

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA**

ALEXANDRE SCHEIFELE

**A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE
BIOLOGIA A PARTIR DE UM ENFOQUE
EVOLUCIONISTA: UM ESTUDO NA PRÁTICA
DE ENSINO**

**MARINGÁ – PR
2020**

ALEXANDRE SCHEIFELE

**A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE BIOLOGIA
A PARTIR DE UM ENFOQUE EVOLUCIONISTA: UM
ESTUDO NA PRÁTICA DE ENSINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Maria Júlia Corazza

Coorientadora: Profa. Dra. Lourdes Aparecida Della Justina

**MARINGÁ – PR
2020**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

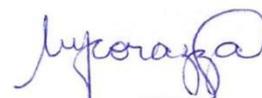
S319f	<p>Scheifele, Alexandre</p> <p>A formação inicial de professores de biologia a partir de um enfoque evolucionista : um estudo na prática de ensino / Alexandre Scheifele. -- Maringá, PR, 2020. xiv, 230 f.: il., figs., tabs.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Maria Júlia Corazza. Coorientadora: Profa. Dra. Lourdes Aparecida Della Justina. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, 2020.</p> <p>1. Epistemologia da biologia. 2. Evolução Biológica. 3. Biologia - Estudo e ensino. 4. Análise Textual Discursiva (ATD). I. Corazza, Maria Júlia, orient. II. Justina, Lourdes Aparecida Della, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas. Departamento de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. IV. Título.</p>
	CDD 23.ed. 570.7

ALEXANDRE SCHEIFELE

**A formação inicial de professores de Biologia a partir de
um enfoque Evolucionista: *um estudo na Prática de Ensino***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em *Ensino de Ciências e Matemática*.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Júlia Corazza
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Profa. Dra. Fernanda Aparecida Meghioratti
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE



Profa. Dra. Daniela Frigo Ferraz
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE



Prof. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR



Prof. Dr. André Luis de Oliveira
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 30 de Setembro de 2020.

Dedico este trabalho aos pesquisadores em educação em ciências, aos professores e professoras de ciências e biologia e à ciência brasileira, que, mesmo diante desse momento que vivemos de desvalorização e desmonte da ciência e da educação, resistem, lutando, a duras penas!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, à minha família, aos meus pais, Eni e Aldo, e às minhas irmãs, Alexandra e Alexia, meu esteio e refúgio.

Agradeço à minha esposa, Vanessa, pelo amor incondicional, pela companhia e amizade em todos os momentos; também, ao meu maior tesouro, minha filha, Alice, as quais me dão forças imensuráveis para continuar minha caminhada.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Maria Júlia Corazza, por me guiar nesta jornada da pesquisa científica, compreendendo e respeitando minhas dificuldades e limites, me incentivando e impulsionando a fazer sempre o melhor. Mesmo diante das dificuldades, perseveramos e atingimos o objetivo, que era a conquista do meu título. Sua força e vitalidade são exemplares!

Agradeço à minha coorientadora e colega, Profa. Dra. Lourdes Aparecida Della Justina, que foi uma das grandes responsáveis por esse empreendimento em busca do doutoramento, desde os primeiros momentos, sobre qual curso escolher, até a chegada do trabalho final, me acompanhando e incentivando em todos os momentos, sempre com uma palavra de esperança. Sua garra me inspira!

Agradeço aos meus ex-alunos, que aceitaram participar deste trabalho como “cobaias”, como eu os chamava. Muito obrigado por caminharem comigo nesta jornada.

Agradeço à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, de Cascavel-PR, por ceder os alunos e o espaço para que realizasse esta pesquisa. E agradeço à Universidade Estadual de Maringá – UEM, de Maringá-PR, por me acolher como doutorando e me proporcionar uma formação sólida e rica. Respeito e valorizo o papel da Universidade Pública brasileira.

Agradeço aos colegas de doutoramento, turma de 2016-2020 da UEM; aos colegas professores da UNIOESTE, especialmente, Celso, Fernanda, Juliana, Irene, Helaine e Shirley. Agradeço à colega de trabalho, Leide, por facilitar nossa vida a cada dia.

Agradeço às minhas ex-orientadoras e colegas, Daniela Frigo Ferraz, que me apresentou, na graduação, ao mundo da pesquisa científica e proporcionou que me interessasse por ela a ponto de querê-la como profissão; e à Dulce Maria Strieder, que me orientou no mestrado e

me mostrou que podemos fazer pesquisa científica, mesmo diante de grandes barreiras e limitações. Aprendi muito com vocês duas!

Agradeço a todos e todas que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma com esta pesquisa.

“A ignorância gera mais frequentemente confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela Ciência”.

Charles Darwin (1809-1882)

RESUMO: A evolução biológica é considerada pela maioria da comunidade científica o paradigma atual da biologia, sendo descrita por pesquisadores e historiadores da ciência como eixo central e articulador das ciências biológicas. A partir do conhecimento evolutivo, estabelecido em meados do século XIX, principalmente, por Charles Darwin (1809-1882), e consolidado em meados do século XX com os arquitetos da Síntese Moderna, a biologia, como ciência, ganhou autonomia e se emancipou das outras ciências da natureza, como a física e a química. Desde então, as preocupações com a compreensão dos mecanismos e processos evolutivos, que ocasionam a produção da vasta biodiversidade presente em nosso planeta, passou a constituir ponto fulcral das pesquisas em história, epistemologia e ensino de evolução. Essas pesquisas apontam para a identificação de inúmeros problemas relacionados ao ensino e aprendizagem de conhecimentos evolutivos, que abrangem desde a não-aceitação por parte da população em geral do pensamento evolutivo, culminando na falta de preparo dos professores devido a formações ineficazes e à falta de domínio conceitual, dentre outros relatados na literatura. Diante desse quadro, propusemo-nos a investigar os desafios e possibilidades do uso da evolução biológica como enfoque dos conteúdos no ensino de biologia para o Ensino Médio, por meio da elaboração, aplicação e avaliação de sequências didáticas, produzidas em um grupo focal com treze professores em formação inicial. Para que isso fosse possível, empreendemos uma investigação qualitativa com instrumentos de constituição de dados variados, como questionário, videogravação de encontros do Grupo Focal, planejamento e reflexão sobre sequências didáticas e entrevistas. Os dados constituídos com esses instrumentos geraram o *corpus* do trabalho, sendo a técnica escolhida para analisar esses dados a Análise Textual Discursiva (ATD), baseada no ciclo da “tempestade de luz”. Esse movimento de análise permitiu a investigação dos conjuntos de dados em busca das unidades de sentido, que foram trianguladas na construção das categorias em três níveis: inicial, intermediária e final. Partindo dessas categorias e sua discussão, construímos três metatextos intitulados: *Significados da evolução biológica e seu ensino*; *Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo*; e *Possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo respectivamente*. Esses metatextos buscavam responder às questões-problema iniciais: *Como os professores em formação inicial elaboraram significados sobre a evolução biológica e seu ensino? Como os professores em formação inicial construíram o conhecimento sobre evolução durante o planejamento e a prática pedagógica? e É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?* No primeiro metatexto, identificamos que os professores em formação inicial consideravam a evolução importante para a biologia por atuar como eixo integrador e articulador dos conhecimentos biológicos. Também, conceituaram a evolução como as mudanças que ocorrem nas espécies ao longo do tempo, principalmente, por seleção natural e mutações ao acaso; por fim, que o ensino de evolução hoje apresenta inúmeros problemas relacionados aos alunos, aos professores e à formação inicial deles. No segundo metatexto, eles avaliaram a sua formação inicial insuficiente, com as dificuldades advindas, principalmente, do currículo, dos acadêmicos e dos docentes do curso. Para tanto, pretenderam contribuir com a melhoria do ensino, desenvolvendo um enfoque evolutivo, a fim de diversificar as metodologias, além de estimular a participação dos alunos. Suas dificuldades para a realização disso foram o planejamento, a articulação dos conhecimentos com a evolução e despertar o interesse dos alunos. No terceiro e último metatexto, identificamos que o enfoque evolutivo ampliou a compreensão e despertou o interesse dos alunos, porém, a prática nesse enfoque requer do professor o estudo e planejamento criterioso. Assim, torna-se possível ensinar os conteúdos biológicos em um enfoque evolutivo, para facilitar a aprendizagem e despertar o interesse dos alunos.

Palavras-Chave: Epistemologia da Biologia; Epistemologia da Evolução Biológica; Ensino de Biologia; ATD.

ABSTRACT: Biological evolution is considered by the majority of the scientific community to be the current paradigm of biology, being described by researchers and historians of science as the central axis and articulator of biological sciences. Based on evolutionary knowledge, established in the mid-19th century, mainly by Charles Darwin (1809-1882), and consolidated in the mid-20th century with the architects of Modern Synthesis, biology, as a science, gained autonomy and emancipated itself from the other natural sciences, such as physics and chemistry. Since then, concerns with the understanding of evolutionary mechanisms and processes, which cause the production of the vast biodiversity present on our planet, have become a focal point of research in history, epistemology and teaching of evolution. These surveys point to the identification of numerous problems related to the teaching and learning of evolutionary knowledge, which range from the non-acceptance of evolutionary thinking by the general population, culminating in the lack of preparation of teachers due to ineffective training and lack of knowledge. conceptual domain, among others reported in the literature. In view of this situation, we set out to investigate the challenges and possibilities of using biological evolution as a focus of content in the teaching of biology for high school, through the elaboration, application and evaluation of didactic sequences, produced in a focus group with thirteen teachers in initial training. In order to make this possible, we undertook a qualitative investigation with instruments for constituting varied data, such as a questionnaire, video recording of Focal Group meetings, planning and reflection on didactic sequences and interviews. The data constituted with these instruments generated the corpus of the work, and the technique chosen to analyze these data was the Textual Discursive Analysis (ATD), based on the “light storm” cycle. This analysis movement allowed the investigation of data sets in search of units of meaning, which were triangulated in the construction of categories at three levels: initial, intermediate and final. Starting from these categories and their discussion, we built three metatexts entitled: *Meanings of biological evolution and its teaching*; *Constitution of forms of thought on the teaching of biology in the evolutionary approach*; and *Possibilities of teaching biology in the evolutionary approach respectively*. These metatexts sought to answer the initial problem questions: *How did teachers in initial training elaborate meanings about biological evolution and its teaching?* *How did teachers in initial training build knowledge about evolution during planning and teaching practice?* and *Is it possible to teach biology in an evolutionary approach?* In the first metatext, we identified that teachers in initial training considered the evolution important for biology because it acts as an integrating axis and articulator of biological knowledge. Also, they conceptualized evolution as the changes that occur in species over time, mainly due to natural selection and random mutations; finally, that the teaching of evolution today presents numerous problems related to students, teachers and their initial training. In the second metatext, they assessed their initial training as insufficient, with the difficulties arising mainly from the curriculum, academics and teachers of the course. To this end, they intended to contribute to the improvement of teaching, developing an evolutionary approach, in order to diversify methodologies, in addition to stimulating student participation. His difficulties in achieving this were planning, the articulation of knowledge with evolution and arousing the interest of students. In the third and last metatext, we identified that the evolutionary approach broadened the understanding and aroused the students' interest, however, the practice in this approach requires the teacher to study and carefully plan. Thus, it becomes possible to teach biological content in an evolutionary approach, to facilitate learning and arouse the interest of students.

Keywords: Epistemology of Biology; Evolution Teaching; Biology teaching; Evolutionary approach; Initial Teacher Training.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Rede de relações das áreas unidas pela teoria sintética	73
Figura 2 – Esquema de representação das ideias evolutivas de Darwin aos dias atuais	83
Figura 3 – Imagem da evolução humana para análise da questão 2 do questionário inicial	128
Figura 4 – “Tempestade de luz” – mapa conceitual da ATD	139
Figura 5 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do primeiro metatexto	143
Figura 6 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do segundo metatexto	144
Figura 7 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do terceiro metatexto	145
Figura 8 – Esquema do primeiro emergente	149
Figura 9 – Esquema do segundo emergente	171
Figura 10 – Esquema do terceiro emergente	204

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre as premissas básicas da Teoria Sintética e a Síntese Estendida da Evolução	78
Quadro 2 – Questões do questionário inicial (QI) e seus objetivos	126
Quadro 3 – Questões das entrevistas finais (EF) e seus objetivos	134
Quadro 4 – Esquema das atividades de pesquisa realizadas para coleta de dados	136
Quadro 5 – Categorias elaboradas a partir das questões 7 e 8 do QI	151
Quadro 6 – Categorias elaboradas a partir da questão 3 do QI	153
Quadro 7 – Categorias elaboradas a partir das questões 9 e 10 do QI	155
Quadro 8 – Categorias elaboradas a partir da questão 6 do QI	172
Quadro 9 – Categorias elaboradas a partir da questão 11 do QI e das SD	174
Quadro 10 – Categorias elaboradas a partir das SD	176
Quadro 11 – Sequência Didática de A1	186
Quadro 12 – Sequência Didática de A10	187
Quadro 13 – Sequência Didática de A2	194
Quadro 14 – Sequência Didática de A5	197
Quadro 15 – Categorias elaboradas a partir das EF	205
Quadro 16 – Categorias elaboradas a partir das SD	206
Quadro 17 – Categorias elaboradas a partir da questão 13 do QI e das EF	208

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 – História e epistemologia da ciência biologia e do pensamento evolucionista	21
1.1. História e epistemologia da ciência biologia	21
1.1.1. Primórdios do pensamento biológico	22
1.1.2. O pensamento biológico na Renascença	27
1.1.3. O conhecimento biológico dos séculos XVIII a XX	33
1.2. História e epistemologia do pensamento evolucionista	41
1.2.1. Origens do pensamento evolucionista	43
1.2.2. A evolução antes de Darwin	44
1.2.3. Evolução Darwiniana	50
1.2.4. Evolução pós-Darwin: neodarwinismo e Teoria Sintética	64
1.2.5. Evolução pós-teoria sintética: a síntese estendida	74
CAPÍTULO 2 – A disciplina escolar biologia, o curso de Ciências Biológicas e a formação de professores	85
2.1. Breve histórico e caracterização da disciplina escolar biologia	85
2.2. Dificuldades e dilemas no ensino de evolução biológica do Ensino Médio	101
2.3. A formação inicial de professores de biologia no curso de Ciências Biológicas: breve histórico e caracterização	109
2.3.1. A formação inicial de professores crítico-reflexivos e os estágios curriculares	113
CAPÍTULO 3 – Percurso metodológico da pesquisa	122
3.1. Caracterização da pesquisa	122
3.2. Preparação da pesquisa	124
3.3. Implementação da pesquisa	129
3.4. Organização e análise dos dados	138
CAPÍTULO 4 – As concepções dos professores em formação inicial acerca da evolução biológica, ensino e prática pedagógica no enfoque evolucionista	147
4.1. Tempestade de luz sobre os significados de evolução e seu ensino	147
4.2. Primeiro Metatexto – Significados de evolução biológica e seu ensino	157
4.3. Tempestade de luz sobre a constituição de formas de pensamento	169
4.4. Segundo Metatexto – Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo	178
4.5. Tempestade de luz sobre as possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo	203
4.6. Terceiro Metatexto – Possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo	210
III. CONSIDERAÇÕES FINAIS	216
IV. REFERÊNCIAS	220

I. INTRODUÇÃO

A evolução é considerada por quase unanimidade dos cientistas o conceito mais importante da biologia, sendo que historiadores e epistemólogos dessa ciência defendem o pensamento evolutivo como o eixo¹ central e unificador das Ciências Biológicas. Essa importância concedida pela ciência à evolução, no entanto, não teve ao longo da história a mesma importância que atribuímos a ela contemporaneamente.

