana tinha ido mais longe.” (A27).</i></p> <p><i>“Dentre todos os animais, o Homem é o único capaz de usar ferramentas para realizar seus fins, além de ser racional.” (A29).</i></p> <p><i>“Porém, deve-se notar que isso não significa que ela seja ‘melhor’ espécie, ela é apenas muito bem adaptada a seu meio.” (C9).</i></p> <p><i>“Pois possuem polegares opositores, andam erétos (sic), são seres racionais (não que outras espécies não sejam) entre outras.” (C13).</i></p> <p><i>“Biologicamente, mais ou menos, mais sim pode-se dizer que é superior as demais, embora outras espécies tenham características diferentes das humanas.” (C14).</i></p>
NÃO (40%)	<p><i>“Evolução, em minha concepção, não deveria ser comparada. Além do mais o homo sapiens (sic) é mais “capacitado” intelectualmente. Se fossemos comparar a força, na mesma linha de raciocínio, o gorilla (sic) é mais evoluído.” (A15)</i></p> <p><i>“temos características diferentes, como o uso da razão, mas isso não nos faz mais evoluídos, porque todo ser vivo possui uma importante função no planeta.” (B13).</i></p> <p><i>“Para fazer uma comparação mais confiável é necessário uma especificação maior; ‘biologicamente’ mais evoluída é amplo demais.” (C1).</i></p> <p><i>“Não é correto afirmar que uma espécie é mais evoluída que qualquer outra de maneira tão generalizada. Em relação à vida subaquática, por exemplo, uma esponja é muito mais evoluída que um ser humano.” (C6).</i></p> <p><i>“A espécie <i>Homo sapiens</i> (sic) tem o cérebro mais desenvolvido, mas não em outros quesitos (força, velocidade, etc).” (C10).</i></p>

QUADRO 2 – A ESPÉCIE HUMANA É A MAIS EVOLUIDA?

Nota-se que algumas das concepções mencionam indicativos para o qual a espécie humana é a mais evoluída, como por exemplo: à capacidade de organização social (A23), o uso de ferramentas (A29), as adaptações (A9, C13 e C14) e as derivações no ramo evolutivo (A27), entre outras.

Em contrapartida, 40% dos estudantes defendem que a evolução da espécie humana não deve ser comparada com outras espécies. Como, por exemplo, o estudante “A15” e “B13” que descrevem sobre a inviabilidade de comparação entre os humanos e o restante da biodiversidade do planeta. No mais, o estudante “C1”, menciona que seria necessária uma especificidade maior para ser comparativo, enquanto, os estudantes “C6” e “C10” comentam, respectivamente, sobre a generalização e falta de quesitos comparáveis que tornam inválida esta afirmação.

5.2 HISTORICIDADE DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

A proposta básica desta abordagem era, colocar em questão, a constituição histórica da teoria evolutiva. Com este intuito as proposições apontadas, partiram do pressuposto que o conhecimento científico não designa o resultado de processo de acúmulo de verdades produzidas pelos cientistas. Mas, faz parte de um desdobramento de saberes que se fundamentam num conjunto de dados, fatos e teorias aceitas, por vezes provisoriamente, para explicar os fenômenos científicos. Deste princípio, enquadraram-se duas proposições que pressupõem uma análise da visão histórica dos acontecimentos que marcaram o assunto em questão.

5.2.1 O conhecimento da genética enfraqueceu a Teoria da Evolução.

Análise deste enunciado permitia aos estudantes evocar a historicidade que abrange o curso da teoria evolutiva. Tendo a finalidade de informar o fortalecimento da teoria da evolução proveniente dos trabalhos mendelianos, assim como, adesão da grande parte dos cientistas a teoria, em virtude desses novos significados vindos dos estudos genéticos.

Tento em conta, o Quadro 3, pode se estabelecer que a maioria dos estudantes (95%) detém a importância histórica da genética ao curso da teoria evolutiva. Sendo que uma parte destes alunos alegou que o conhecimento da genética contribuiu significativamente ao explicar as características dos seres vivos (A18 e A25), assim como, contribuiu para o entendimento das alterações biológicas ao nível molecular (A29).

Ainda, neste íterim, outros estudantes relacionaram o fortalecimento da teoria, a partir dos estudos genéticos, como aparece nas concepções dos estudantes em termos da hereditariedade, mais especificamente, como são compartilhadas e transmitidas as características genéticas dos seres vivos (B14, B17, C2 e C13).

(%)	POR QUE...
SIM (5%)	<i>“Sim, pois com a genética descobriram se novas funções não explicadas pela teoria da evolução.” (B5).</i>
NÃO (95%)	<p><i>“A genética, na verdade, veio ajudar à compreensão da evolução, pois veio a estudar como são formadas cada característica e mudança de um ser”. (A18).</i></p> <p><i>“A genética ajudou em muito na Teoria da Evolução, tornando possível o entendimento da constituição e mudança de características físicas e psicológicas.” (A25).</i></p> <p><i>“Pelo contrario, demonstrou a fragilidade do DNA, em que qualquer alteração pode trazer grandes mudanças.” (A29).</i></p> <p><i>“Pois quanto mais conhecimento melhor e a genética veio nos ajudar em muitos aspectos, nos explicar muitas coisas.” (B12).</i></p> <p><i>“Incrementou a teoria da evolução, pois explica como os seres compartilham características.” (B14).</i></p> <p><i>“Ao contrário fortaleceu, o estudo da hereditariedade ajudou a compreender a dinâmica da evolução.” (B17).</i></p> <p><i>“Pareceu apenas fortifica-la, pois assim vemos claramente a grande semelhança entre espécies distintas do mesmo gênero, mesmo que cada espécie tenha a sua peculiaridade. E às vezes, essas espécies de gênero igual, são de regiões diferentes, ou seja, cada um adaptado para cada ambiente mas com estruturas muito parecidas.” (C2)</i></p> <p><i>“Ela ajudou a conhecer mais a fundo como as espécies são e sua evolução ao longo da história.” (C13).</i></p>

QUADRO 3 – A GENÉTICA ENFRAQUECEU A TEORIA EVOLUTIVA?

5.2.2 Darwin - desde a publicação da sua teoria da seleção natural - foi uma autoridade incontestável pela ciência.

O objetivo desta proposição era verificar se os estudantes expressam que a ciência não é unânime e o conhecimento científico não deve ser entendido como um processo contínuo, mas construído e reformulado ao longo do tempo. Visto que, após a divulgação da teoria científica sobre a origem das espécies, como descrito no primeiro capítulo, Darwin também recebeu diversas críticas de alguns setores da sociedade, inclusive por parte dos autores contemporâneos do campo científico; os quais discordavam e contestavam alguns pontos da sua teoria e que diante das circunstâncias ele não conseguiu responder satisfatoriamente a todas.

Com base no Quadro 4, podemos observar que 28% dos estudantes indicaram que Darwin foi incontestável para ciência; sendo que em algumas concepções isto se deve em razão do naturalista propor com a sua teoria uma mudança no pensamento religioso (A15 e C8), ou porque apresentou um fato ou provas concretas, as quais poderiam ser comprovadas pela sua teoria (B13 e C13).

(%)	POR QUE...
SIM (28%)	<p><i>"A teoria de Darwin chegou a mudar o pensamento da igreja, sobre a evolução (Fixismo dizia que as criaturas não evoluirão), que começou a aceitá-la." (A15).</i></p> <p><i>"é comprovado que um ser vivo que possui determinadas características adaptáveis a um determinado lugar, sobrevive." (B13)</i></p> <p><i>"Pois, até hoje essa teoria é a mais aceita, embora os religiosos continuem discordando, pois acreditam na teoria de 'Adão e Eva'." (C8).</i></p> <p><i>"Pois ele sempre apresentava provas concretas daquilo que ele falava e acreditava." (C13).</i></p>
NÃO (72%)	<p><i>"Nem todos eram a favor da Teoria da Seleção Natural." (A6).</i></p> <p><i>"Nenhuma autoridade é incontestável, pois nenhuma teoria é 100% correta." (A11)</i></p> <p><i>"Desde antes da teoria de Darwin, os cientistas estavam em busca de respostas, e na verdade, uma teoria nunca é uma verdade absoluta, mas realmente essa teoria é a mais aceita". (A18).</i></p> <p><i>"Todo pensador, antes de provar a sua teoria, é criticado e duvidado pela maioria." (A25).</i></p> <p><i>"Tudo deve ser testado e contestado pela ciência o que não é contestado é fé." (B14).</i></p> <p><i>"Apesar de um nome grande da ciência, isto não implica em que ele esteve correto em todas as suas teorias." (C1).</i></p> <p><i>"Nada é absolutamente incontestável na ciência. Dês (sic) da formulação e publicação de uma teoria, Darwin foi contestado por vários outros cientistas." (C6).</i></p> <p><i>"De acordo com o método científico nenhuma teoria é considerada verdade incontestável" (C9).</i></p>

QUADRO 4 – DARWIN FOI UMA AUTORIDADE INCONTESTÁVEL PELA CIÊNCIA?

Ainda, nesta questão, temos que 72% dos estudantes destacaram que Darwin também foi contestado, visto que a ciência não é constituída apenas por verdades absolutas (A11, A18, C1, C6 e C9) e de acordo com alguns estudantes, fazem parte da ciência às críticas e as contestações (A25 e B14). Além disso, torna-se importante destacar a concepção do estudante “A6”, que menciona que Darwin foi contestado, no que se refere à teoria da seleção natural.

5.3 ADAPTAÇÃO E SELEÇÃO NATURAL

A análise desta abordagem incide no conhecimento básico de que adaptação biológica exerce um papel muito importante na sobrevivência dos seres vivos. A visão adaptacionista indica que estruturas presentes nos seres vivos executam ou executaram algum dia uma função, tendo passado pelo processo de seleção natural. Na teoria de Darwin, assim como na teoria evolutiva moderna a adaptação está intimamente ligada aos mecanismos de seleção natural. As espécies, para tanto, que possuem uma série de características que contribuem para a adaptação em certo ambiente são passíveis de modificações, e, conseqüentemente, algumas dessas características poderão ser herdadas pelos descendentes conforme o tempo.

5.3.1 A evolução tende necessariamente ao aumento da complexidade das espécies.

O objetivo desta afirmação era notar se os estudantes compreendem que a evolução não tende necessariamente a complexidade das espécies, pois muitas passam por mudanças que conduzem basicamente à simplicidade estrutural.

A expectativa desta questão era que os estudantes pudessem vincular que em alguns casos, por exemplo, em invertebrados cavernícolas notamos uma série de adaptações morfofisiológicas que reduzem a complexidade (ex; olhos) e aumentam a especialização das estruturas ao ambiente pouco iluminado (ex; apêndices táteis) e, portanto, tornam os indivíduos da espécie mais simples comparados a outros do ambiente externo.

Além disso, a seleção natural acontece por causa de variações que ocorrem nas populações devido ao surgimento de mutações. Portanto, ambos os fenômenos estão intimamente relacionados, pois um se dá em decorrência do outro.

Prosseguindo a análise temos no Quadro 5, que apenas 27% dos pesquisados mencionaram que a evolução gera a complexidade das estruturas. Nas entrelinhas dessas concepções nota-se o fato que os seres mais complexos são os mais evoluídos (A12, A13 e B1) ou que a evolução tende a acrescentar funções nos seres e, portanto, as tornam espécies mais complexas (A28 e B9). Pelo outro lado 63% das concepções enfatizam que a evolução não remete, necessariamente, a complexidade (A2, B14 e C1), mas a sobrevivência da espécie (A8), enquanto outras concepções salientaram que se for preciso haver simplificação das estruturas, assim atuará a evolução das espécies (A23, C6 e C10).

(%)	POR QUE...
SIM (27%)	<p><i>“Os seres humanos são muito mais complexos e são muito mais evoluídos que outros seres”. (A12).</i></p> <p><i>“Pois quanto mais evoluídos os seres mais complexos eles se tornarão.” (A13).</i></p> <p><i>“Evolução remete a melhorias, maior capacidade. Para isso, são precisas as mais funções, o que aumenta a complexidade”. (A28).</i></p> <p><i>“Pois, primeiro começamos com estruturas simples unicelulares e depois temos os seres mais complexos como o homo sapiens (sic).” (B1).</i></p> <p><i>“Pois a medida que uma espécie evolui ela se torna mais complexa, para que essa evolução tenha algo que antes não existia.” (B9).</i></p>
NÃO (73%)	<p><i>“a evolução tende à adaptação das espécies ao ambiente que vivem, não necessariamente à sua complexidade”.(A2).</i></p> <p><i>“Pois acho que a evolução ocorre para que haja a sobrevivência de uma espécie e não para que ela torne-se mais complexa e desenvolvida que outras.” (A8).</i></p> <p><i>“Não, pois pela falta de uso etc pode ocorrer certa simplificação.” (A23).</i></p> <p><i>“Não necessariamente, características sem utilidade tendem a desaparecer ao longo das gerações.” (B14).</i></p> <p><i>“A evolução implica apenas na mudança dos genes pela mutação e em sua seleção através do meio. Não necessariamente isso aumenta a complexidade.” (C1).</i></p> <p><i>“A evolução não segue uma direção pré-determinada, pois em muitas ocasiões, as características do ambiente levam uma espécie a evoluir para um organismo mais simples.” (C6).</i></p> <p><i>“Se, para sobreviver, uma espécie precisa se tornar mais simples, é assim que evoluirá.” (C10).</i></p>

QUADRO 5 – A EVOLUÇÃO TENDE À COMPLEXIDADE DAS ESPÉCIES

5.3.2 Todo órgão ou parte do organismo tem uma função biológica.

A discussão esperada nesta proposição era de se caracterizar que nem todo órgão ou estrutura biológica é mantido funcionalmente ativo em dada espécie, ao longo do tempo. De fato a seleção natural atua sobre os caracteres específicos para sobrevivência e reprodução de uma população em certo ambiente. Esperava-se que os alunos indicassem uma explicação que uma estrutura necessária para uma espécie possa não ser mais para outra, em razão das mudanças adaptativas sofridas nas gerações anteriores. Por exemplo, os órgãos vestigiais - como o apêndice vermiforme - que atualmente aparecem atrofiados em humanos (inativos funcionalmente), mas para espécies herbívoras são estruturas importantes funcionalmente.

Examinando o Quadro 6, pode-se notar que a maioria dos estudantes (69%), consubstanciou o posicionamento de que todos os órgãos ou estruturas biológicas devem apresentar uma função.

(%)	POR QUE...
SIM (69%)	<p><i>“Todo órgão tem sua função no funcionamento do corpo seja de pequena ou grande importância”. (A5).</i></p> <p><i>“Tudo o que tem nos seres vivos tem uma função se existe é porque serve para alguma coisa”. (A13).</i></p> <p><i>“Quando um órgão torna-se obsoleto, durante a evolução, ele vai sendo eliminado de geração para geração.” (B6).</i></p> <p><i>“Todo órgão possui sua função específica.” (B10).</i></p> <p><i>“Cada órgão tem a sua importância, entretanto quando ele a perde a evolução tende a excluí - lá.” (B11).</i></p> <p><i>“O termo ‘função biológica’ denota tudo relacionado à manutenção da vida de algum organismo. Pelo menos teoricamente acredito nesta frase.” (C2).</i></p>
NÃO (31%)	<p><i>“Órgãos podem perder a função biológica com o tempo, e ainda assim continuar existindo”. (A11).</i></p> <p><i>“Não necessariamente, como na espécie humana, o siso e o apêndice, que já tiveram funções hoje são inutilizados.” (B14).</i></p> <p><i>“Algumas partes do organismo, como o apêndice nos seres humanos, perderam sua função, ao longo do tempo, devido á mudança no habito das populações.” (C6).</i></p>

QUADRO 6 – TODO ÓRGÃO OU ESTRUTURA TEM UMA FUNÇÃO BIOLÓGICA?