A evolução, como campo próprio do pensamento humano, surge em meados do século XVIII, quando as ideias de alguns naturalistas começam a romper com o pensamento fixista presente na comunidade científica e na sociedade em geral. O maior expoente do pensamento fixista foi o criacionismo, dogma central das religiões cristãs, que ainda influencia as formas de pensamentos de muitas pessoas ao serem questionadas sobre a origem e disseminação das espécies no planeta.

Logo, para se estabelecer como uma forma de explicação racional sobre a origem e perpetuação das espécies, o pensamento evolutivo enfrentou diversas barreiras até que, em 1859, recebeu um apoio substancial de um naturalista reconhecido e influente socialmente, que foi Charles Darwin (1809-1882). Até a publicação de seu livro *On The Origin of Species by Means of Natural Selection*, que, de forma abreviada, é conhecido como *A Origem das Espécies*, as teorias que lhe antecederam não dispuseram de prestígio social e notoriedade científica, bem como de uma conjuntura social que lhes permitisse a disseminação e o fortalecimento do pensamento de que as espécies não eram fixas, mas que se transformavam, assim como teve a teoria de Darwin (MAYR, 1998; 2009).

Assim, com base na mudança de pensamento sobre as espécies, iniciada pelos darwinistas, temos o enfraquecimento das correntes de pensamento fixistas, como o criacionismo e o essencialismo platônico, além do fortalecimento das correntes de pensamento científicas, como o transformismo. Todavia, foram necessários quase 80 anos para que as teorias evolutivas, chamadas de neodarwinistas, fossem amplamente aceitas pela comunidade científica, modificadas ou reformuladas à luz de novas informações e conhecimentos

¹ Diante da diversidade de nomenclaturas utilizadas neste trabalho, a saber: eixo central, articulador, integrador, unificador, emancipador, organizador, estruturador ou estruturante, orientador, norteador, direcionador, abordagem evolutiva, enfoque evolucionista e evolutivo, cabe-nos elucidar que tratamos todos como sinônimos e adotamos o ‘enfoque evolutivo’ como o principal, para denominar a forma ou modo com que o conhecimento biológico foi organizado historicamente dentro da ciência biologia; ademais, como pode ser apresentado na disciplina escolar biologia, de forma a propiciar uma aprendizagem mais holística/sistêmica, contextualizada e crítica dos conhecimentos biológicos.

acumulados durante o século XIX e início do século XX (SMOCOVITIS, 1992; PROVINE, 1998; MAYR, 1998; 2009).

O sucesso e consolidação das teorias evolutivas ocasionaram outra conquista não menos importante, que foi a unificação e emancipação das ciências biológicas. A partir do estabelecimento das teorias evolutivas, em meados do século XX, as diferentes áreas, que antes compunham a História Natural e que convergiram para as Ciências Biológicas, emanciparam-se das outras ciências naturais, como a Física e a Química; desse modo, tornou-se uma ciência autônoma e unificada² da biologia, ou seja, a ciência da vida.

Como consequência dessas conquistas, de diferentes estudos e pesquisas, historiadores e filósofos da ciência (FREIRE-MAIA, 1988; SMOCOVITIS, 1992; PROVINE, 1998; TIDON; LEWONTIN, 2004; MEYER; EL-HANI, 2005; BIZZO; EL-HANI, 2009), assim como biólogos evolucionistas (SIMPSON, 1962; MAYR, 1998; 2009; GOULD, 2001; FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2007) consideram a evolução como um eixo central e articulador dos conhecimentos biológicos. Para eles, não há como compreender toda a dinâmica da vida sobre a Terra sem considerar os processos e mecanismos evolutivos que agem sobre ela, desde o surgimento das primeiras formas de vida que, de modo ramificado, originou todas as espécies, extintas ou vivas, que habitaram e habitam o planeta.

Portanto, torna-se significativo que, primeiramente, a comunidade científica e, em consequência, o público em geral, conheçam os mecanismos e processos evolutivos indispensáveis para uma compreensão adequada do funcionamento das inter-relações e da dinâmica da vida em todas as suas formas. Para tanto, segundo Mayr (2009, p. 12): “a evolução precisa ser compreendida não só pelos cientistas, mas pelo público em geral”, o que nos indica a necessidade do ensino sobre esse tema nas escolas públicas brasileiras, pois, sem conhecer a evolução biológica do ponto de vista científico, como o próprio epistemólogo aponta, “não é possível compreender os seres vivos à nossa volta, as características únicas do ser humano, as doenças genéticas e suas possíveis curas e o cultivo de plantas geneticamente modificadas e seus possíveis riscos” (id).

Tidon e Lewontin (2004) afirmam que a evolução biológica se transformou, nas últimas décadas do século XX, em uma ciência complexa e integrada, de modo que, para seu entendimento, é necessária uma profunda compreensão, não apenas das diferentes áreas da biologia, mas também de geologia, matemática, filosofia e outras matrizes disciplinares do

² Essa unificação não foi total; por exemplo, a embriologia e os estudos do desenvolvimento ficaram de fora. Somente agora, com a síntese estendida da evolução, essas áreas estão sendo articuladas na síntese evolutiva. No capítulo 2, essa problemática será mais bem elucidada.

conhecimento humano. Entretanto, salientam que esse é um assunto, muitas vezes, inacessível para a maioria dos profissionais especialistas, dentre eles, os professores.

Defendemos, neste trabalho, que o ensino de evolução deve fornecer subsídios para que o cidadão, em geral, compreenda o pensamento evolutivo e a mecânica da evolução como um fenômeno inerente à manutenção da vida no planeta. Desse modo, compreendemos a evolução como um processo de modificação dos seres vivos ao longo da história da Terra, sendo que essa modificação ocorre em nível micro, nos genes ou células, e no nível macro, na população, a qual pode ocorrer ao acaso ou em mudanças dirigidas (não-intencionais ou propositais), acumuladas gradualmente ao longo do tempo ou como mudanças pontuais. Todavia, a evolução não pode ser entendida como uma simples mudança ou transformação, pois ela não apresenta uma intencionalidade ou propósito e não pode ser compreendida como um progresso ou escalada à superioridade.

Diante da compreensão da importância da evolução, não apenas para estudiosos e pesquisadores das ciências biológicas, como também para o cidadão no seu cotidiano, entende-se que “não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas salas de aula de biologia” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 10), mas assumindo um papel central e importante, diferente daquele que tradicionalmente vem desempenhando no Ensino Médio brasileiro (MEYER; EL-HANI, 2005; BIZZO; EL-HANI, 2009).

Uma vez que essa temática pode constituir-se no conceito unificador da ciência biologia, deve deter o mesmo foco no ensino, isto é, servir como eixo articulador de todo o conteúdo biológico. Essa premissa encontra respaldo em pensamentos de diferentes pesquisadores sobre o ensino e a aprendizagem de evolução biológica na Educação Básica, como o de Licatti e Diniz (2005, p. 4), ao apontarem que “a evolução é o princípio ordenador dos conhecimentos biológicos”; de Meyer e El-Hani (2005, p. 10), ao descreverem que “[...] as ideias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico”; ou de Sedorko e Matsumura (2011, s/p.), ao afirmarem que “[...] a evolução biológica é reconhecida pelo caráter unificador da biologia”.

Diante da necessidade da compreensão acerca da evolução biológica, é necessário que o futuro professor de biologia domine não apenas o saber tácito de evolução, mas também como se ensina e se aprende esse conhecimento. A não-compreensão e/ou a dificuldade na compreensão da evolução como processo biológico, que ocorre nas populações de seres vivos,

perfazem o rol de empecilhos ao ensino de evolução biológica na Educação Básica, tanto de escolas públicas como privadas brasileiras e de outros países.

Ao elencar os problemas enfrentados por professores e alunos, quando se ensina e aprende sobre a evolução no Ensino Médio, são encontradas diversas barreiras e dificuldades, tais como: a não-aceitação por parte do público em geral do pensamento evolutivo, apresentando, para isso, concepções alternativas que podem servir como verdadeiros obstáculos à aprendizagem dessa ciência; a falta de material didático adequado e a escassez de tempo para trabalhar esses conhecimentos; a falta de preparo dos professores devido a formações iniciais e continuadas ineficazes ou inexistentes, bem como o pouco domínio conceitual; o fato do tema ser conflitante com suas crenças pessoais e o medo do embate que possa gerar em suas aulas.

Todos esses problemas acabam produzindo um panorama deficitário no ensino de evolução biológica, de modo que não se ensina e não se aprende, devido a essa diversidade de dificuldades. Com isso, floresceu a necessidade de aprofundamento sobre a temática e o empreendimento desta investigação, que se iniciou com a entrada do pesquisador no magistério superior, mais especificamente, na formação de professores de ciências e biologia numa universidade pública do estado do Paraná.

Com a experiência no magistério superior, o pesquisador refinou seus anseios pela história e filosofia da ciência, empreendendo a pesquisa de doutoramento acerca da epistemologia e ensino de evolução biológica no Ensino Médio, além de seus efeitos sobre a formação de professores de biologia. Também, contribuiu com o interesse, nessa temática, a participação do pesquisador numa Comunidade de Prática (CoP) - desenvolvida pela orientadora desta pesquisa, durante o seu estágio pós-doutoral na Universidade em que o pesquisador trabalhava – na qual foram abordados assuntos acerca da epistemologia e ensino de biologia.

Diante desse inerente interesse pela epistemologia, ensino de evolução biológica e suas influências para a formação de professores de biologia, coube-nos empreender esta investigação, na qual buscamos contribuições para um ensino de evolução contextualizado para que os adolescentes, público-alvo do Ensino Médio, concluam essa etapa de escolarização com os requisitos mínimos de compreensão dos fenômenos da vida, dos seres vivos, de si mesmos e do meio ambiente. Também, foi nossa intenção o estabelecimento da evolução como fio condutor de toda a compreensão biológica e dos propósitos a que se dispõe dentro do campo científico, bem como dos efeitos dessa prática pedagógica crítica e reflexiva para a formação de professores de biologia de uma universidade pública.

De posse dessa compreensão de evolução, coube-nos o estabelecimento de uma questão-problema que nos guiasse ao desenvolvimento da investigação, com a meta de obtenção de respostas coerentes e relevantes do ponto de vista científico. A nossa questão-problema foi inicialmente estabelecida do seguinte modo: *Quais os desafios e possibilidades do uso da evolução biológica como eixo articulador dos conteúdos no ensino de biologia para o nível médio?* Após as readequações necessárias, concluímos esta pesquisa com a seguinte questão-problema: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?*

Entretanto, para responder a essa questão-problema, foi necessário desdobrá-la em outras duas questões, que ficaram assim estabelecidas: *Como os professores em formação inicial elaboram significados sobre a evolução biológica e seu ensino?* e *Como os professores em formação inicial constroem o conhecimento sobre evolução durante o planejamento e a prática pedagógica?*

A fim de buscarmos respostas aos problemas, estabelecemos, como objetivo geral da pesquisa: *Compreender os desafios e possibilidades de se ensinar biologia no Ensino Médio com um enfoque evolutivo* e, para se chegar a esse objetivo, consideramos necessária a elaboração, aplicação e avaliação de sequências didáticas, construídas por professores de biologia em formação inicial.

Desse modo, de posse dessas três questões-problema e do objetivo geral, iniciamos nosso trabalho de investigação com a intenção de constituir um *corpus* de dados coerente e que fornecesse respostas adequadas às questões que fazíamos. Assim, selecionamos nosso público-alvo, formado por um grupo de 13 professores em formação inicial de biologia, acadêmicos do último ano do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública estadual do estado do Paraná, visando reconhecer como compreendiam as problemáticas envolvendo o ensino de evolução no Ensino Médio público, como haviam se preparado para enfrentar essas problemática e desafios e como agiriam para que essas dificuldades fossem minimizadas ou sanadas. Para isso, foi empreendida uma investigação qualitativa, com a estratégia de um Grupo Focal (GONDIM, 2003; KIND, 2004; BOMFIM, 2009), desenvolvido por meio de encontros quinzenais, no período de um ano letivo.

A fim de organização, este trabalho foi estruturado em quatro capítulos, sendo que, no primeiro, apresentamos uma retomada histórica-epistemológica do conhecimento biológico, dos primórdios até a consolidação da biologia como uma ciência única. Um retrospecto do conhecimento evolutivo, da antiguidade até o presente momento, passando pelo período no qual a evolução se torna o eixo emancipador da biologia, também é realizado neste capítulo.