Para alguns destes estudantes a “função biológica” justifica o funcionamento de todo componente dos seres vivos (A5, A13, B10 e C2), enquanto outros defendem que senão houvesse uma função, a estrutura ou órgão perderia a importância e, com o tempo, a evolução eliminaria do ser vivo (B6 e B11). Por outro lado 31% alegaram à existência de estruturas biológicas, que perderam as funções biológicas e, mesmo assim, inativamente persistem nos seres vivos (A11, B14 e C6).

5.4 O PROCESSO EVOLUTIVO

Nesta abordagem, levou-se em consideração o conhecimento básico sobre as taxas de mudanças ocorridas durante o processo evolutivo. Por consequência, examinaram-se duas proposições sobre a ocorrência do processo evolutivo, visto que, eventos de especiação ou alguns fatores adaptativos (climáticos, geológicos, entre outros) determinam a taxa de evolução dos seres vivos.

5.4.1 A evolução ocorre de forma gradual e continua.

O intuito dessa proposição é o de examinar se as respostas dos estudantes generalizam o processo evolutivo como: gradual (ocorrendo de forma lenta e em sucessivas etapas) e contínuo (que não estaciona). Enquanto, a generalização é condizente com o conhecimento popular, mas para a ciência essas noções não correspondem a todas as suas dimensões, pois, sabe-se que em algumas espécies a evolução pode ocorrer de forma repentina e até mesmo estacionar ao longo do tempo.

No Quadro 7, observa-se que 55% dos estudantes responderam que a evolução pode ser caracterizada como um processo gradual e contínuo. Neste contexto, algumas concepções destacaram o processo evolutivo pela continuidade e por ser gradativo (A16, B10 e B13).

Nesta mesma abordagem, podemos ver na concepção o estudante “C6”, por exemplo, que a continuidade de mudanças nas espécies é determinada conforme as mudanças no meio, enquanto “C7” descreve que o processo é lento, não ocorrendo subitamente entre uma geração à outra.

Por outro lado 45% das concepções expressaram um posicionamento contrário a generalização do processo evolutivo. Para alguns estudantes a evolução não deve ser padronizada como sugere a proposição (A2, A8, A12 e C2), visto que também o processo pode estagnar (A22) ou ocorrer de forma abrupta ou mediada por mutações (C1). Outros estudantes julgam em suas concepções que a evolução é compreendida um processo aleatório, não havendo um padrão (C3 e C9).

(%)	POR QUE...
SIM (55%)	<p><i>“Sim sempre se está evoluindo”. (A16).</i></p> <p><i>“As espécies estão num processo contínuo de mudanças que ocorrem de forma gradual até que elas se estabeleçam”. (A17).</i></p> <p><i>“Vai se transformando de pouco em pouco e não para (sic).” (B10).</i></p> <p><i>“Estamos evoluindo gradativamente para melhor nos adaptar.” (B13).</i></p> <p><i>“O meio onde vivemos está sempre em contínua mudança, e para se adaptarem a ele, as espécies são obrigadas a evoluir sempre.” (C6).</i></p> <p><i>“A evolução é um processo lento, não ocorre de uma geração para outra uma grande mudança.” (C7).</i></p>
NÃO (45%)	<p><i>“Não há lugar nem hora para que ela ocorra. Ela ocorre de acordo com a necessidade do ser para se adaptar”. (A2).</i></p> <p><i>“Não acho que ocorra de forma contínua, pode ocorrer de forma abrupta ou parar de ocorrer”. (A8).</i></p> <p><i>“Ela ocorre espontaneamente, gradual e contínua é uma coisa muito pré-definida, coisa que a evolução não é”. (A12).</i></p> <p><i>“Ela pode passar, e muitas vezes passa, por um processo de estagnação”. (A22).</i></p> <p><i>“Pode-se dizer que muitas vezes sim, mas há casos, como as bactérias, em que mutações ocorrem de forma rápida, em poucos anos, por exemplo.” (C1).</i></p> <p><i>“Não há uma linearidade para a evolução vide animais do fundo mar e algumas plantas que pouco mudaram as suas aparências.” (C2).</i></p> <p><i>“A alteração das características tendem mais para uma aleatoriedade do que forma gradual e contínua.” (C3).</i></p> <p><i>“A evolução segue um ritmo caótico, sem qualquer padrão de ordem.” (C9).</i></p>

QUADRO 7 – O PROCESSO EVOLUTIVO É GRADUAL E CONTÍNUO?

5.4.2 O processo evolutivo mantém constante a frequência de genes na população.

O foco desta questão esteve centrado ao fato que a frequência dos genes em uma população só se mantém constante ou em equilíbrio na ausência de fatores evolutivos, como sugere o Teorema de Hardy-Weiberg. Com este intuito, espera-se, por em evidência aspectos básicos do processo evolucionista no qual este age alterando a frequência de genes em uma população em evolução.

Analisando o Quadro 8, temos que 28% dos estudantes enfatizam que a frequência de genes permanece constante nas espécies, embora ocorra o processo evolutivo. Para o estudante “A15”, por exemplo, os genes são mantidos, em virtude de expressar as características importantes e o estudante “B1”, por sua vez, salienta que a frequência gênica é constante no processo evolutivo, devido há uma repetitividade causada pela adaptação de certos genes.

(%)	POR QUE...
SIM (28%)	“Os genes ligados a características importantes são mantidos”. (A15).
	“Ele faz com que um gene melhor adaptado se repita”. (B1).
NÃO (72%)	“Sem a presença de genes diferentes, como ocorreria evolução? Nada mudaria.” (A2).
	“A evolução tende a mudar essas frequências”. (A20).
	“Alguns genes podem mudar, como no caso da mutação gênica, em que um gene mutante se torna mais “eficaz” em um determinado ambiente”. (A21).
	“Os genes representam as necessidades de sobrevivência de uma espécie, podendo variar conforme a mesma evolui”. (A22).
	“Sempre está se modificando.” (B4).
	“Pode mudar a frequência de acordo com o processo evolutivo.” (C4).
“O processo evolutivo depende da alteração da frequência gênica na população.” (C9).	

QUADRO 8 – O PROCESSO EVOLUTIVO MANTEM CONSTANTE A FREQUÊNCIA GÊNICA?

Por conseguinte a maior parte das concepções (68%) condiz que há uma alteração na frequência dos genes causada pelo processo evolutivo. Por exemplo, o estudante “A2” enfatizou que a evolução é causada justamente por diferentes genes.

Outros mencionam que a tendência do processo evolutivo é modificar estas frequências (A20, B4, C8 e C9) e indo mais além algumas concepções apontam as razões desta alteração gênica, mencionando a mutação gênica (A21) ou as necessidades de sobrevivência (A22).

Ressalta-se que as respostas dos alunos para esta categoria, limitaram-se a poucas palavras. Isto talvez possa ser explicado pela falta de embasamento teórico, o que expressa incerteza em suas respostas por realmente não estarem seguros em suas concepções, visto que na análise geral é comumente mencionado pelos estudantes que ainda não tinham conhecimento ou opinião formada para responder esta questão.

5.5 A BIODIVERSIDADE

Por consequência, esta abordagem para a biologia evolutiva, buscou verificar o que se entende no ensino básico como biodiversidade. O termo comumente, usado para descrever o conjunto de espécies de seres vivos que povoam as inúmeras regiões do planeta, representa um grande elo com o processo da evolução, visto que a seleção natural atua sobre as variações das espécies. Não obstante, os membros das populações naturais variam quanto às suas características em nível morfológico, celular, bioquímico e em nível de DNA, e, ainda, as novas variações são criadas pela recombinação e mutação, acidental e adaptativamente aleatória. (RIDLEY, 2006).

5.5.1 A mutação e a recombinação gênica interferem pouco na origem da biodiversidade.

Esta proposição tem por objetivo avaliar se os alunos relacionam os principais fatores genéticos que dão origem à diversidade das espécies. Tanto mais, espera-se que seja possível colocar em evidência o quanto estes mecanismos são fundamentais e se foram aprendidos corretamente durante o ensino médio.

Além disso, com base em Freire-Maia (1986, p.47) “a mutação é a matéria prima da evolução[...] um fator limitante e, até certo ponto dirigente, da evolução”.

Não obstante, no Quadro 9, podemos observar que 34% dos estudantes concordam que a recombinação e a mutação gênica interferem pouco na origem de novas variações entre as espécies. Entre estes estudantes o “A7” ressalva que estes fatores não são muito comuns, por sua vez o estudante “A9” alega que a ocorrência da recombinação não aparente em um fenótipo diferente, além de afirmar que são poucas as possibilidades de ocorrência. Mais além, o estudante “B10” menciona que as mudanças gênicas são diminutas, enquanto o C8 salienta que estes são casos singulares de difícil ocorrência e requer outros requisitos como a radiação.

De outro lado 66% dos estudantes defenderam a importância desses fatores para origem da diversidade entre as espécies. Como, por exemplo, a concepção do estudante “A15” que destaca a importância das mutações que interferem na biodiversidade atingindo os descendentes. Outros estudantes alegaram que estes são mecanismos importantes por constituir a base da variabilidade biológica (A17, A28 e B14) ou atribuem aos mesmos a existência de novos caracteres (B17) e podem mudar o curso evolutivo de uma espécie (C10).

(%)	POR QUE...
SIM (34%)	<p>“Porque não são muito comuns”. (A7).</p> <p>“Porque muitas vezes dependendo da recombinação gênica que ocorre não se manifesta em fenótipo diferente e a chance de ocorrer mutação ou recombinação não são muito grandes”. (A9).</p> <p>“Porque há uma mudança pequena nos genes.” (B10).</p> <p>“Pois é raro um animal sofrer recombinação genética, ou para sofrer mutação é preciso radiação.” (C8).</p>
NÃO (66%)	<p>“Acredito que mutações interferem muito na biodiversidade porque irá afetar seus descendentes”. (A15).</p> <p>“Interferem muito. Constituem a base da variedade biológica”. (A17).</p> <p>“Interferem, e muito. É através delas que existem tantas espécies diferentes”. (A28).</p> <p>“São os mecanismos que possibilitaram a diversidade.” (B14).</p> <p>“Interferem! E muito, porque é através deles que há novos caracteres.” (B17).</p> <p>“Mutações podem mudar completamente a evolução de uma espécie.” (C10).</p>

QUADRO 9 – MUTAÇÃO E A RECOMBINAÇÃO GÊNICA INTERFEREM POUCO NA ORIGEM DA BIODIVERSIDADE?

5.5.2 A figura “A” é a que melhor representa a origem da biodiversidade.

Esta proposição estabeleceu apresentação de duas figuras ilustrativas (FIGURA1) com a finalidade de extrair das concepções dos estudantes aquela que representasse uma interpretação básica da biodiversidade. Prosseguindo, a questão enfatiza apenas a leitura de uma imagem distorcida sobre a evolução (figura A), a qual a denota como um processo linear, passando por melhorias que levam a diversidade dos seres vivos. Tendo em vista, por outro lado, que se esperava que os estudantes efetuassem um exame das figuras, levando em conta que a evolução darwiniana procedendo de forma múltipla e virtualmente infinita, como sugere a imagem de “árvore ramificada” (figura B), a qual ilustra e diagnostica mais cientificamente a biodiversidade existente.

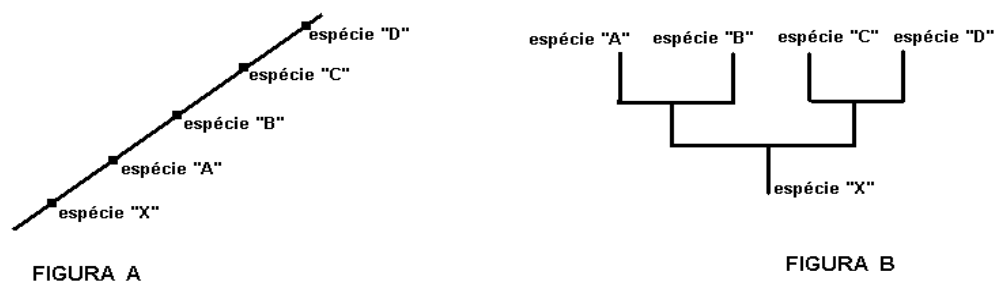


FIGURA 1 – FIGURAS ILUSTRATIVAS (A e B) PARA REPRESENTAR A BIODIVERSIDADE

Conforme análise das concepções, 43% apontou a figura A, como a mais adequada para representar a diversidade das espécies. Observando as justificativas de alguns estudantes, é possível inferir que a opção deles pela figura A, deve-se que esta expressa melhor que a evolução exige o acréscimo de alterações (A6 e A9) ou o surgimento de espécies partindo do ancestral comum (A21).

Para outros, a opção pela figura A, deve-se em virtude da visibilidade e também ao fácil entendimento sobre o conhecimento da origem da biodiversidade (A7, B9 e B18), por sua vez, os estudantes “A12” e “B12”, fazem referência que a figura A é mais abrangente e mais separada, respectivamente. Já os estudantes “B15”, “B17”, “C4” e “C8” explicaram a opção pela figura A, em razão, da outra figura não proceder a certas combinações como as observáveis.

(%)	POR QUE...
SIM (43%)	<p><i>“As espécies mais evoluídas sofreram alterações em cima das antigas”. (A6).</i></p> <p><i>“Parece ser uma evolução visivelmente mais fácil”. (A7).</i></p> <p><i>“Porque segundo a figura A todas as outras teriam as características básicas da 1ª espécie e mais outras características mais complexas”. (A9).</i></p> <p><i>“A segunda figura é muito seletiva enquanto que a primeira é mais ampla”. (A12).</i></p> <p><i>“Pois a outra não é bem clara.” (B9).</i></p> <p><i>“É mais comum, e mais separado.” (B12).</i></p> <p><i>“Cada uma tem uma características diferente, não necessariamente x vai ser uma combinação das outras.” (B15).</i></p> <p><i>“É mais claro.” (B18).</i></p> <p><i>“A origem da biodiversidade não surgiu de acasalamento como em B.” (B17).</i></p> <p><i>“A figura ‘B’ da a entender que houve um cruzamento entre espécies diferentes; o que não é possível.” (C8).</i></p>
NÃO (57%)	<p><i>“A Figura B representa melhor pois as espécies depois da 1ª. divisão podem se dividir novamente em coisas diferentes e em períodos diferentes”. (A13).</i></p> <p><i>“Porque a figura B representa a diferenciação das espécies, já a figura A demonstra uma continuidade”. (A25).</i></p> <p><i>“Não demonstra a variedade genética.” (B14).</i></p> <p><i>“Com a figura B, para mim, fica claro que espécies tem mais semelhanças entre si, com espécie ‘A’ e ‘B’ são mais próximas que ‘C’ geneticamente.” (C2).</i></p> <p><i>“Não é correta representar a evolução como uma linha reta, pois todos os seres vivos vieram de um único ancestral, o qual gerou varias ramificações no esquema da evolução.” (C6).</i></p> <p><i>“A formação de novos indivíduos não é linear, tanto que há possibilidade da espécie ‘X’ existir apesar de parte de sua população ter evoluído para espécie ‘A’.” (C9).</i></p> <p><i>“A B mostra como uma espécie pode diversificar-se em várias outras.” (C10).</i></p>

QUADRO 10 – A FIGURA “A” REPRESENTA MELHOR A ORIGEM DA BIODIVERSIDADE?