No segundo capítulo, também teórico, tratamos, primeiramente, da disciplina escolar biologia, dos dilemas, desafios, dificuldades e algumas das contribuições para esses problemas. Em seguida, nesse mesmo capítulo, perpassamos pelo ensino de evolução biológica, seus problemas e dificuldades, assim como propostas de soluções; ademais, abordamos a formação inicial de professores de biologia, contextualizando os desafios e possibilidades desse momento da formação dos professores.

A natureza da pesquisa, a caracterização dos participantes, os aspectos metodológicos do trabalho, ou seja, os encaminhamentos metodológicos, as ferramentas teórico-metodológicas, adotadas para a construção de dados, a formação do *corpus* da pesquisa e a análise desses dados encontram-se no terceiro capítulo.

No quarto capítulo, apresentamos os resultados e as linhas gerais da discussão sobre a análise empreendida. Para simplificar a leitura e compreensão, dividimos esse capítulo em três partes: apresentamos, inicialmente, o movimento de construção das categorias em resposta à primeira questão-problema e, na sequência, o metatexto correspondente e sua discussão. Essa mesma ordem foi utilizada para o segundo e terceiro metatextos. Nas considerações finais, apresentamos as principais conclusões obtidas na pesquisa, uma reanálise dos objetivos e a resposta à nossa questão-problema, apontando caminhos para novas pesquisas que avancem por direções que não contemplamos.

CAPÍTULO 1 – História e epistemologia da ciência biologia e do pensamento evolucionista

Neste capítulo, apresentamos uma retomada histórica e epistemológica sobre a constituição da biologia como ciência autêntica e autônoma. Começaremos remontando à pré-história da biologia, a partir dos estudos de Aristóteles, no século IV a.C. até a História Natural, no final do século XVII d.C., e o surgimento do termo ‘biologia’ no início do século XVIII. Na sequência, apontaremos os fatos que ocasionaram a emancipação e autonomia da biologia no século XVIII e XIX, ficando reconhecida como uma ciência tardia, mas unificada e autônoma, graças aos estudos evolucionistas³ de meados do século XIX, principalmente, pela teoria da evolução de Charles Darwin. Para finalizar, destacamos o histórico e a epistemologia do pensamento evolucionista, da antiguidade à contemporaneidade.

1.1. História e epistemologia da ciência biologia

O momento do surgimento da biologia como uma ciência unificada tem sido motivo de controvérsia entre os historiadores da biologia. O termo foi cunhado nos primeiros anos do século XIX e utilizado, pela primeira vez, independentemente, por dois naturalistas, o alemão Gottfried Treviranus (1776-1837) e o francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), para se referir a uma ciência dedicada ao estudo dos seres vivos (SMOCOVITIS, 1992; COUTINHO; MARTINS, 2003).

Segundo Menezes (1986, p. 67):

[...] para T. Huxley (1878), em dois países diferentes, dois homens ilustres, sem se conhecerem e se comunicarem entre si, tiveram a ideia de reunir em uma só, as ciências que tratam dos seres vivos; foram eles: a) Lamarck: em 1801, na França, o primeiro a empregar, em *Hydrogeologie X*, o termo *biologia*, derivado de duas palavras gregas significando ‘*discurso sobre a vida e os seres vivos*’; b) Treviranus: na Alemanha e na mesma época, sentiu ele ‘*a necessidade de um mesmo estudo que reunisse*’ todas as ciências que tratam da matéria organizada, publicando em 1802 o primeiro volume de uma obra, a que também denominou de *Biologia* e à qual consagrou vinte anos de trabalho, de 1802 a 1822 (grifos do autor).

³ Os termos evolucionista e evolução não foram usados por Lamarck ou por Darwin para se referir às suas teorias, mas pelos biólogos e filósofos da biologia contemporâneos.

Entretanto, o uso do termo ‘biologia’, por Lamarck e Treviranus, ainda não significava que existisse uma ciência única, autônoma e madura da biologia. O fortalecimento da ideia de unificação das diferentes áreas da História Natural (como a Zoologia e a Botânica, que eram ramos mais descritivos), com outras áreas de estudo, como a Citologia, Embriologia e a Fisiologia Humana (com tradições experimentais consolidadas), resultaram de uma combinação de fatores implicados na produção do conhecimento biológico, pela comunidade científica e também pela influência de movimentos sociais, filosóficos e políticos do início do século XX (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Para compreendermos como a biologia se consolidou como uma ciência autônoma, entretanto, necessitamos reconstituir sua história, que se inicia no berço das civilizações e da filosofia, com os gregos antigos.

1.1.1. Primórdios do pensamento biológico

Resgates históricos indicaram que os povos antigos, como egípcios, babilônios e sumérios, possuíam conhecimentos biológicos sobre o corpo humano, sobre os tratamentos, moléstias, doenças, animais e plantas. Todos esses conhecimentos estavam entrelaçados ou mesmo totalmente explicados sob um olhar dogmático religioso ou mítico (MAYR, 1998; ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Segundo Araújo, Menezes e Costa (2012), sobre os povos mesopotâmicos, sabe-se que investigavam sobre hormônios, tecidos biológicos e anatomia; que compararam diferentes animais e utilizavam as ervas como remédios para inúmeros problemas de saúde. Dos povos egípcios, sabe-se que desenvolviam técnicas anatômicas de preservação cadavérica e extraíam substâncias dos vegetais para tratamentos. Já sobre os chineses, é sabido que desenvolveram inúmeros estudos sobre as plantas, os animais, as doenças e a saúde humana, relacionando-as aos astros do cosmo.

Sobre a biologia grega, Mayr (1998) distingue três grandes escolas: I. *Escola de história natural*, tradicionalmente produzindo conhecimento sobre os animais e plantas locais - conhecimento transmitido oralmente entre as gerações, representadas principalmente por Aristóteles (348-322 a.C.) e Theofrasto (372-287 a.C.); II. *Escola jônica*, representada principalmente por Thales (624-546 a.C.), Anaximandro (610-546 a.C.) e Anaxímenes (588-524 a.C.) e, mais tarde, Pitágoras (570-490 a.C.), Parmênides (530-460 a.C.) e Empédocles (490-430 a.C.), que relacionam os fenômenos naturais a causas e origens naturais e não a

espíritos, deuses ou outras forças sobrenaturais; representando os primórdios da ciência e da racionalidade; e a III. *Escola de tradição biomédica* de Hipócrates (460-377 a.C.) e Galeno (129-217 d.C.), que desenvolveram um grande conhecimento sobre o corpo humano e as teorias anatômicas e fisiológicas.

Entretanto, dois filósofos gregos, Platão (427-347 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.), foram os que tiveram a maior influência sobre o conhecimento biológico posterior, até meados do século XVIII. Platão tinha especial interesse pela geometria, que afetou seu pensamento de forma intensa e o levou à elaboração de uma filosofia idealista, não-baseada no mundo concreto, factual, natural, onde residem a maioria dos fenômenos de interesse para a biologia, conforme aponta Mayr (1998). O *essencialismo*⁴ platônico perdurou por séculos e seus conceitos influenciaram negativamente o pensamento biológico por muito tempo, de maneira que a própria emancipação da biologia veio graças à negação do pensamento essencialista platônico.

Para alguns historiadores e filósofos da biologia, Aristóteles foi o fundador da *história natural*⁵ e um grande estudioso do mundo natural, partindo de métodos racionais e concretos. Ele construiu diversos conhecimentos que serviram de base para o pensamento biológico moderno e que contribuíram significativamente para o conhecimento do mundo vivo. Seu conhecimento de assuntos biológicos era vasto e de diversas fontes (MENEZES, 1986; MAYR, 1998; ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Dentre tantas contribuições de Aristóteles, cabe destacar a classificação de cerca de 500 espécies de animais, como crustáceos, anélídeos, moluscos, equinodermos e dezenas de espécies de peixes, de acordo com certos critérios, o que propicia valor à comparação, sendo celebrado como fundador do método comparativo, embora não tenha criado uma classificação formal (MAYR, 1998; ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Para Aristóteles, a vida podia ser organizada em uma grande pirâmide, cuja base era constituída pelas plantas, os seres vivos mais imperfeitos; depois, vinham os animais intermediários, chamados, hoje, de invertebrados; acima deles, há os animais irracionais e, no topo da pirâmide, os animais racionais, os seres humanos (BIZZO, 2012).

⁴ Para o essencialismo, a diversidade do mundo consiste em um número limitado de *tipos* ou *essências*, que são formas claramente delimitadas e imutáveis, cada uma formando uma *classe*. Os membros de cada classe são idênticos, constantes e separados de qualquer outra essência, desse modo, a variação era acidental e deveria ser ignorada ou descartada (MAYR, 1998; 2005; 2008; 2009).

⁵ A História Natural, como concebida à época de Aristóteles e que perdurou até o final do século XVIII, era o estudo descritivo e nominativo, sistematizado ou não, dos elementos que constituíam o planeta Terra, como os animais, os vegetais e os minerais, bem como os estudos sobre o ser humano. Com a Revolução Científica, ao final do século XVIII, a História Natural estabelece as diferentes ciências, que hoje compõem as Ciências Naturais, como a física, a química, a biologia, a astronomia, a geologia etc. O profissional, que se dedicava à história natural e nela se formava, era chamado de naturalista. Para mais informações, ver Freitas (2014).

Em seu livro *História dos Animais*, ele descreve detalhadamente o comportamento desses animais e os classificou em animais superiores, os que ‘tinham sangue’ e de inferiores os que ‘não tinham sangue’ (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012). Desse modo, foi considerado um empirista, pois procurava pelas causas e não se contentava com meras indagações do “como”, mas tentava responder aos “porquês” (MAYR, 1998).

Ao estudar a geração de seres vivos, Aristóteles admitia que, além da reprodução, alguns deles poderiam se originar a partir da matéria bruta, o que ficou conhecido posteriormente como *geração espontânea*⁶. O indício de que isso era possível seria a ocorrência de fósseis em solos calcários e arenosos, indicando que animais foram formados espontaneamente ali, já que as conchas calcárias podem ser encontradas em alguns seres vivos (BIZZO, 2012).

Aristóteles também inaugurou duas correntes de pensamento que, de certo modo, atrapalharam⁷ o desenvolvimento da biologia como ciência, as quais são: a *teleologia*⁸ e o *determinismo*⁹. A teleologia aristotélica evidenciava, como afirma Bizzo (2012, p. 28), que “objetos e fenômenos seriam resultado de causas ligadas a uma finalidade, que tende à perfeição”. Para ele, o mundo estaria organizado para uma finalidade e as explicações para os

⁶ A Geração Espontânea foi uma teoria que vigorou até o século XIX, proposta inicialmente por Aristóteles e defendida por diversos naturalistas, que explicava o surgimento da vida. Ela sugeria que os materiais brutos poderiam realizar diversas reações por meio de uma força interna, gerando seres vivos a partir de material inanimado. Exemplos que ‘comprovavam’ essa teoria eram as larvas que apareciam na carne em decomposição ou no lixo. O químico francês, Louis Pasteur, em 1862, frente à Academia de Ciências de Paris, apresentou evidências contrárias a essa explicação, que, a partir de então, foi perdendo força e adeptos (VILLELA; FERRAZ, 2007).

⁷ Cabe, aqui, uma ressalva sobre os termos utilizados, como ‘atrapalharam’, pois compreendemos que uma análise histórica do pensamento biológico recairia em compreensões mais ou menos anacrônicas, dependendo do olhar do pesquisador para cada época e influenciado pelas leituras que serviram de guia para a elaboração do texto. Entretanto, queremos destacar que temos conhecimento de que nossa análise, por mais cuidadosa que seja, ainda possa apresentar certos pontos de vista anacrônicos ou Whiggistas (cf. PRESTES, 2010). Salientamos que procuramos deixar o texto menos whiggista ou anacrônico possível e utilizamos o termo ‘atrapalharam’ para demonstrar que essas ideias, que perduraram e que tiveram adaptações ao longo da história, mais para a frente, criaram obstáculos ao pensamento para a compreensão do processo ramificado da evolução e para a não-direcionalidade das modificações dos seres vivos.

⁸ Segundo Mayr (1998), desde Platão e Aristóteles, existia a crença de que, na natureza (e seus processos), existe um objetivo ou fim predeterminado – um propósito *teleológico*. Os teleologistas acreditavam na existência de uma força não-física e não-material, que conduzia o mundo vivo na direção de uma perfeição sempre maior. São “[...] explicações formuladas para questões que solicitam ou a função ou o propósito ou o objetivo de algum item biológico (seja ele um comportamento ou uma estrutura)” (CARMO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2016, p. 822). “A teleologia lida com a explicação de processos naturais que parecem conduzir automaticamente a um fim definido ou a uma meta” (MAYR, 2005, p. 38-39).

⁹ O *determinismo* configurou-se e ainda se manifesta como uma forma de pensamento em que é comum apontar para certo aspecto individual, a saber, a genética, por exemplo, como sendo o único fator determinante das características ou comportamentos de um ser. Esse tipo de prática encaminha os indivíduos a pensar que certos comportamentos, gostos, práticas ou princípios de uma pessoa ou um grupo de pessoas é determinado exclusivamente pela genética, desconsiderando outros aspectos que podem influenciar essas características, como a cultura, a religião, a sociedade etc. Ex.: dizer que a homossexualidade é determinada geneticamente.

acontecimentos do mundo somente poderiam ser encontradas, quando se compreendesse essa finalidade.

Já o determinismo, passou a ser uma consequência da teleologia e assumiu, ao longo da história da biologia, diferentes versões. Essas duas formas de pensamento foram, à época, alguns dos obstáculos que a biologia evolutiva enfrentou para se estabelecer como ciência autônoma (BIZZO, 2012).

Depois de Aristóteles, tivemos a continuação das três escolas de tradição grega; a história natural avançou sobre a descrição e classificação das plantas e a tradição médica se desenvolveu com Galeno, cuja influência perdurou até o século XIX. As tradições atomistas persistiram e rivalizaram com a *teologia natural*¹⁰ e teleológica aristotélica até a Renascença (MAYR, 1998).