A figura B, por sua vez, foi considerada adequada na opinião de 57% dos estudantes. Alguns apontamentos dos estudantes justificaram que esta é mais diversificada (A13, A25, C10). Para o estudante “B14” a outra figura não demonstra a variabilidade genética. Já, na perspectiva do estudante “C2” pode-se notar uma ideia filogenética muito importante para compreender o estudo da diversidade biológica. Além disto, algumas concepções deste quadro chamaram atenção para o fato de a evolução não poderia ser representada com linearidade (C6, C9 e C10).

6 ANÁLISE GRÁFICA DOS RESULTADOS

A partir de uma análise dos dados do questionário, elaboraram-se dois gráficos para que se possa interpretar quantitativamente os seus resultados. Vale lembrar que as questões do instrumento de pesquisa haviam sido formuladas de acordo com concepções equivocadas sobre a biologia evolutiva e, conseqüentemente, quando os estudantes assinalassem a opção “SIM” indicaria que concordavam com a formulação, enquanto a opção “NÃO” indicaria o contrário.

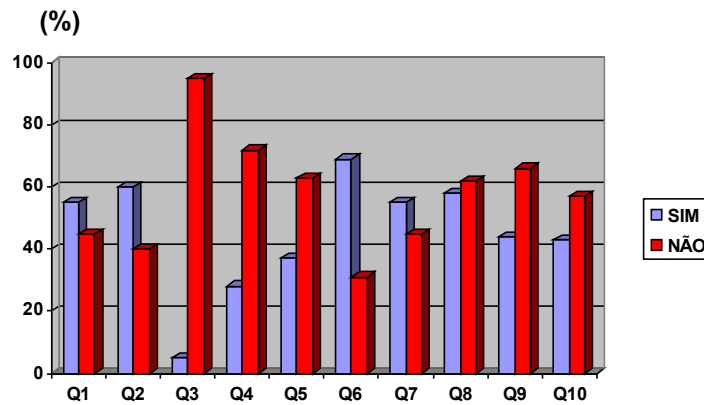
Em síntese no gráfico 1, se retrata nas questões Q1 e Q2 que o prévio conhecimento científico está articulado as concepções alternativas dos estudantes, visto que a maioria concordou com a formulação das proposições e, portanto, não se aproximou tanto dos saberes que tangem o contexto darwiniano. Por outro lado, as questões Q3 e Q4 nos indicam que há uma boa compreensão dos enfoques históricos e científicos, pois os estudantes atingiram os melhores índices de acertos. O que é extremamente relevante porque isso auxilia na “desconstrução” da visão de ciência isolada da realidade, sem contestações e distante do contexto educacional.

Na questão Q5, é interessante notar que a pesquisa indicou que para maioria estes estudantes a evolução não leva à complexidade ou não necessariamente requer estruturas complexas para que uma espécie sobreviva; mas apenas que ela apresente condições reprodutivas e adaptativas para se estabelecer ao ambiente. Quanto a Q6, sobre “função biológica”, os dados indicam o menor índice de acertos e aponta que a maioria dos estudantes tem uma visão geral, utilitarista e relacionada pelo mecanismo lamarckista do uso e desuso.

As respostas para a questão Q7 enfatiza outra generalização, principalmente, pelo fato dos estudantes concordarem que a evolução deve ocorrer de forma gradual e continua. Não obstante, julga-se importante destacar que o conhecimento de outras teorias e de outros casos que englobam a evolução biológica como, por exemplo, o equilíbrio intermitente, são conteúdos que podem ampliar os saberes e conseqüentemente impedir uma visão geral sobre a biologia evolutiva.

Com relação a Q8 e Q9, sobre os conhecimentos evolutivos tratados em termos genéticos; os alunos apresentaram boas porcentagens de acertos, o que enfatiza a importância da correlação destes estudos, com a apropriação historicamente dos saberes da biologia no espaço escolar.

Ainda, amparados pelo Gráfico 1, observou que embora na questão Q1 foi entendida como progresso, a maioria dos estudantes indicou na questão Q10 que ela não ocorre de forma linear.



Questões (Q)

GRÁFICO 1 – QUADRO GERAL DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Em resumo: pode-se observar no gráfico 1, que em 6 das proposições formuladas, (Q3, Q4, Q5, Q8, Q9 e Q10) os alunos conseguiram interpretar a questão como um erro, e, por vezes, apresentar um raciocínio correto para justificá-lo. Considera-se que, a partir da perspectiva do erro, pode ser considerada como uma boa forma de interpretação e compreensão do conhecimento.

Fundamentando-se a seguir no Gráfico 2, pode-se observar uma análise comparativa entre as turmas (A, B e C), evidenciando o desempenho dos acertos por questão. Além disto, também se utilizou o teste de qui-quadrado (χ^2), baseando-se na diferença entre os valores observados e esperados, para determinar a probabilidade de ocorrência. Cujo valor χ^2 calculado, pode ser obtido pela fórmula:

$$\chi^2 = \sum [(frequência\ observada - frequência\ esperada)^2 / frequência\ esperada]$$

Enquanto o valor do χ^2 tabelado foi de α 0,05 e 2 graus de liberdade (5,99). Para tanto as hipóteses a serem testadas foram as seguintes: (H_0) verificar se a proporção das respostas equivocadas (“sim”) independe das turmas (A, B e C), contra a hipótese alternativa que esta afirmação não é verdadeira (H_1).

Contanto, a partir da análise dos resultados do qui-quadrado e probabilidade associada para as questões: Q1 ($\chi^2 = 9,7089$ e $p = 0,007793619$), Q2 ($\chi^2 = 7,75751$ e $p = 0,020676551$), Q5 ($\chi^2 = 14,4236$ e $p = 0,000737828$), Q6 ($\chi^2 = 6,3456$ e $p = 0,041886152$) e Q7 ($\chi^2 = 7,0358$ e $p = 0,029661659$), observou-se que valor do χ^2 calculado ultrapassou o χ^2 tabelado, portanto, conclui-se que há diferença significativa ao nível de 5% e, conseqüentemente, rejeita-se a hipótese nula (H_0).

Por outro a análise estatística das questões: Q3 ($\chi^2 = 1,2118$ e $p = 0,545583182$), Q4 ($\chi^2 = 5,3462$ e $p = 0,069037876$), Q8 ($\chi^2 = 1,929$ e $p = 0,381173746$), Q9 ($\chi^2 = 2,0056$ e $p = 0,366850819$), e Q10 ($\chi^2 = 2,8027$ e $p = 0,2462642883$), evidenciam que o χ^2 calculado não superou o valor do χ^2 tabelado, logo, não há diferença significativa ao nível de 5% para a proporção de respostas equivocadas conforme a turma e, por conseqüência, aceita-se a hipótese nula (H_0).