Claudio Galeno (130-210 d.C.) foi um importante médico romano, que chegou a escrever mais de 300 textos sobre anatomia e o funcionamento do corpo humano, descrevendo com riqueza diversas estruturas, órgãos e suas funções. Em razão disso, seus estudos permaneceram incontestáveis até o século XVII (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Galeno combinou os trabalhos de Aristóteles e de outros gregos com suas dissecações de animais, criando um sistema explicativo da estrutura e do funcionamento do corpo humano, por analogias. Após sua morte, surgiu uma tradição em que os professores liam os trabalhos de Galeno, enquanto um cirurgião ou técnico dissecava corpos de criminosos doados pelos executores para estudo, porém, o professor mesmo não os tocava, apenas apontava no corpo o que o texto explicava (UCMP, 2019).

Quando o cristianismo conquistou o ocidente, a ideia de mundo eterno e estático dos gregos foi substituída pela teologia cristã, em que o mundo havia sido criado recentemente (por um Deus único e onipotente) e todo o conhecimento sobre ele estava contido na Bíblia. Esse dogma enfraqueceu todas as outras formas de conceber a vida, o homem e os seres vivos, pois a natureza era subserviente ao homem e todos os seres vivos e não-vivos foram criados por ele, sendo o homem à sua semelhança (MAYR, 1998).

O conhecimento transmitido nessa época era limitado e regulado pelos dogmas e convenções religiosos. Uma questão que surge diante dessa situação

¹⁰ “A *teologia natural* parte do princípio de que Deus criou todas as coisas da natureza; razão pela qual ele teria influenciado os profetas na escrituração dos livros sagrados, bem como ele mesmo teria ‘escrito’ o livro da natureza, razão de sua perfeição. Estudá-la significaria estudar a mente divina, percebendo a perfeição em cada detalhe da criação” (BIZZO, 2012, p. 56). A teologia cristã se valeu da causalidade dos fins para sublinhar a ação de Deus sobre as coisas do mundo e foi retomada por Tomás de Aquino, que funda, então, a teologia natural, cuja justificativa filosófica advém de Aristóteles (id.).

é: se os escritos de autores pagãos foram eliminados, como é possível encontrar hoje textos de pensadores como Platão, Aristóteles e Hipócrates? Isso foi possível porque as obras dos autores rejeitados na Europa foram preservadas pelos árabes, que as tinham como referências para seus conhecimentos (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012, p. 17).

Santo Tomás de Aquino (1225-1274) resgatou os trabalhos de Aristóteles e criou uma síntese entre a visão teleológica do mundo desse pensador e a doutrina cristã, impregnando-se no pensamento ocidental e ficando conhecida como escolástica (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012). Os escolásticos eram racionalistas e seus estudos se baseavam na determinação da verdade pela lógica, não de maneira empírica; entretanto, somente os clérigos podiam ensinar e estudar a ‘verdade’ (MAYR, 1998).

Aquino criou, desse modo, um novo conhecimento, sem contrariar ou diminuir a religião, já que era matéria de fé, não de entendimento, e deveria ser disseminada. Já o conhecimento filosófico exigiria o entendimento, mas não poderia ser compartilhado por todos, uma vez que dependia de habilidades intelectuais que eles achavam que eram pouco encontradas na época (BIZZO, 2012).

Os povos ocidentais, por isso, somente passaram a aceitar os pensamentos gregos após Tomás de Aquino, enquanto os povos árabes utilizaram-se do vasto conhecimento grego e romano, o que os levou a se desenvolverem muito antes dos europeus. Doenças, diagnósticos, terapias, tecnologias e a rigorosidade científica são conquistas dos povos árabes, que se efetivaram muito antes dos povos europeus, os quais, enquanto isso, aprofundaram-se na teologia cristã e seu dogmatismo (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Aquino ainda revisou o conhecimento da mecânica aristotélica e redefiniu o senso de infinito e de eternidade aristotélicos, afirmando que Deus era a causa primeira de tudo, mas não agia diretamente na criação, já que um sistema de leis, como causas segundas, governava o mundo e direcionava naturalmente os fenômenos. Desse modo, filosofia e religião conciliaram-se, surgindo a teologia cristã (BIZZO, 2012).

No que concerne à biologia como um todo, foi apenas no final do século XVIII e princípio do XIX, que as universidades se tornaram centros de pesquisa biológica. A lógica, a cosmologia e a física [...] conheceram um notável renascimento na alta Idade Média, cujo elevado nível intelectual só foi devidamente apreciado na última geração. Em comparação, a biologia continuava dormente (MAYR, 1998, p. 116).

Durante o período da Idade Média, praticamente, não houve avanços científicos significativos no Ocidente e o conhecimento produzido nesse período, regido pela teologia natural, ficava restrito aos conventos e mosteiros, igrejas e universidades católicas, que

funcionavam apenas como local de reprodução do conhecimento estabelecido até então, somente para poucos clérigos, cônegos, padres e outros consagrados. A ciência retoma seu movimento de crescimento e emancipação da religião, em meados do século XV, no período do Renascimento das artes, da filosofia e da ciência.

1.1.2. O pensamento biológico na Renascença

Nesse período, que se inicia no século XV, o interesse pela história natural e pela anatomia desenvolveu-se e impulsionou essas áreas; ambas eram parte da medicina e seus pesquisadores eram usualmente professores de medicina e médicos práticos. Outra grande influência para o desenvolvimento da biologia, nesse período, foram as grandes viagens dos mercadores europeus para outros continentes, o que ocasionou um súbito conhecimento da imensa diversidade de vida animal e vegetal de todas as partes do planeta (MAYR, 1998).

A medicina, ensinada nas escolas médicas medievais, era sobre medida galênica, o que só mudou com André Vesalius (1514-1564), que participava ativamente das dissecações. Ele também criava instrumentos para dissecar e publicou um trabalho anatômico com ricas ilustrações, o *De Humani Corporis Fabrica* (1543), no qual corrige erros de Galeno e retira o arcabouço aristotélico das explicações fisiológicas (MAYR, 1998; ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Vesalius dispunha de um estoque quase infinito de cadáveres cedidos a ele, provenientes da corte criminal de Pádua, todos criminosos condenados à força. Em suas dissecações, começou a notar que Galeno havia cometido alguns erros, o que o fez abandonar os seus trabalhos e produzir os seus próprios livros de anatomia. Graças aos seus estudos, Vesalius conseguiu evidenciar importantes diferenças entre as espécies de animais e o homem, ajudando a fundar a anatomia comparada. Entretanto, o ponto chave de suas ideias foi o reconhecimento dos humanos como sendo mais uma espécie dentre todas as outras (UCMP, 2019).

A fisiologia desenvolveu-se muito nesse período, graças aos estudos da circulação sanguínea, principalmente, com Andrea Cesalpino (1519-1603), que ganhou o reconhecimento pela descrição da grande e pequena circulação, por Girolamo Fabricius (1537-1619), que descreveu a função das válvulas venosas e foi professor de William Harvey (1578-1657), considerado o pai da fisiologia (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Bizzo (2012, p. 34, grifo do autor) ressalta que “Cesalpino foi considerado por Lineu o ‘primeiro sistemata moderno’ e, em 1753, lhe dedicou o gênero *Caesalpinia* com quatro

espécies [...]”. Já William Harvey, médico inglês, que estudou medicina na Universidade de Pádua, não somente descreveu a circulação sanguínea, mas também estudou a geração de animais e plantas, estabelecendo comparações e analogias que serviram de base para o sistema lineano.

Harvey era um médico influente que tratava de dois pacientes ilustres da realeza inglesa e que conseguiu propor um novo sistema explicativo sobre como o sangue circulava por dentro dos vasos. Em seu livro *Tratado anatômico sobre o movimento do coração e do sangue*, ele explicou como o sangue circula pelo corpo e o papel do coração, sem o uso de instrumentos muito sofisticados, mas com análises consistentes, baseado no método científico. Assim, partindo de observações e experimentações, ele conseguiu superar as explicações aristotélicas e galênicas sobre a circulação e sobre o coração (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Essa geração de naturalistas, principalmente anatomistas, adotava a analogia das máquinas nas explicações sobre a vida, em que os diferentes órgãos e sistemas, assim como as engrenagens nas máquinas, funcionavam em harmonia para manter as funções vitais dos organismos vivos. Essa analogia *mecanicista*¹¹, que foi, mais tarde, grande empecilho para o pensamento evolucionista e para a emancipação da biologia como ciência, também à época, despertou a fúria da igreja e de religiosos, pois temiam que poderia aproximar as pessoas do ateísmo (UCMP, 2019).

Durante a Renascença, também se desenvolveram a botânica, principalmente com os alemães, como Otto Brunfels (1488-1534), que descreveu 238 plantas e as ilustrou primorosamente; Jerome Bock (1498-1554); Leonhart Fuchs (1501-1566), que descreveu 400 plantas nativas da Alemanha e mais 100 de outros países (em sua homenagem, foi dado o nome de fúcsia à planta caribenha de flor avermelhada); e o francês Matthias de L'Obel (1538-1616), que descreveu cerca de 1.300 espécies, além de classificá-las de acordo com o número de cotilédones das sementes (mono e dicotiledôneas) (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

A zoologia também se reestrutura durante a Renascença, sendo os mais importantes zoólogos o francês Guillaume Rondelet (1507-1566), que contribuiu para a compreensão dos peixes marinhos em suas publicações *Livro dos peixes marinhos*, o qual, depois, foi republicado como *A história completa dos peixes*, em que descreve pela primeira vez a bexiga natatória;

¹¹ O *mecanicismo* foi uma das correntes de pensamento científico, difundida, principalmente, pelos físicos e mecânicos do século XVI e XVII. Para eles, o corpo humano era dotado de autômatos que, assim como uma máquina, dispunha de todas as engrenagens necessárias para funcionar autonomamente. Os seres vivos, como seres autômatos, estavam submetidos às mesmas leis físicas que todo o ambiente físico, material e energético. E, para se compreender o funcionamento complexo do corpo humano em sua totalidade, o mecanicismo afirmava que bastava conhecer e estudar as menores partes que o compunham (MAYR, 2005; 2008; 2009).

Konrad Gessner (1516-1565), naturalista suíço, o qual escreveu cinco volumes da *História dos animais*, compostos por mais de 4.500 páginas, que constituiu uma das bases da zoologia moderna; e o francês Pierre Belon (1517-1564), o qual classificou peixes e aves e fez importantes contribuições nessas duas áreas (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012; BIZZO, 2012).

Com Galileu Galilei (1564-1642), tivemos a mecanização de todos os fenômenos naturais e a ênfase à quantificação de tudo o que podia e não podia ser mensurado. Isso conduziu toda a ciência a uma dependência à observação e experimentação. Galileu “[...] deu novo sentido ao experimento na geração do conhecimento, ao questionar profundamente o mundo aristotélico e nas formas de edificar o pensamento científico” (BIZZO, 2012, p. 34). Além da luneta, Galileu criou também um microscópio, instrumentos que auxiliaram uma nova geração de naturalistas na descoberta de mundos antes desconhecidos, o micro e o macrocosmos (Id.).

Graças à profundidade das mudanças introduzidas por Galileu, criaram-se várias ‘escolas de pensamento’, em diversas áreas de estudo: médicos e naturalistas, matemáticos, de física e de astronomia [...]. Galileu reabilitou o experimento e a observação, criou novas técnicas e elaborou novas formas de comunicação, adotando a língua corrente em lugar do latim, o que ampliou muito o alcance de seus escritos. Ao questionar as premissas aristotélicas, seria tomado como herético, alvo, portanto, da Inquisição. De fato foi isso o que ocorreu. Embora católico, acabou castigado pelo Tribunal do Santo Ofício. A igreja reconheceu o erro 350 anos depois, em 1992 (BIZZO, 2012, p. 35).

Também, Francis Bacon (1561-1626), filósofo da ciência, foi contundente defensor do *método indutivo*¹² e do *empirismo*¹³. A publicação dos *Principia*, de Isaac Newton (1643-1727), em 1687, propôs uma mecanização de todo o mundo inanimado com base na matemática, o que reforçou uma abordagem mecanicista na fisiologia e, em consequência, em toda a biologia (MAYR, 1998).

¹² O *método indutivo*, inaugurado por Francis Bacon, “é um processo racional por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 86). Segundo Köche (2011), Bacon apoiou-se na ideia de que, para um conhecimento completo do universo, bastariam a observação sistemática e a experiência dos fenômenos e fatos naturais, cabendo à experiência confirmar a verdade. “De acordo com essa filosofia, o cientista desenvolve suas teorias simplesmente por meio do registro, das medidas e da descrição de observações, sem ter nenhuma hipótese prévia ou expectativa preconcebida” (MAYR, 2008, p. 76).

¹³ O *empirismo* foi uma corrente de pensamento, na qual se valorizava o conhecimento produzido a partir do contato empírico do sujeito com o objeto, ou seja, da observação e experimentação, da coisa, fato, fenômeno ou acontecimento científico. Os filósofos da ciência, modernos e contemporâneos, criticam o empirismo no sentido de que nem toda a produção científica terá como ponto de partida o empírico e se torna ingênuo acreditar que a base da ciência são os fatos, em detrimento da interpretação realizada deles pelos cientistas. Bacon (1979, p. 33) criticou a forma com que o empirismo age, afirmando que “engendra opiniões mais disformes e monstruosas que a sofisticada ou racional” e criticou, também, a forma leviana com que os observadores e experimentadores deixavam-se levar pelas impressões dos sentidos (KÖCHE, 2011).

Entretanto, ninguém mais que René Descartes (1596-1650) contribuiu tanto para a difusão da imagem mecanicista de mundo. As afirmações dele de que os organismos não passavam de meros autômatos, de forma que a espécie humana se difere deles apenas por possuir uma alma, em seu tempo, serviram como explicação lógica e racional e fora adotada por diferentes pesquisadores e intelectuais. Entretanto, para o movimento de emancipação e autonomia da biologia, causou inúmeras dificuldades epistemológicas, cujos efeitos perduraram até o final do século XIX (MAYR, 1998).

Talvez a biologia teve que passar por uma fase em que o fisicalismo estéril de Descartes foi aceito. A demonstração perfeitamente correta de Aristóteles, de que a forma biológica não podia ser entendida em termos de pura matéria inanimada, foi infelizmente vulgarizada pelos escolásticos, que substituíram a psique de Aristóteles pela alma do dogma cristão. Efetivamente, a fisiologia aristotélica-galena tornou-se cientificamente inaceitável, quando interpretada em termos da alma cristã. Nessas circunstâncias, Descartes tinha duas opções. Podia ou tornar à “forma” aristotélica, e redefini-la, como faz o moderno biologista, no seu programa genético, ou podia rejeitar completamente a alma cristã, em relação aos animais, sem substituí-la por algo diferente, reduzindo o organismo a um pedaço de matéria inanimada, como todas as outras coisas inanimadas. Esta última foi a opção que ele adotou, uma opção obviamente inaceitável para qualquer biologista que sabia que um organismo é mais do que apenas matéria inanimada (MAYR, 1998, p. 121).

As implicações do movimento renascentista nos estudos biológicos foram importantes do ponto de vista do desenvolvimento de algumas áreas, como a fisiologia, a botânica e a zoologia, entretanto, de atraso em outras áreas, como da filosofia da biologia com o início da implantação pelas ciências físicas de um pensamento *reducionista*¹⁴ e mecanicista em todos os conhecimentos científicos, atingindo incisivamente os conhecimentos sobre os seres vivos e o homem.

No século XVI, os naturalistas ressuscitaram a tradição de Aristóteles, ao descobrirem e descreverem com riqueza de detalhes a diversidade de organismos vivos. Desenvolveram também novos instrumentos e o microscópio foi o mais importante deles para a biologia. Os dois pioneiros na microscopia foram Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) e Marcello

¹⁴ O *pensamento reducionista* caracterizou-se como uma forma de reduzir todo o arcabouço teórico e/ou empírico de uma dada ciência a uma lei, teoria ou explicação física ou mecânica. Para um reducionista, com o objetivo de se entender o todo, basta estudar suas menores partes, suas menores unidades fundamentais, os átomos e moléculas. Um geneticista reducionista afirmará que todo o funcionamento e o comportamento humano se resumem ao arranjo molecular de seus genes e como agem, sendo que, para compreender o indivíduo, basta decifrar seu DNA (MAYR, 2005; 2008; 2009). Para Hull (1975), o reducionismo não encontra base sólida na Biologia ou vice-versa.

Malpighi (1628-1694), cujos trabalhos se caracterizaram pelo prazer da descoberta¹⁵, uma vez que examinavam quase tudo o que encontravam e descreviam o que viam (MAYR, 1998).

Outro cientista de grande importância para a microscopia foi Robert Hooke (1635-1703). Seus interesses perpassavam a Física, a Astronomia, a Química, a Biologia, a Geologia, a Arquitetura e a tecnologia naval. Foi um grande físico que auxiliou outros cientistas em diversas áreas com conhecimentos teóricos ou, ainda, construindo equipamentos de medição e quantificação. Mas, para a biologia, a sua maior contribuição foi na construção dos primeiros microscópios compostos, que tinham duas lentes (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Hooke não só construía seus microscópios, como também observava neles tudo o que encontrava por perto. Em uma dessas observações, Hooke analisou ao microscópio um corte de cortiça, observando inúmeros espaços vazios, como uma colmeia. Assim, nomeou-os como *cellula*, o diminutivo de *cella*, que, do latim, significa ‘espaço vazio’, em analogia aos quartos de mosteiros e conventos, que são pequenos e vazios, ocupados apenas pelas camas e oratórios (PRESTES, 1997).

Hooke não compreendia o que estava visualizando no microscópio, porém, ilustrou, em seu livro *Micrographia*, de 1665, e nomeou de célula o que mais tarde foi identificado como ‘as menores unidades que compõem os seres vivos’ ou a sua estrutura morfológica e funcional, batizadas com o nome que ele dera (PRESTES, 1997).

Outro aspecto que favoreceu a descoberta da diversidade de seres vivos foram as viagens, grandes navegações e exploradores, que traziam consigo todo tipo de plantas e animais exóticos que coletavam. A era das viagens transoceânicas e das explorações resultou na montagem de uma vasta coleção de espécimes e o crescimento exponencial das coleções produziu a mais importante necessidade do período, que foi a classificação. A taxonomia iniciou-se com Cesalpino (1583), J. P. Tournefort (1656-1708) e John Ray (1627-1705), sendo que a era da classificação alcança seu apogeu com Carl von Lineu (1707-1778) (MAYR, 1998).

Os sistematas, como foram chamados posteriormente os naturalistas, que classificavam animais e plantas, assim como Lineu, buscavam por padrões racionais dentro do planejamento divino para as criaturas. Somente após a reunião de diversas espécies, principalmente as chegadas dos continentes recém-explorados, como a América, Ásia e África, os naturalistas perceberam a necessidade da criação de um sistema artificial de classificação da enorme

¹⁵ Neste trabalho, utilizamos o termo “descoberta”, no sentido do trabalho de investigação científica, processo em que cientistas identificam e analisam as evidências a fim de eleger aquelas que podem auxiliar a construção e proposição de teorias ou leis científicas. Salientamos que o termo não deve ser entendido como causalidade ou genialidade, já que a Ciência não é construída individualmente, de modo neutro e ao acaso.

diversidade de vida, baseados em algumas características convenientes a si mesmos (UCMP, 2019).

Lineu era médico, naturalista, explorador sueco e católico, tendo estudado medicina na Suécia e seu doutoramento foi feito nos Países Baixos. Juntou seus estudos e suas anotações de expedições, que fizera na Lapônia e Suécia, e criou um sistema artificial único, que considerou ser o primeiro passo para a compreensão da ação de Deus na natureza. Em 1735, ele publicou a primeira edição do *Systema Naturae*, na qual identificou cada espécie conhecida até então e adotou a nomenclatura científica binomial como conhecemos hoje. Ele “conseguiu extrair do conhecimento acumulado, os princípios gerais que demonstraram ser capazes de organizar todo o conhecimento biológico em crescimento acelerado” (BIZZO, 2012, p. 39).

“Para os zoólogos, a décima edição de *Systema Naturae* (1758) marca o início da aplicação geral e consistente do emprego da nomenclatura binomial em zoologia” (BIZZO, 2012, p. 40). O trabalho de Lineu ainda hoje é utilizado, mas sua importância não se restringe à classificação; o fato dele ter incluído os seres humanos dentro da classificação dos mamíferos e nos aparentado com os primatas proporcionou contribuições fundamentais ao evolucionismo, que nasceria poucos séculos depois (UCMP, 2019).

Depois de criar um sistema para os vegetais, Lineu estendeu sua lógica classificatória aos animais e criou um sistema que, contrariamente à vontade de seu inventor, induzia os classificadores a procurar semelhanças entre os organismos. Isso, de certa forma, pode ser considerado, paradoxalmente, um incentivo em direção a uma perspectiva evolucionista, mesmo se entendesse a espécie como unidade básica do mundo orgânico, e não o indivíduo ou a população, o que o impediu de entender o papel da variação (BIZZO, 2012, p. 42).

Outra área da biologia que viu seu aflorar foi a paleontologia, com as descobertas de Nicholas Steno (1638-1686), em 1666, dos fósseis de tubarões. Steno recebeu de pescadores italianos um tubarão da costa de Livorno e, ao dissecá-lo, percebeu que os dentes do tubarão eram muito semelhantes às “línguas de pedra”, que hoje sabemos ser fósseis de dentes de tubarões primitivos. Então, ele chegou à conclusão de que as semelhanças entre os dentes e os fósseis de dentes eram mesmo de tubarões, que viveram no passado, e que a matéria que revestia os dentes vivos foi substituída por minerais após a morte do animal. Inicia-se, então, o pensamento do processo de fossilização (UCMP, 2019). “Sua teoria orgânica que ligava fósseis a seres vivos do passado, rompia com a interpretação aristotélica de que se tratava de seres com geração espontânea incompleta e com a explicação de Plínio o Velho, que lhes atribuía origem extraterrestre” (BIZZO, 2012, p. 37).

Steno, ainda, conseguiu propor que as rochas e minerais eram inicialmente líquidos e que, gradualmente, iam sedimentando e criando camadas horizontais. Conforme as rochas iam se formando, prendiam os restos de animais, transformando-os em fósseis e preservando-os. Ainda hoje, essa premissa é conhecida como lei da superposição de Steno e foi a sua mais famosa contribuição para a geologia, explicando o relevo, o solo e o subsolo (UCMP, 2019; BIZZO, 2012).

Nesse momento de florescimento de algumas áreas da história natural, em especial, a paleontologia, o corpo de conhecimentos biológicos ganha simpatia dos leigos, de novos pesquisadores e naturalistas, que se alistam à produção e difusão desse conhecimento, elevando-o a patamares de notoriedade importantes para os acontecimentos históricos posteriores. A partir do século XVIII, uma nova forma de pensar na existência e perpetuação das espécies no planeta começa a ganhar força e novos adeptos, sendo um conhecimento que estará em expansão e mudará a forma com que a humanidade compreende a diversidade da vida no planeta.

1.1.3. O conhecimento biológico dos séculos XVIII a XX

O estudo da história natural, no século XVIII e início do século XIX, foi alavancado intencionalmente ou não por alguns naturalistas da época, sendo um exemplo o Conde de Buffon (1707-1788). Ele influenciou o pensamento liberal contemporâneo em áreas muito diferentes, como a cosmologia, a embriologia, as espécies, o sistema natural e a história da Terra, inclusive, a teoria da evolução que preparou o terreno para Lamarck (MAYR, 1998).

Os estudos dos seres vivos, tão ofuscados pelas ciências físicas nos séculos anteriores, começaram a ganhar destaque e a se desenvolver em meados do século XVIII. O interesse nesse período foi claramente a classificação dos organismos, pois a anatomia tornou-se mais comparativa. Georges Cuvier (1769-1832), desenvolvendo uma série de estudos metódicos com invertebrados, demonstrou a ausência de intermediários entre os maiores filos de animais, refutando, assim, a existência de uma *scala naturae*¹⁶ (MAYR, 1998).

Cuvier foi um naturalista francês educado na Alemanha, que foi admitido no Museu de História Natural de Paris, no início de 1795. Foi também o equivalente a um ministro de

¹⁶ A ideia de *scala naturae* ou da “cadeia do ser”, presente no vocabulário da filosofia e da ciência ocidental, remonta aos gregos antigos e partia do senso intuitivo de que as coisas vivas pudessem ser alinhadas numa hierarquia de complexidade a partir da posição mais alta – ocupada pelo ser humano – até o ser vivo mais primitivo (ARIZA; MARTINS, 2010, p. 21).

educação durante o império de Napoleão e, mesmo após a queda do imperador, permaneceu nos holofotes da aristocracia francesa. Do ponto de vista científico, Cuvier desenvolveu sua carreira no estudo de anatomia comparada, o que o levou, posteriormente, aos estudos dos fósseis. Sendo um fixista e antievolucionista convicto, desenvolveu seu sistema explicativo sobre achados paleontológicos de modo a negar a evolução, chamado de *catastrofismo*¹⁷ (BIZZO, 2012).

Cuvier estudou os fósseis de elefantes encontrados nas proximidades de Paris e, então, declarou que eram espécies extintas. Porém, a ideia de que algumas espécies poderiam ser extintas era inconsistente com a crença num mundo criado por Deus, afinal, a natureza e as criaturas seguiam um plano divino e seria irracional deixar que partes dessa criação morressem. Logo, Cuvier adaptou a sua explicação à luz das evidências por ele colhidas, afirmando que, periodicamente, a Terra passava por mudanças bruscas, que poderiam acabar com algumas espécies (UCMP, 2019).

Mesmo Cuvier sendo antievolucionista, seu trabalho na paleontologia e na anatomia comparada contribuiu significativamente para o desenvolvimento do pensamento evolucionista, mais tarde, elaborado por Darwin e seus sucessores (BIZZO, 2012).

Outro dilema do século XVIII foi a necessidade da contestação do dogma criacionista, que, infelizmente, era muito difícil devido à teologia natural, cujo trabalho consistia em desvelar as causas pelas quais as leis divinas se manifestavam. Mayr (1998, p. 127) aponta que a teologia natural se desdobrava em duas escolas de pensamento:

[...] os cientistas físicos viam em Deus o poder que, no momento da criação, instituiu as leis que governam os processos deste mundo. Em contraste, os naturalistas devotos, que estudavam a natureza viva, concluíam que as leis básicas de Galileu e Newton eram desprovidas de sentido, quando relacionadas à diversidade e à adaptação do mundo vivo.

A teologia natural foi estudada em Oxford e Cambridge por mais de cem anos e, segundo Bizzo (2010, p. 25), ela “[...] ensinava a interpretar cada característica dos seres vivos como expressão de um desígnio divino [...]. Assim, o estudo da natureza seria, em certa medida, uma forma de louvar um ser supremo e onnisapiente”.

¹⁷ A teoria do catastrofismo, cunhada por Cuvier, afirmava que os fenômenos geológicos não ocorriam de forma contínua, mas se processava por revoluções que aconteciam de tempos em tempos, com eventos catastróficos, que causavam a extinção das espécies em determinadas localidades, que, posteriormente, era repovoada por espécies das localidades próximas. Essa sequência de eventos normais e eventos catastróficos era o que os extratos geológicos revelavam, segundo Cuvier (FARIA, 2014).

Porém, o auge da teologia natural durou pouco, ao ser questionada duramente por evolucionistas e filósofos, como Buffon¹⁸, Hume e Kant. Entretanto, não se pode negar como a teologia natural beneficiou a biologia evolutiva, ao desenvolver estudos sobre os instintos animais, a adaptação das flores para a polinização pelos insetos e as correspondentes adaptações dos polinizadores. Os mais importantes paleontologistas e biólogos ingleses da época eram teólogos naturais, como Charles Lyell (1797-1875) e outros amigos de Darwin (MAYR, 1998).