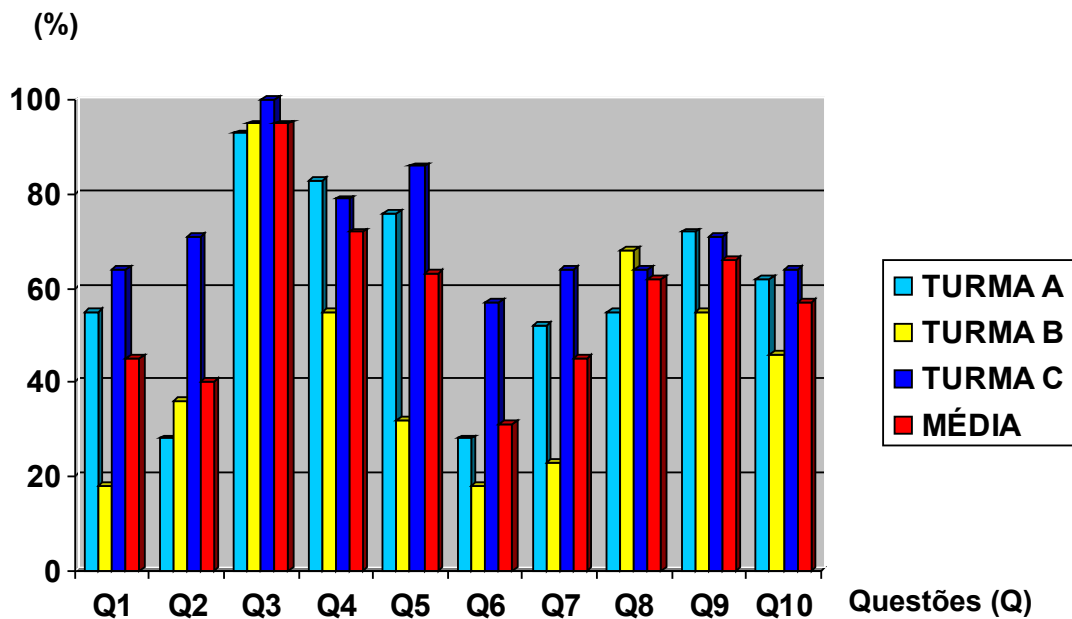


GRÁFICO 2 – ANÁLISE DE ACERTOS DAS QUESTÕES POR TURMA

Finalmente, um dos aspectos que não podemos deixar de considerar neste estudo é a especificidade dos sujeitos da pesquisa no que diz respeito à formação. De fato, a pesquisa indicou que a turma “C” apresentou melhor desempenho em comparação às outras duas e, isto pode ser relacionado ao fato que a turma representa um curso profissionalizante, da área de computação, com o maior índice de concorrência de aluno por vaga da escola pública em questão.

7 A BIOLOGIA EVOLUTIVA E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS: APROXIMAÇÕES POSSÍVEIS PARA O AVANÇO NO ENSINO

A teoria da evolução é certamente a maior teoria unificante da biologia, visto que não existe área sequer dentro da biologia na qual esta teoria não sirva como princípio ordenador. Além do mais, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM - 2000) o ensino de biologia deve ir além de fornecer informações, mas deve estar voltado ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las ou refutá-las se for o caso. Ou seja, o aluno deverá ser capaz de compreender o mundo e agir com autonomia, fazendo uso dos seus saberes adquiridos da biologia.

Em vista do exposto, é imprescindível que o professor de biologia leve em conta os saberes dos estudantes, visto que os obstáculos epistemológicos constituem-se em acomodações ao que já se conhece, ainda mais que para um conhecimento se estabelecer é necessário romper com certos conceitos que podem estar barrando o processo de aprendizagem (Bachelard, 1996). Deste modo, o presente estudo possibilitou, entre outras coisas, analisar alguns saberes dos estudantes; verificar se há presença de abordagens conceituais equivocadas e até mesmo notar a presença de inconsistências epistemológicas, para que se possa refletir e avaliar as possibilidades de avanço no ensino do assunto em questão.

No caso da primeira abordagem, é possível notar que as concepções encontram-se arraigadas, principalmente, a saberes espontâneos, destacando-se, em termos discursivos, que a evolução visa ao progresso biológico, cujo ápice evolutivo é a espécie humana. Na questão um (Q1), é identificável o obstáculo do *conhecimento geral*, visto que os estudantes relatam casos singulares como se fossem válidos aos demais, por exemplo, o aluno ao dizer: “*só sobrevivem os animais mais fortes na seleção natural*” (A9), fica subentendido que é preciso ser um animal forte para ser selecionado, ou ainda, “*quando uma espécie evoluiu significa que ela melhorou*”, o estudante julga que o processo funciona como um melhoramento da espécie. Porém, embora muitas vezes relacionada com progresso, a palavra evolução no sentido biológico não tem esta conotação, visto principalmente que Darwin não se referia às suas teorias, neste sentido, além de que tinha o cuidado, até mesmo, de evitar os termos como “superior” e “inferior”.

Com relação à questão **Q2**, é evidente em algumas concepções a relação a *observação primeira*, em virtude das respostas atribuírem características exclusivas aos humanos, como, por exemplo: “*a capacidade de organização social e fala*” (A23), “*o Homem é o único capaz de usar ferramentas*” (A29), “*ela é apenas muito bem adaptada a seu meio*”, “*possuem polegares opositores*” (C9), entre outras. No entanto, essas características por si só não justificam uma espécie ser “mais evoluída” a outra, uma vez que outras espécies, entre elas, compartilham uma linguagem inerente, podem manusear ferramentas e, além disso, se estão vivas então estão adaptadas. Julgando que estas afirmações constituem obstáculos ao saberes da biologia evolutiva, saliento a importância da ruptura epistemológica, a fim de que se possa desvincular a objetividade do conhecimento pré-científico, como menciona Bachelard,

A nosso ver é preciso aceitar para a epistemologia, o seguinte postulado: o objeto não pode ser designado como um “objetivo” imediato; em outros termos, a marcha para o objeto não é inicialmente objetiva. É preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico (BACHELARD, 1996, P.294).

Com efeito, na questão **Q3**, em grande parte das respostas emergiu a relação entre os princípios genéticos e a evolução biológica. Acerca disso, os estudantes justificaram a importância pelo fato da genética explicar, por exemplo, “*como são formadas cada característica e mudança de um ser*”. (A18), “*como os seres compartilham características*” (B14), ou ainda como elabora o estudante “A29” ao dizer que a genética “*demonstrou a fragilidade do DNA, em que qualquer alteração pode trazer grandes mudanças.*” (A29). Embora na maioria dos currículos a genética seja estudada antes da evolução biológica, está claro para estes estudantes que a ciência da hereditariedade permitiu compreender como as características biológicas são alteradas e repassadas às gerações subseqüentes. Essa relação histórica é importante, pois de fato “a história do conhecimento científico é uma alternativa sempre renovada de empirismo e racionalismo. Essa alternativa é mais que um fato. É necessidade de dinamismo psicológico.” (BACHELARD, 1996, p.302).

Indo mais além, na questão **Q4**, alguns estudantes mencionaram que a teoria darwiniana, “*chegou a mudar o pensamento da igreja... que começou a aceitá-la.*” (A15), o que se aproxima ao *obstáculo unitário*, no sentido que apenas uma teoria seria capaz de revolucionar este pensamento tão cristalizado.

Outra concepção menciona que Darwin “... *sempre apresentava provas concretas daquilo que ele falava e acreditava.*” (C13), e também se aproxima do *unitarismo*, visto que para a visão deste estudante o naturalista não havia sido contestado, o que sabemos que não é verdade. Pois, embora tenha passado anos juntando provas e argumentos para sustentar suas teorias, Darwin foi contestado por não conseguir explicar satisfatoriamente a herança por misturas. Nesse sentido, é importante que os alunos saibam que a ciência está em constante modificação, gerando inclusive muitos debates e controvérsias, para que eles tenham o conhecimento básico destas mudanças e de outras até mesmo para acompanhar novas mudanças no campo da biologia evolutiva.

Em relação a **Q5**, 23% dos estudantes evidenciaram o *conhecimento pragmático*, no sentido, que a evolução é vantajosa quando tende a complexidade, conforme citam as seguintes concepções, “*Os seres humanos são muito mais complexos e são muito mais evoluídos que outros seres.*” (A12), ou ainda, “*quanto mais evoluídos os seres mais complexos eles se tornarão.*” (A13). O pragmatismo também aparece na concepção do estudante “A28”, quando descreve que a “*evolução remete a melhorias, maior capacidade. Para isso, são precisas mais funções, o que aumenta a complexidade*”; evidenciando que a complexidade da evolução é entendida com a necessidade de novas funções, suprimindo os casos isolados que seres vivos, com estruturas simples, podem estar bem adaptados e evoluírem de acordo com o meio. No outro lado da análise, 63% dos alunos defenderam que a evolução não deve ser vista como direcionada a complexidade, no entanto, também é perceptível em algumas respostas, atribuir ao processo evolutivo, uma tendência de utilidade, aproximando-se novamente do *obstáculo pragmático*, por exemplo, quando os estudantes salientam que: “*a evolução tende à adaptação das espécies ao ambiente que vivem...*”(A2), “*...a evolução ocorre para que haja a sobrevivência de uma espécie.*” (A8), nos indicando que a evolução é tendenciosa a adaptação do ser vivo e não, ao contrário, como de fato o é.