Buffon e outros evolucionistas, baseados em indagações sobre os achados fósseis, sobre a idade da Terra e sobre a interpretação literal da Bíblia, colocaram em xeque o pensamento criacionista e a credibilidade da teologia natural, desse modo, abrindo caminho para o desenvolvimento e fortalecimento da biologia evolucionista.

No cenário da fisiologia, o vitalismo¹⁹ e o mecanicismo continuavam travando batalhas nas explicações biológicas. O fisiologista Albrecht von Haller (1708-1777) tornou a fisiologia a tradição empírica de Harvey e tentou determinar a função de vários órgãos, por meio de inumeráveis experimentos animais; mesmo não tendo encontrado evidência alguma sobre a “alma”, seus experimentos o convenceram de que as estruturas do corpo têm propriedades que não se encontram na matéria inanimada (MAYR, 1998).

A natureza do desenvolvimento ainda era uma área muito intrigante e duas correntes competiam para explicar como, de um ovo amorfo, poderia se desenvolver um animal adulto. Os *pré-formistas*²⁰ acreditavam que preexistia no ovo um adulto miniaturizado (*homunculus*), que estava de algum modo encapsulado no ovo ou no espermatozoide. Já os opositores, sustentavam a *epigênese*²¹, ou seja, a diferenciação gradual de um ovo amorfo para os órgãos do adulto, mas eram incapazes de explicar as especificidades, invocando, assim, forças vitais (MAYR, 1998).

¹⁸ Abordaremos o pensamento evolutivo de Buffon na seção 1.2.

¹⁹ O *vitalismo* foi uma corrente de pensamento muito difundida entre os naturalistas do início do século XVII ao início do século XX, que surgiu como uma reação ao mecanicismo de Descartes. Os vitalistas acreditavam que, nos organismos vivos, existiam forças que não existiam na natureza inanimada e que essa força produzia seus movimentos e mantinha-os vivos. Essa força invisível era conhecida como força vital (força da vida ou *vis vitalis*) (MAYR, 2005).

²⁰ “De acordo com o *pré-formismo*, cada organismo se originava a partir de um ser em miniatura que já existia dentro do ovo ou no sêmen e que se desenvolvia até se tornar adulto, quando recebia o estímulo adequado. O *pré-formismo* era a teoria aceita por aqueles que acreditavam que todos os seres vivos existentes tinham sido criados por Deus e colocados como miniaturas no interior do corpo das primeiras criaturas” (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012, p. 101).

²¹ “Para a *epigênese*, teoria defendida por Aristóteles, os organismos formavam-se progressivamente a partir de uma massa indiferenciada e ganhavam novas partes em sucessivas etapas. Conforme essa teoria, a fêmea proporcionava a massa indiferenciada, enquanto o sêmen do macho trazia o potencial de fazer com que daquela massa surgisse o novo organismo. A *epigênese* ganhou força quando a visão mecanicista da natureza passou a considerá-la como o caminho natural para a origem dos indivíduos.” (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012, p. 101).

Com os avanços cada vez maiores na microscopia, que propiciaram a descoberta do espermatozoide, os pré-formistas dividiram-se em dois grupos: os espermistas e os ovistas, iniciando uma nova grande discussão sobre quem tinha razão. Para os espermistas, um pequeníssimo ser habitava os espermatozoides; depois de fecundar o ovo, transferiam-se para ele a fim de se desenvolver. Os ovistas afirmavam que o novo ser já estava no ovo. Entretanto, nenhum dos dois grupos conseguiu explicar de quem vinham as características, da mãe ou do pai, ficando a controvérsia cada vez mais difícil de ser esclarecida (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

A divisão entre epigenistas e pré-formistas perdurou até meados do século XVIII, mas “com o avanço da microscopia e uma visão mais crítica da ciência, as duas teorias terminaram sendo abandonadas” (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012, p. 110). A primeira a cair foi o pré-formismo, quando o alemão Karl Ernst Von Baer (1792-1876) identificou, nos folículos de Graaf de uma cadela, um corpúsculo amarelado, o óvulo. Baer também descreveu grande parte do desenvolvimento desde a formação da mórula até a formação da notocorda no embrião ().

Já a epigênese caiu em desuso a partir das descobertas do russo Heinrich Christian Pander (1794-1865) e do alemão Robert Remak (1815-1865). Pander, ao estudar ovos de galinha, identificou os três tecidos embrionários primordiais, que, depois, Remak chamou de ectoderme, mesoderme e endoderme. Entretanto, para Brito e Martins (2018), o debate entre pré-formismo e epigênese perdurou até o início do século XX entre os cientistas, que ofereceram importantes contribuições para a genética, como Edmund Beecher Wilson (1856 – 1939) e Thomas Hunt Morgan (1866 – 1945).

Retomando o período iluminista, destacamos que a humanidade colocou em discussão qualquer que fosse o pensamento teológico, filosófico ou científico, caracterizando-se como um período intelectualmente liberal. Nesse momento, um naturalista, com notável importância para o conhecimento biológico, e, sobremaneira, o pensamento evolutivo, foi Lamarck²².

Em seus estudos geológicos, Lamarck concluiu que a Terra era muito antiga, compreendendo que os organismos são adaptados ao seu ambiente, então, supôs que eles deveriam se alterar, para manter a sua adaptação ao mundo em contínua mudança. Isso o conduziu a propor uma teoria de transformação, em 1809, “que postulava uma tendência intrínseca dos organismos a buscarem a perfeição, bem como uma habilidade para ajustarem-se às demandas do meio” (MAYR, 1998, p. 131).

²² Abordaremos o pensamento evolutivo de Lamarck na seção 1.2.

Entretanto, para Mayr (1998), a teoria evolucionista de Lamarck apresentou um impacto muito pequeno ao pensamento biológico da época e a própria cunhagem do termo ‘biologia’ não criou por conta uma ciência da biologia. E, para Bizzo (2012), o juízo arquitetado principalmente por seu oponente Cuvier, de um cientista arruinado, colaborou para que seu pensamento evolutivo não prosperasse. Cuvier chegou a pronunciar-se contra Lamarck na Academia de Ciências de Paris, afirmando que suas concepções evolutivas não deveriam ser consideradas.

Já para Martins (1993, p. 5-6):

A proposta de Lamarck não é uma proposta científica fraca. Ela merecia um maior respeito e consideração por parte de seus contemporâneos, pois possui muitos aspectos positivos e contribuições valiosas. Há porém lacunas metodológicas e foram essas que abriram espaço para críticas de adversários de Lamarck, contribuindo para seu baixo impacto e mínima aceitação.

Outra contribuição para o desenvolvimento da biologia, nessa época, foi a aceleração exponencial da produção científica no século XIX acerca das diferentes áreas dessa ciência, que, de breves escritos periódicos, passou à criação de diversas revistas especializadas e de sociedades científicas, que também começaram a publicar seus periódicos independentes. Elas tiveram grande impacto sobre o desenvolvimento da biologia (MAYR, 1998).

A partir dos anos 1840, estabeleceu-se uma falta de comunicação entre os naturalistas e os fisiologistas; essa polaridade nada mais era do que uma continuação da antiga diferença entre os herbalistas-naturalistas e os físico-fisiologistas do século XVI, o que marcou duas biologias bem definidas, a evolutiva e a funcional, que coexistem lado a lado (MAYR, 1998). Para Smocovitis (1992), nesse momento, existiam duas biologias bem distintas. De um lado, existia o ramo da biologia experimental, que englobava as áreas médicas e a fisiologia; de outro lado, o ramo da biologia não-experimental, não-quantificável e histórica, que englobava principalmente os naturalistas.

A fisiologia no século XIX ainda estava muito dividida em terrenos muito bem demarcados. De um lado, havia as interpretações mecanicistas extremas, considerando os seres vivos como nada mais do que máquinas; no outro extremo, estava o vitalismo, que considerava os organismos como sendo controlados por uma alma ou força vital. Sendo assim, a metodologia da fisiologia sofreu mudanças drásticas, incluindo uma aplicação muito mais refinada dos métodos físicos e químicos, sendo, de modo geral, conduzida em laboratórios separados da fisiologia vegetal ou animal (MAYR, 1998).

O mecanicismo cartesiano, adotado pela fisiologia, levou diversos fisiologistas experimentadores a proporem explicações mecânicas-causais para o funcionamento do corpo humano. São exemplos o italiano Giovanni Borelli (1608-1697), que usou a física e a matemática para explicar o funcionamento dos músculos; o inglês Francis Glisson (1597-1677), que usou cálculos da dinâmica para estimar o aumento do volume dos músculos; e o suíço Albrecht von Haller (1708-1777), que fez experimentos sobre irritabilidade e sensibilidade, diferenciando-os (ARAÚJO; MENEZES; COSTA, 2012).

Em meados do século XIX, o evolucionismo ganha nova roupagem com as teorias de Darwin, além de estimular o trabalho de zoólogos, anatomistas e embriologistas na busca da determinação de parentescos entre as espécies e das prováveis características ancestrais. Curiosamente, os embriologistas eram virtualmente contrários ao darwinismo, sem, entretanto, serem antievolucionista; talvez, essa dificuldade tenha ocorrido porque a embriologia centrou-se no indivíduo e a evolução na população (MAYR, 1998).

Para Marandino, Selles e Ferreira (2009), ao final do século XIX, a maioria dos biólogos estava convencida da existência da evolução, porém, ainda, havia muita divergência quanto aos seus mecanismos de ação, pois não se conheciam os mecanismos de hereditariedade das características; além disso, a adesão a mecanismos direcionais da evolução era muito grande. Isso fazia com que a seleção natural e outras teorias darwinianas permanecessem em suspeição.

Em consequência do rápido avanço tecnológico na microscopia, e no delineamento e fixação de métodos, nenhuma área conheceu maior sucesso, nos anos 1870 a 1890, do que o estudo das células e dos seus núcleos. Nesse período, o processo da fertilização foi finalmente entendido. Weismann, Hertwig, Strasburger e Kölliker concluíram, em 1884, que o núcleo continha o material genético (MAYR, 1998, p. 142).

Sem o apoio dos conhecimentos da genética, a teoria evolutiva apresentava uma grande fragilidade, sendo que esses conhecimentos chegaram ao século XX ainda com grandes estigmas metafísicos e especulativos. Acredita-se que muito pelas próprias deficiências de conhecimento da época, o que ocasionou que Darwin deixasse de explicar melhor seus mecanismos (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Em 1900, de Vries e Correns redescobriram os estudos de Mendel, demonstrando, assim, que cada progenitor contribuía para cada caráter definitivo apenas com uma unidade genética, chamada mais tarde de gene. No espaço de duas décadas, a maioria dos princípios da genética de transmissão tinha sido elaborada por todo um exército de geneticistas, sob a liderança de Bateson, Punnett, Cuénot, Correns, Johannsen, Castle, East, Baur e T. H. Morgan. Toda a evidência que eles acumularam indicava que o material genético é imutável, ou seja, a

hereditariedade é “fixa”. As mudanças no material genético são descontínuas e foram designadas como “mutações” (MAYR, 1998).

As dificuldades e desentendimentos acerca da unificação da biologia começaram a ser superados no período entre 1936 a 1947, as quais resultaram numa teoria evolucionista unificada, que foi designada como a Síntese Evolucionista ou Teoria Sintética da Evolução (SMOCOVITIS, 1992; MAYR, 1998; MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2012).

Segundo Mayr (1998), no mesmo período em que a teoria evolucionista se aperfeiçoava, surgiram, na biologia, campos inteiramente novos, como a etologia, a ecologia e a biologia molecular. Após as obras de Darwin (1872), Whitmann (1898) e O. Heinroth (1910), a etologia teve seu real desenvolvimento com Konrad Lorenz (1927) e, posteriormente, Niko Tinbergen (1907-1988). Os etologistas voltaram a sua atenção sobre a interação entre o programa genético e os comportamentos específicos das espécies, particularmente, o comportamento do cio. Atualmente, o estudo do comportamento funde-se com a neurofisiologia e a fisiologia sensorial, por um lado; por outro lado, aproxima-se da ecologia (MAYR, 1998).

A partir dos anos 1960, propiciou-se muita importância ao estudo do meio ambiente; ademais, atribui-se, portanto, ao século XX, a origem da ecologia. Embora o pensamento ecológico remonte ao século XVIII, o termo “ecologia” foi proposto, em 1866, por Haeckel, como a ciência que estudava a “casa da natureza”. Esse campo da biologia permaneceu bastante tempo estático e descritivo, mas uma revitalização da ecologia concretizou-se com a introdução dos cálculos de Lotka-Volterra²³ sobre as mudanças cíclicas de populações, devido às relações predador-presa; com a introdução do princípio da exclusão competitiva e seu teste experimental por Gause²⁴; e também pela atenção aos problemas de alteração de energia, em águas doces e oceânicas (MAYR, 1998).

O estudo das moléculas biológicas foi, até o século XIX, domínio restrito da química e da bioquímica. Já a biologia molecular, teve sua origem na fisiologia; no século XX, emergiu como um novo campo de estudos da biologia, ao perceberem que a maioria das macromoléculas biológicas são agregados de um número limitado de átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio,

²³ O modelo Lotka-Volterra foi proposto a fim de compreender a relação de duas espécies na dinâmica presa-predador, independentemente, pelo matemático Vito Volterra (1860-1940) e o biofísico Alfred J. Lotka (1880-1949), em 1925 (PINHEIRO, 2010).

²⁴ O Princípio da Exclusão Competitiva de Gause foi proposto, em 1934, pelo ecólogo russo Georgy Gause por meio de experimentos com protozoários *Paramecium spp.* e dos cálculos matemáticos de Volterra. Esse princípio propõe que “[...] a coexistência indefinida de duas ou mais espécies, competindo por um único recurso limitante, seria impossível!” (GIACOMINI, 2007, p. 522).

enxofre, fósforo e nitrogênio, porém, todas com propriedades extraordinariamente específicas e, muitas vezes, únicas (MAYR, 1998).

Em 1944, Avery (1877-1955) e seus colegas demonstraram que o material genético, que antes se pensava ser a nucleína (ácido nucleico simples), na verdade, era o DNA (molécula complexa); abriu-se um campo extenso de questões a serem respondidas: “como poderia essa molécula, aparentemente simples, conter toda a informação do núcleo de um óvulo fertilizado para controlar o desenvolvimento específico da espécie resultante?” (MAYR, 1998, p. 147). Em busca dessa resposta, empreitou-se uma acirrada competição entre vários laboratórios a fim de identificar e desvendar a molécula de DNA, sendo o reconhecimento dado a Watson e Crick, do Laboratório Cavendish, em Cambridge, na Grã-Bretanha, em 1953.

A proposição do modelo da dupla-hélice do DNA e do seu código foi uma conquista de alta relevância, pois possibilitou o esclarecimento de algumas das áreas confusas da biologia e “conduziu à formação de questões mais precisas, umas das quais se situam hoje nas fronteiras da biologia” (MAYR, 1998, p. 148).

Atualmente, embora ainda não tenhamos resolvido algumas controvérsias que desuniam os diferentes ramos das ciências biológicas, podemos dizer que há uma unificação em torno da ciência biologia. O vitalismo e o essencialismo foram superados e as diferentes teorias evolucionistas concorrentes foram convergindo para uma teoria sintética da evolução (MAYR, 1998).

Os biólogos contemporâneos assumiram a emancipação da biologia das ciências físicas, adotando que a complexidade dos sistemas biológicos é diferente do mundo inanimado. A biologia se tornou, hoje em dia, mais vasta e diversificada do que há cem anos e o mais importante é que existe, hoje (século XXI), um espírito de unidade, muito maior do que a antiga fragmentação dos séculos anteriores (MAYR, 1998).

Desse modo, visualizamos, neste trecho, um breve resumo da história da biologia, enquanto ciência, que se consolidou e se unificou graças à teoria evolutiva. No próximo tópico, acompanhamos, mais detalhadamente, como foi a história e o desenvolvimento do pensamento evolutivo, que proporcionou a emancipação à biologia e que atualmente é considerado o cerne dessa ciência.

1.2. História e epistemologia do pensamento evolucionista

"[...] nada na biologia faz sentido, exceto à luz da evolução [...]" (DOBZHANSKY, 1973).

A evolução é considerada, por quase unanimidade dos cientistas, o conceito mais importante da biologia, entretanto, no público geral, não encontramos um consenso a respeito da evolução dos seres vivos no planeta e, em muitos casos, há distorções na compreensão da evolução biológica, do ponto de vista científico, ou mesmo, o total desconhecimento dessa temática, inclusive, por jovens em idade escolar.

A maior parte da comunidade científica considera o pensamento evolutivo o eixo central e unificador das Ciências Biológicas. A evolução é tipicamente entendida como um elemento indispensável para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nessas ciências (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 123).

Para Ridley (2007, p. 6), a evolução é “uma ciência ‘pura’, mas tem aplicações práticas – em questões sociais, em negócios, em medicina”. É possível citar diferentes exemplos, como no “modo como os micróbios desenvolvem resistência a drogas, de como as pragas desenvolvem resistência aos pesticidas e de como os peixes se desenvolvem frente aos nossos métodos de pesca” (id.), dentre outros.

Desse modo, reiteramos a necessidade de compreensão desse ramo da ciência pelos cidadãos comuns e, principalmente, pelas crianças e jovens em idade escolar, a fim de que construam um conhecimento crítico e reflexivo sobre a vida e suas formas presentes neste planeta.

Assim, para compreendermos a evolução, necessitamos defini-la. Veremos que, ao longo da história, a evolução biológica apresentou diferentes definições, cada qual carregando características próprias do pensamento de cada época, assim como todos os outros conceitos científicos.

Naturalmente, esse conhecimento também apresenta uma evolução conceitual ao longo dos séculos, o que será abordado nos próximos tópicos. A seguir, iremos nos deter às definições conceituais contemporâneas de evolução biológica, ou seja, ao paradigma aceito atualmente para explicar a evolução das espécies no planeta.

Para Futuyma (2002, p. 7), “a evolução biológica é a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo”; ou, como para Meyer e El-Hani (2005, p. 15), “[...] a modificação das espécies ao longo do tempo

[...]”; ou, ainda, como para Mayr (2009, p. 28), “Evolução é a mudança das propriedades de populações de organismos ao longo do tempo”.

Dessa maneira, podemos compreender a evolução como um processo de modificação dos seres vivos ao longo da história da Terra, mas essa modificação não pode ser entendida como mera mudança ou transformação, pois, como explica Licatti e Diniz (2005, p. 15), esse processo implica ainda dois outros aspectos: “as populações de organismos como unidade evolutiva e a transmissão dessas alterações via material genético”.

No *Oxford English Dictionary*, o termo “evolução” foi usado pela primeira vez em um contexto biológico por um revisor inglês anônimo, em 1670, para caracterizar a embriologia pré-formacionista do entomologista holandês, Jan Swammerdam (1637-1680). Em sua publicação póstuma, *Historia insectorum generalis* (1669), Swammerdam argumentou que uma doença de insetos era gerada a partir do sêmen da fêmea (estimulada pelo sêmen do macho) e que a forma adulta jazia envolta na larva embrionária, exigindo apenas que sua pele externa fosse derramada e suas partes internas preexistentes aumentadas e expandidas. O revisor inglês, nas traduções filosóficas da *Royal Society*, observou que, quando Swammerdam referiu-se à “mudança” que os insetos sofreram, nada mais era que uma evolução gradual e natural do crescimento das partes (RICHARDS, 2008).

Para Mark Ridley (2007, p. 28), a:

Evolução significa mudança, mudança na forma e no comportamento dos organismos ao longo das gerações. As formas dos organismos, em todos os níveis, desde sequências de DNA até a morfologia macroscópica e o comportamento social, podem ser modificadas a partir daquelas dos seus ancestrais durante a evolução.

O site “*Understanding Evolution*” (UCMP, 2019, s.p.) define:

Evolução biológica, em termos simples, é descendência com modificação. Essa definição engloba evolução em pequena escala (mudanças em frequência gênica em uma população de uma geração para a próxima) e evolução em larga escala (a progênie de espécies diferentes de um ancestral comum após muitas gerações). A evolução nos ajuda a entender a história da vida.

Nesse contexto, compreendemos por evolução a mudança dos organismos vivos ao longo da história da vida no planeta, que se iniciou com os primeiros seres vivos (ancestral comum) e se ramificou, originando modificações dentro da mesma espécie ou gerando novas espécies, de maneira a formar a grande diversidade de vidas hoje existentes. Na sequência, analisaremos como esse pensamento evolutivo se originou e se propagou ao longo dos anos na história.

1.2.1. Origens do pensamento evolucionista

Até meados do século XIX, a maioria das pessoas, incluindo leigos e cientistas, acreditava que as espécies eram fixas, ou seja, imutáveis. Esse pensamento fixista teve origem com os gregos antigos, principalmente, com Platão, em sua filosofia que considerava que todas as coisas respeitavam um plano básico do *eidos* (forma, tipo ou ideia). Para ele, a ideia era uma essência eterna e imutável, assim, o que vemos no mundo físico são cópias imperfeitas das coisas perfeitas que existem no mundo transcendental das ideias. Para o pensamento platônico, denominado essencialismo, a variação (mudança) não tem sentido, pois apenas as essências (tipos) interessam (FUTUYMA, 2002).

O pensamento da filosofia grega platônica focalizou a metafísica abstrata e conduziu o conhecimento em busca das realidades imutáveis. Essa filosofia, obviamente, era incompatível com o pensamento evolutivo e, segundo Mayr (1998, p. 345), quando essa ideia “[...] coincidiu com os conceitos cristãos, a crença na alma criou enormes dificuldades para o devoto em aceitar a evolução, ou pelo menos em incluir o homem e sua alma no esquema evolutivo”.

O essencialismo platônico, então adotado pela teologia cristã, afirmava que as essências eternas, imutáveis e fixas existiam na mente de Deus e ele as concebeu no mundo material. Como Deus é perfeito, todas as criaturas foram materializadas e nada do que ele criou poderia se extinguir, pois seria uma imperfeição de sua criação e ela deve ser permanente e imutável (FUTUYMA, 2002).

Essa visão cristã da origem e evolução da vida foi a dominante no mundo, desde o início da Idade Média até meados do século XIX, e recebeu o nome de criacionismo²⁵. A partir dessa crença, acredita-se que Deus planejou sua criação tão sabiamente que todos os animais e plantas estão perfeitamente adaptados uns aos outros e ao ambiente em que vivem; assim, tudo que existe hoje no mundo é exatamente igual ao momento da criação, sendo que, para eles, a Terra tem cerca de 6000 anos (MAYR, 2009).

Para Mayr (2009, p. 25), as:

Histórias de criação semelhantes às que aparecem na Bíblia são encontradas no folclore de povos do mundo inteiro. Elas atendem ao desejo da humanidade

²⁵ Reconhecemos a importância das discussões acerca do embate histórico-filosófico entre as teorias científicas e os dogmas religiosos, como o evolucionismo *versus* criacionismo. Entretanto, optamos por não adentrarmos essa discussão, neste trabalho, uma vez que nos direcionaria a um outro amplo debate e campo de discussões, que não teríamos tempo e fôlego para apresentar a contento. Desse modo, apontamos focar na importância das pesquisas e discussões teórico-filosóficas acerca desse embate, a fim de enriquecer esse campo de pesquisa.

de responder a perguntas básicas a respeito deste mundo que temos feito a nós mesmos desde que a cultura humana começou a existir.

Durante o período escolástico, porém, um grupo de pesquisadores, que rejeitava os dogmas do essencialismo, se rebelou e fundou outro grupo, chamado de *nominalistas*. Esse grupo atacava o essencialismo com ideias contrárias (denominadas *realismo*) e, mais tarde, ressoariam no pensamento indutivo dos cientistas *empiristas* ingleses como Francis Bacon (MAYR, 1998).

Assim, a tese criacionista começou a enfraquecer, juntamente com descobertas científicas, que abalaram a interpretação literal dos escritos bíblicos. Numa tentativa de conciliar as ideias criacionistas às novas descobertas e indagações, foram propostas ideias como a *scala naturae*, ou grande cadeia do ser. Considerando a premissa de que os seres vivos se transformavam, eles poderiam ser ordenados numa grande cadeia, que se iniciava com as coisas mais primitivas e simples e ia aumentando de complexidade até chegar ao topo, onde estava presente a espécie humana, considerada superior a todas as demais criaturas (MEYER; EL-HANI, 2005).

A ordem atribuída nessa grande cadeia do ser nada mais era que um reflexo da obra de Deus, que teria criado uma grande gama de espécies, do mais simples ao mais complexo, mas todas subordinadas ao homem, que domina as criaturas (MEYER; EL-HANI, 2005).

Entretanto, mesmo sofrendo vários e sucessivos ataques e indagações, por intermédio de descobertas científicas posteriores, uma visão bíblica do mundo perpetuou-se até meados do século XIX, não apenas entre os leigos, mas também entre os cientistas naturais e filósofos (MAYR, 2009).

Essa imagem cristã do mundo vivo começou a perder espaço à medida que uma ideia racionalista ou mais científicista da natureza ganhou força. Vejamos como a ideia evolutiva angariou adeptos e se desenvolveu no pensamento científico antes de Darwin.

1.2.2. A evolução antes de Darwin

Para Mayr (1998, p. 350), “foi necessária uma verdadeira revolução intelectual, antes que se pudesse mesmo conceber a ideia da evolução”, pois “o maior obstáculo para o estabelecimento da teoria da evolução residia no fato de que ela não pode ser observada diretamente, como os fenômenos físicos” (id.). Ao invés disso, a teoria só pode ser inferida, com base num arcabouço conceitual bem estabelecido.

Assim, um primeiro passo para a proposição de uma teoria da evolução seria a superação do pensamento criacionista (essencialista). Isso começou a ocorrer no princípio do século XIV, com as grandes navegações, a redescoberta do pensamento grego, principalmente Aristóteles, a Reforma Protestante e o empirismo baconiano, que possibilitaram uma Revolução Científica, a qual não teve grande impacto para o pensamento evolutivo da época, porém, apontou para a necessidade de um tratamento racional dos fatos, fenômenos e acontecimentos (MAYR, 1998).

O enfraquecimento do pensamento criacionista e o surgimento de um pensamento transformista iniciou-se com a descoberta de algumas evidências que colocavam em xeque a criação. O primeiro episódio foi a revolução copernicana, quando Nicolau Copérnico (1473-1543) afirmou que o Sol, e não a Terra, era o centro do universo (chamava-se de universo o sistema solar, pois era tudo o que conseguiam ver até então, com o auxílio de seus instrumentos rudimentares), como se compreendia naquele momento. Outros achados, nos séculos XVII e XVIII, feitos por geólogos, apontaram que a Terra era muito mais antiga do que se pensava e a descoberta de fósseis de animais extintos balançou a crença na constância, bem como na permanência da criação (MAYR, 2009).

A origem do pensamento evolucionista se inicia, então, em meados do século XVIII, quando alguns cientistas naturais se opunham de modo incisivo ao fixismo (criacionismo/essencialismo). Assim, as teorias biológicas passam a propor que os seres vivos não são imutáveis, pois “[...] aqueles que são vistos atualmente nem sempre existiram, nem sempre tiveram a mesma forma e nem sempre existirão” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 18).

Com o surgimento de um pensamento sobre o universo infinito, no espaço e no tempo, parece óbvio pensar também que ele estaria em constante mudança. Os físicos e astrônomos modernos nos mostraram que as próprias estrelas e galáxias evoluem; isso depende de um mundo dinâmico, não mais estático, mas que está em constante evolução. Um pensamento evolucionista, então, partiu da ideia de que o mundo é muito antigo e está sempre mudando, pois encontra-se em constante evolução (MAYR, 1998; 2009).