Na questão **Q6** é preocupante a aproximação das concepções ao *obstáculo unitário e pragmático*. A maioria dos estudantes defendeu que todo componente deve apresentar uma função e utilidade ao seu componente maior. Analisando algumas das concepções, observa-se a generalização, por exemplo, quando mencionam que “*todo órgão tem sua função no funcionamento do corpo...*” (A5).

Ou ainda, quando alegam que *“tudo o que tem nos seres vivos tem uma função se existe é porque serve para alguma coisa”* (A13) e quando sugerem que *“cada órgão tem a sua importância, entretanto quando ele a perde a evolução tende a excluí - lá.”* (B11). Isto se torna relevante visto que a generalização contribui para que os alunos esqueçam que alguns órgãos vestigiais persistem em várias espécies; o que podemos inferir que o *conhecimento geral* associado ao *pragmatismo* inviabiliza que os a maioria dos estudantes façam relações. Cabe ressaltar que em biologia não é coerente observar, interpretar e generalizar um fato, mas é preciso, sobretudo torná-lo aprendido de forma que se possa relacionar e prever a partir da compreensão de outros casos isolados.

Com relação à questão **Q7** pode-se inferir que houve também grande aproximação ao obstáculo do *conhecimento geral*, visto que os estudantes generalizaram o processo como lento e gradual. Sabemos que as características do processo são específicas para cada caso, mas, entretanto a maioria destes alunos afirmou que a evolução biológica prossegue gradativamente e constante, em todas as espécies. Por exemplo, quando se menciona que *“as espécies estão num processo contínuo de mudanças que ocorrem de forma gradual...”*. (A17); *“vai se transformando de pouco em pouco e não para (sic).”* (B10); *“estamos evoluindo gradativamente para melhor nos adaptar.”* (B13); e também que o meio impõe uma evolução constante, *“O meio onde vivemos está sempre em contínua mudança, e para se adaptarem a ele, as espécies são obrigadas a evoluir sempre.”* (C6); De forma que o processo evolutivo é balizado por um ritmo constante e a noção do tempo torna-se relativa, esquecendo-se do intervalo de anos ou milhões de anos, para que se possa realmente afirmar que uma espécie está evoluindo, ou não.

Com efeito, na questão **Q8**, a maioria dos estudantes demonstrou um aspecto básico do processo evolutivo, no que se refere à alteração do conjunto gênico. Nas concepções, os genes aparecem como unidade de seleção, como, por exemplo, quando os alunos afirmam que *“sem a presença de genes diferentes, como ocorreria evolução? Nada mudaria.”* (A2); *“os genes representam as necessidades de sobrevivência de uma espécie, podendo variar conforme a mesma evolui”*. (A22), estas concepções se assemelham muito ao pensamento de Dawkins (2007) por mencionarem, em linhas gerais que, o gene é o alvo da seleção natural é quem comanda e procura perpetuar a espécie.

Considerando a análise da questão **Q9** também prevaleceu nas concepções uma aproximação ao obstáculo do *conhecimento geral*. Em sua maioria as questões que apontaram pouca influência da mutação e a recombinação gênica para biodiversidade, generalizavam que ambos os fatores não ocorrem com tanta frequência, por exemplo, ao dizerem que “... *há uma mudança pequena nos genes.*” (B10); “... *não são muito comuns.*” (A7), ou ainda no que se refere à generalização, que “*é raro um animal sofrer recombinação genética, ou para sofrer mutação é preciso radiação.*” (C8), esquecem que a recombinação gênica ocorre durante a divisão celular (crossing-over), além de que a mutação, em alguns casos, pode causar grandes mudanças e, não necessariamente, necessita de radiação.

Em suma, na questão **Q10**, os estudantes que destacaram haver certa linearidade na evolução, também foram complacentes com o *obstáculo verbal*. No tocante, a questão empregava uma imagem, em analogia esquemática ao processo evolutivo, muitos estudantes justificaram a opção pela facilidade de entendimento da imagem. Quando dizem, por exemplo, que: “*Parece ser uma evolução visivelmente mais fácil*” (A7); “*A segunda figura é muito seletiva enquanto que a primeira é mais ampla*” (A12); “*Pois a outra não é bem clara.*” (B9); “*É mais comum, e mais separado*” (B12); “*É mais claro.*” (B18), as explicações referem-se basicamente a imagem e não apresentam um conhecimento elaborado e coerente para a evolução.

Para tanto, é importante ao professor do ensino básico, atenção ao desenvolvimento nas atividades de ensino e levar em consideração as informações que os estudantes possuem. De maneira que estas não se coloquem como obstáculos ao processo de ensino aprendizagem, mas que ofereçam subsídios para avançar na apropriação do conhecimento científico historicamente aceito. Além disso, ressalta-se também a importância de que

A ciência não compreende apenas a resolução de problemas técnicos, elaboração de experimentos e formulação de cálculos que representem os resultados das práticas laboratoriais. Na base de qualquer atividade científica existem valores e afiliações teóricas que norteiam a produção científica. Discutir pressupostos que amparam o conhecimento científico, ou seja, a epistemologia da ciência, pode contribuir para a compreensão dos estudantes sobre os conceitos e ideias que se fazem presentes no cotidiano de um trabalho de pesquisa. (MEGLHIORATTI *et al* 2007)

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os saberes da Biologia Evolutiva são importantes para que possamos compreender como os estudos explicam a diversidade de organismos, similaridades e diferenças entre os tipos de organismos, padrões de distribuição, comportamento, adaptação e interação das espécies. Além disso, nos permite afirmar que a evolução aconteceu e continua acontecendo e, para tanto, nenhuma outra frase foi tão fundamental para Biologia quanto a de Dobzhansky *“Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”* (1973).

Contanto, o ensino de biologia deve merecer destaque e isso nos faz repensar na mediação e apropriação do conhecimento científico no espaço escolar. No que toca a este trabalho, a pesquisa apontou parâmetros importantes aos docentes: primeiro no sentido de permitir compreender algumas dificuldades dos estudantes que devem ser superadas na cotidianidade da escola e segundo, conforme Bachelard (1996) de colocar “a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico”. Entre os obstáculos, contatou-se o *obstáculo quantitativo*, nas entrelinhas das concepções, em virtude de alguns estudantes assinalarem as respostas a fim de atingir uma boa margem de acertos, mas denotarem incoerência e contradição ao teorizá-las e, além disso, não emergiu o *obstáculo substancialista*. Ademais poderíamos apontar um novo obstáculo, isto é, o *obstáculo antropocêntrico*, no contexto, que a imagem do homem acaba aparecendo como a mais evoluída, a mais complexa e no ápice do processo evolutivo. Conseqüentemente acaba dificultando dos estudantes assimilarem fenômenos e casos isolados de algumas espécies, em uma dimensão particularmente importante como o estudo requer.

Por restante, vale ressaltar que ao final do estudo vemos com clareza que tantas outras proposições poderiam ser apontadas, assim como, poderiam ser aprofundadas para que os educadores compreendessem melhor o significado destes enunciados ao funcionamento do processo de ensino. Acerca dessa perspectiva a pesquisa contribuiu para continuidade dos estudos, visto que a linguagem analisada pode ser múltipla e que os sentidos produzidos aqui não são únicos e completos e que, portanto, outros sentidos podem ser atribuídos a essas concepções e interpretações discursivas.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J. Relevância e Aplicabilidade da pesquisa em educação, **Cadernos de Pesquisa**. n.11, 39-50, jul. 2001.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. 3 ed.. Lisboa: Edições 70, 2004.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro. Contraponto. 1996.

_____. **Epistemologia**. Lisboa. Edições 70. 1977.

BIZZO, Nélio & EL-HANI, Charbel Niño. **O Arranjo Curricular do Ensino de Evolução e as Relações Entre os Trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel**. *Filosofia e História da Biologia*, v4,p.235-257,2009.

BIZZO Nélio. **Ensino de evolução e História do Darwinismo**. Tese de Doutorado em educação. Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 1991.

BRASIL. MEC. Parecer CNE/CES 1.301, de 04 de dezembro de 2001. Dispõe sobre as **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Ciências Biológicas**. Diário Oficial da República federativa do Brasil. Brasília. DF, 07 DEZ. 2001 SEÇÃO 1, p25. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>> Acesso em 31 jul. de 2009.

CARMO, Viviane A. & BIZZO, Nélio. **Alfred Russel Wallace e o princípio de seleção natural**. *Filosofia e História da Biologia*, v4,p.209-233,2009.

CARNEIRO, A. P. M.A. **A Evolução Biológica aos olhos dos professores não licenciados**. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Centro de Ciências e Físicas e Matemáticas. UFSC, 2004.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à Filosofia**. 10 ed. São Paulo: Ática, 1998.

DAWKINS, Richard. **O Gene Egoísta**. 3 Reimpressão. São Paulo: Companhia das Letras. 2007.

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

DI MARE, Rocco A. **A concepção da teoria evolutiva desde os gregos: Idéias, controvérsias e filosofias**. Porto Alegre: Edipucrs, 2002.

FREIRE-MAIA. Newton. **Criação e Evolução: Deus, o Acaso e a Necessidade**. Petrópolis: Vozes, 1986.

FREIRE-MAIA. Newton. **Teoria da Evolução: De Darwin à Teoria Sintética**. São Paulo: EDUSP, 1988.

FUTUYMA D. J. **Evolução, Ciência e Sociedade: 48º Congresso Nacional de Genética**. Ed. Exclusiva. São Paulo: SBG, 2002.

_____ **Biologia Evolutiva**. 2ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/ CNPq, 1992.

GOEDERT, Liliane. A formação do Professor da UFSC e o ensino de Evolução biológica, 2004. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Florianópolis: UFSC, 2004

EL-HANI et al . Concepções Epistemológicas de Estudantes de Biologia e sua Transformação por uma Proposta Explícita de Ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências Porto Alegre_RS*, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

LAVILLE Christian & DIONNE Jean. **A Construção do Saber**. Porto Alegre: Artmed; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

LE PAGE, Michel. **Evolution: 24 myths and misconceptions**. *New Scientist* , 18 de Abril de 2008, disponível em : < <http://www.newscientist.com/article/dn13620-evolution-24-myths-and-misconceptions.html>> acesso em 15 de março de 2010.

LOPES, Alice. R.C. **Bachelard: O Filósofo da Desilusão**. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, v13, n3: p248-273, dez.1996.

MAGALHÃES, João Carlos Marques. **Fundamentos Lógicos da Teoria Sintética da Evolução**. Tese de Doutorado em Genética. Curso de Pos Graduação em Genética da UFPR. UFPR: Curitiba, 2000

MARÍAS, Julián. **História da Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

MEGHLIORATTI. Fernanda A. **História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica das ciências pelos professores de biologia**. Dissertação de Mestrado no Ensino de Ciências. Universidade estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” UNESP, Bauru: SP, 2004.

MEGLHIORATTI, F. A. et al. **A formação de pesquisadores em epistemologia da biologia**. In: MORTIMER, E. F. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2007, Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

MOODY, Paul Amos, **Introdução à Evolução**. Brasília: UNB, 1975.

PCNEM -**Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**, Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Cultura: Brasil. 2000.

RIDLEY, Mark. **Evolução**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO PRÉVIO:
(USADO PARA ELABORAR O INSTRUMENTO DE PESQUISA)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Curso de Ciências Biológicas
Departamento de Genética / Teoria e Prática de Ensino

Leia o texto abaixo e com base em seus conhecimentos responda as perguntas:

Há 150 anos era publicado um livro que mudaria radicalmente nossa concepção de natureza. A *Origem das Espécies*, do naturalista inglês Charles Darwin, propunha uma teoria avassaladora: a de que existia um parentesco evolutivo entre todos os seres vivos. Dessa forma, Darwin rompia com o dogmatismo religioso e atribuía um novo significado para o ser humano: produto de um processo responsável por toda a diversidade biológica existente.

Mais de um século e meio depois, a obra de Darwin se mantém atual e poderosa e sobreviveu a todos os testes a que foi submetida desde a sua origem. E com a incorporação dos conhecimentos advindos da genética, ela atingiu sua maioridade e mostrou-se capaz de contestar outras teorias científicas e não-científicas.

(Adaptado Revista Ciência Hoje, Julho de 2009)

01. Para você o que é Evolução Biológica?

02. Como você explica a Diversidade Biológica? E a origem dela?

03. Qual (is) fator (es) evolutivo(s) você atribui para ocorrência da Evolução?

04. Qual das figuras abaixo representa a sua concepção de Evolução Biológica? Justifique.

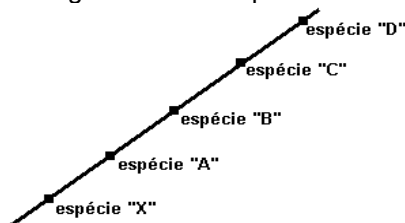


FIGURA A

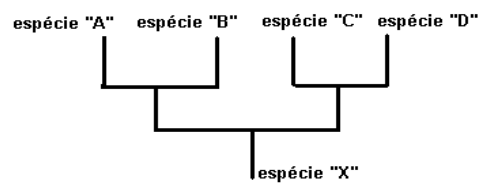


FIGURA B

05. Escreva sobre a importância da relação, entre: Genética, Evolução e Ecologia?

ANEXO B – INSTRUMENTO DE PESQUISA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
 Curso de Ciências Biológicas
 Departamento de Genética / Teoria e Prática de Ensino

QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

- Leia atentamente aos enunciados abaixo.
- Conforme a formulação, interprete se a procedência é correta, assinalando “sim” ou “não”.
- Justifique a sua interpretação.

1. A evolução deve ser entendida como uma “escalada em direção ao progresso”.

() Sim () Não

Porque: _____

2. Entre todas as espécies, a espécie humana (*Homo sapiens*) é a biologicamente mais evoluída.

() Sim () Não

Porque: _____

3. O conhecimento da genética enfraqueceu a Teoria da Evolução.

() Sim () Não

Porque: _____

4. Darwin - desde a publicação da sua Teoria da Seleção Natural - foi uma autoridade incontestável pela ciência.

() Sim () Não

Porque: _____

5. A evolução tende necessariamente ao aumento da complexidade das espécies.

() Sim () Não

Porque: _____

6. Todo órgão ou parte do organismo tem uma função biológica.

() Sim () Não

Porque: _____

7. A evolução ocorre de forma gradual e continua.

() Sim () Não

Porque: _____

8. O processo evolutivo mantém constante a frequência de genes na população.

() Sim () Não

Porque: _____

9. A mutação e a recombinação gênica interferem pouco na origem da biodiversidade.

() Sim () Não

Porque: _____

10. Analisando os esquemas abaixo, a figura "A" é a que melhor representa a origem da biodiversidade.

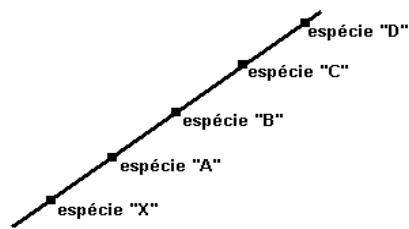


FIGURA A

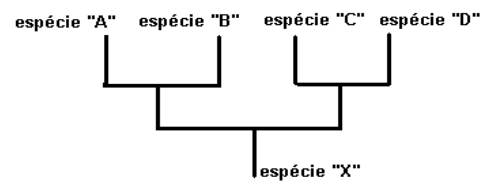


FIGURA B

() Sim () Não

Porque: _____

Curitiba, Maio de 2010.

Declaro estar ciente da participação e dos objetivos desta pesquisa monográfica, assim como do absoluto sigilo em relação à divulgação de meu nome, do docente e da instituição onde estudo, no contexto da análise e interpretação das respostas contidas no questionário.

(nome)

(assinatura)