Os pesquisadores do final do século XVIII e início do século XIX chegaram à conclusão de que a *scala naturae* estática, na verdade, era uma espécie de escada rolante biológica, levando os organismos inferiores a seres mais avançados, complexos. Imaginou-se que o mundo vivo como um todo se moveria de organismos mais simples para outros cada vez mais complexos, culminando no homem (MAYR, 2009).

Entretanto, as mudanças mais radicais no pensamento da época aconteceram com as descobertas geológicas. O entendimento dos estratos geológicos, como depósitos sedimentares,

fez com que a compreensão sobre a idade da Terra fosse modificada. O primeiro a contrariar a igreja e afirmar que a Terra era muito mais velha do que dizia a Bíblia foi Buffon, em 1779, avaliando-a com pelo menos 168 mil anos (MAYR, 1998).

Conde de Buffon ou Georges Louis Leclerc (1707-1788) foi um dos primeiros naturalistas a defender o pensamento da modificação dos seres vivos. Ele, assim como outros naturalistas desse período, apresentou ideias que vão aos poucos se aproximando do pensamento evolucionista, mas ainda sem propor teorias próprias para explicar tal mecanismo (MAYR, 1998).

Buffon era rico, de família aristocrática e estudava a ciência como um passatempo, tendo se formado em Matemática e Física, embora também tivesse estudado Fisiologia Vegetal. Somente se dedicou à História Natural a partir de 1739, quando foi nomeado diretor do *Jardin du Roi*, em Paris. Nesse período, ele desenvolveu uma obra denominada *Histoire naturelle, générale et particulière*, em 36 volumes, que, após sua morte, foi acrescida de mais oito volumes, tornando-se a maior obra de História Natural já escrita. Ele foi contemporâneo a Linneu, porém, apresentou ideias que divergiam muito desse pensador (DUARTE, 2010).

Carl von Linné ou latinizado Carolus Linnaeus (1707-1778), mais conhecido como Linneu, foi considerado um antievolucionista e, por isso, parece não ter contribuído com o pensamento evolutivo. Entretanto, a sua classificação, baseada na teoria escolástica da divisão lógica, lançou os fundamentos para a elaboração de uma classificação natural e hierárquica, que, no decorrer do tempo, auxiliou a aceitação da descendência comum (MAYR, 1998).

Os historiadores da ciência contemporâneos identificaram, nas obras de Buffon, fragmentos de seu pensamento que podem ser entendidos como precursores das ideias evolucionistas. Sua enciclopédia literária de história natural apresentava os tópicos – como evolução – dispersos em diferentes volumes, sem contar que suas ideias evoluíram claramente durante a sua vida, o que dificultava a compreensão geral delas (MAYR, 1998; DUARTE, 2010).

Uma dessas ideias é a que ele afirmava que as espécies, ao se afastarem do seu centro de origem, se degeneravam, ou seja, se modificavam, incluindo o homem. Inicialmente, em seus trabalhos, Buffon era um newtoniano estrito, que se preocupava apenas com as entidades estáticas e descontínuas. Entretanto, posteriormente, ele apresentou indícios de uma ideia evolutiva, rejeitando claramente o essencialismo platônico, porém, continuava com um pensamento tipológico em seu tratamento das espécies (MAYR, 1998; DUARTE, 2010).

Em 1658 (*post mortem*), James Ussher, um arcebispo, calculou, por meio de registros bíblicos, que a Terra tinha cerca de 6.000 anos, do que Buffon discordara veemente, chegando a afirmar que o planeta era bem mais velho, com cerca de 70.000 anos. Depois de algum tempo, corrigiu-se, apontando uma idade ainda maior de 168.000 anos. Ele também afirmou que o homem fazia parte da classe dos animais, o que fez com que fosse pressionado pela igreja a retratar-se, em 1780 (DUARTE, 2010).

Entretanto, as contribuições de Buffon não pararam por aí. Em seu ensaio sobre a degenerescência dos animais, ele trata os organismos como sendo produtos do lugar em que viviam, de maneira que exerce influência ao pensamento de geólogos e paleontólogos até o século seguinte (MAYR, 1998).

Mayr (1998, p. 378) resume as contribuições de Buffon para o evolucionismo:

(1) Por meio de suas análises detalhadas, ele trouxe a idéia da evolução para o reino da ciência, a ser tratada daí por diante como um objeto próprio de pesquisa. (2) Ele generalizou os resultados das suas dissecações (como o seu colaborador Daubenton), desenvolvendo o conceito da “unidade do tipo”. Isso deu origem primeiro à escola da morfologia idealística, e depois à anatomia comparada, que tantas evidências produziu em favor da evolução. (3) Ele, mais do que qualquer outro, foi responsável por uma nova cronologia da Terra, isto é, pela aceitação de uma vasta escala do tempo. (4) Ele foi o fundador da biogeografia. Quando, sem fazer oposição a Linneu, arranhou as espécies de acordo com a sua região de origem, ele as agrupou em faunas [...].

Já ao final do século XVIII, geólogos haviam desistido de encaixar a história da Terra na escala de tempo de Ussher e dividiam-se em duas opiniões opostas sobre a geologia do planeta: as transformações que moldavam o planeta (i) eram geradas por grandes ciclos de criação e destruição; ou (ii) por mudanças geológicas lentas e imperceptíveis, mas ininterruptas e sem um direcionamento (DUARTE, 2010).

O primeiro cientista a contribuir para o esclarecimento dessa dualidade foi Jean Leopold Nicolas Frédéric Cuvier (1769-1832) ou Georges Cuvier, naturalista francês e considerado, atualmente, o pai da Paleontologia. Ele provou que os mamutes (elefantes fósseis) eram completamente diferentes dos elefantes existentes hoje, num estudo que comparava os fósseis de mamutes e de elefantes atuais; dessa maneira, chegou à conclusão de que as espécies se extinguem (DUARTE, 2010).

Ele constatou também que determinados grupos de fósseis podiam ser associados a determinadas camadas geológicas, ou seja, os fósseis eram indispensáveis ao reconhecimento de tais camadas. Isso fez com que constatasse que havia uma sucessão de faunas e que a substituição delas estava associada a grandes catástrofes. Porém, não conseguiu estruturar uma

teoria de evolução, pois acreditava que as espécies eram fixas, não se alteravam e eram substituídas após cada catástrofe (DUARTE, 2010).

Nessa época, meados para o fim do século XVIII, questionar a fixidez das espécies era uma heresia e aqueles que ousaram desafiar esse dogma foram, de certa forma, execrados pela igreja, como foi o caso de Buffon e do avô de Darwin, o naturalista Erasmus Darwin (1731-1802), que, em sua obra, *Zoonomia*, expôs ideias de transmutação, na qual explicava a transformação de uma espécie em outra. Também, Robert Chambers (1802-1871) publicou anonimamente o seu livro *Vestígios da História Natural da Criação*, em 1844, pois nele afirmava que uma falha no desenvolvimento dos fetos poderia ocasionar uma nova espécie (DUARTE, 2010).

Um dos primeiros naturalistas a propor uma teoria completa, que se dedicou a explicar a evolução da vida no planeta, foi Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), cavaleiro de Lamarck. Era um nobre de família pobre do norte da França, que, após servir o exército em sua juventude, passou a se interessar por botânica e escreveu seu primeiro livro, *Uma flora da França*, que lhe propiciou alguma notoriedade (MAYR, 1998; DUARTE, 2010).

Lamarck foi tutor do filho de Buffon e, sob influência deste, ingressou, em 1788, no departamento de botânica do Museu de História Natural da França. Em 1793, quando o museu foi reestruturado, ele foi indicado como professor de animais inferiores, que, depois, foram renomeados como invertebrados. Suas ideias evolucionistas surgiram por volta de 1800, durante o desenvolvimento de uma disciplina que era ofertada anualmente e, em 1809, Lamarck surpreendeu a todos com a publicação de *Philosophie Zoologique* (MAYR, 1998; DUARTE, 2010).

Lamarck foi influenciado por Newton, Descartes, Leibniz, Linneu e Buffon; em seu livro, afirmava que as espécies não foram criadas tal como as observamos hoje, defendendo que a sua fixidez não era uma verdade. Para ele, existiam duas linhas de seres vivos; uma para os vegetais e outra para os animais, sendo que os seres mais simples eram gerados espontaneamente. Essas linhagens progrediam pela necessidade e pelas forças internas (forças físicas, como o calor, os movimentos de fluidos e a eletricidade, removendo Deus de sua explicação) para um aumento de complexidade (dos mais simples aos mais complexos). Essas linhagens, apesar de lineares, permitiam ramificações (MARTINS, 1993; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2006; DUARTE, 2010).

Lamarck concluiu que existia evolução estudando a coleção de moluscos do Museu, pois o grande acervo de que dispunha permitiu que ele montasse linhagens filéticas perfeitas,

sendo que essa nova forma de apresentar os fatos excluía a extinção, já que era inevitável a conclusão de que muitas séries filéticas sofressem uma alteração lenta e gradual, ao longo do tempo. Segundo ele, as espécies apresentavam uma força interna²⁶ que as transformava, levando-as a alcançar níveis cada vez mais complexos; o surgimento de novas espécies e sua constante transformação haviam criado a grande cadeia do ser (MARTINS, 1993; MAYR, 1998; DUARTE, 2010).

Para muitos naturalistas contemporâneos a Lamarck, o conceito de extinção era inaceitável por alguns motivos, como: razões ideológicas, tanto para o teólogo quanto para os cartesianos e newtonianos; porque violava o princípio da plenitude; e porque violava os conceitos do equilíbrio da natureza. O ponto de vista da extinção era incompatível com a onipotência e a benevolência de Deus (MAYR, 1998).

Entretanto, Cuvier contestou as ideias de Lamarck e, para provar que a transmutação, defendida por ele, não procedia, comparou as múmias de animais trazidas por Napoleão Bonaparte, durante a campanha no Egito, com os animais da fauna atual daquele país, contestando que não havia diferenças entre eles. Isso serviu para que a teoria de Lamarck fosse desacreditada no meio acadêmico (DUARTE, 2010).

Mayr (1998) aponta algumas explicações, no decurso dos séculos XVII e XVIII, sobre esse impasse do desaparecimento de espécies fósseis: (i) os animais extintos representavam aqueles que foram mortos pelo dilúvio de Noé ou por alguma grande catástrofe; (ii) as espécies extintas poderiam muito bem estar sobrevivendo em partes do globo ainda não exploradas pelo homem; (iii) a extinção foi obra do homem (grandes mamíferos). Então, Lamarck propôs que a extinção das espécies não passava de um pseudoproblema, pois:

[...] A plenitude em parte alguma é interrompida, e as espécies estranhas, que só encontramos como fósseis, ainda existem, mas mudaram a tal ponto que já não são reconhecíveis, exceto onde dispomos de uma continuidade de horizontes fósseis e, como diríamos hoje, de um seguimento evolutivo lento. A mudança evolutiva, desta forma, era a solução para o problema da extinção [...] (MAYR, 1998, p. 391).

O evolucionismo de Lamarck apoiava-se fortemente em seus antigos estudos geológicos e, uma vez que era uniformitarista, como parte dos naturalistas do século XVIII, postulou uma imensa idade para a Terra, assim como Buffon, e visualizava mudanças contínuas operando

²⁶ Antes de se tornar evolucionista, Lamarck era considerado um vitalista e acreditava na força vital (*vis vitalis*), assim como seus contemporâneos. Entretanto, ele mudou de ideia e passou a considerar que as forças que regiam os seres vivos eram as mesmas forças físicas e químicas que regiam a matéria inanimada (MARTINS, 1993).

durante esse grande espaço de tempo. Para ele, as coisas mudavam, mas de modo extremamente lento (MAYR, 1998).

Ainda, para Lamarck, a geração espontânea era quem gerava continuamente os organismos inferiores, pois negava que moléculas orgânicas pudessem combinar-se em animais complexos. E, uma vez formados os organismos inferiores, por geração espontânea, o processo da evolução encarregar-se-ia de desenvolvê-los na direção da perfeição e complexidade sempre maior (MAYR, 1998).

Para a maioria dos precursores da evolução, a natureza era basicamente estática. “Lamarck substituiu essa imagem de um mundo estático pela de um mundo dinâmico, onde não apenas as espécies, mas toda a corrente do ser e o inteiro equilíbrio da natureza estavam em fluxo constante” (MAYR, 1998, p. 395).

Outro precursor do evolucionismo foi o zoólogo do Museu Nacional de Paris, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844), um dos maiores especialistas em anatomia comparada que, em 1833, apresentou suas ideias a respeito da evolução. Embora contemporâneo de Lamarck, chegou à conclusão de que a evolução existia por meio de outros processos, contrários àqueles que Lamarck defendera anos antes, não aceitando a transmissão dos caracteres adquiridos. Para ele, as influências do meio poderiam perturbar o desenvolvimento do embrião, gerando, assim, novas espécies (DUARTE, 2010).

Para defender suas ideias, Geoffroy apresentou evidências de semelhanças entre animais completamente diferentes, como um artrópode e um vertebrado. Para ele, o meio, em determinadas circunstâncias, poderia promover uma mudança ao desenvolvimento e originar novas espécies. Essa evolução provocaria mudanças súbitas às espécies, por saltos (DUARTE, 2010).

Essas ideias florescidas antes de Darwin ofereceram suporte ao pensamento evolutivo que foi construído por ele e seus contemporâneos e que balizou os conhecimentos sobre evolução, os quais mudaram radicalmente a forma de pensar da ciência moderna. Vejamos como, principalmente Darwin, construiu o pensamento que romperia com as ideias fixistas do criacionismo no século XIX.

1.2.3. Evolução Darwiniana

O pensamento evolucionista espalhou-se durante o fim do século XIX e início do século XX, não apenas nas ciências biológicas, mas também em outras áreas do conhecimento

humano, como a filosofia, a sociologia, a linguística, a psicologia e a economia. Entretanto, permaneceu sob suspeição, durante os oitenta anos seguintes, a grande cartada de Darwin, que foi o *A Origem das Espécies*, publicada em 1859 (MAYR, 2009).

Sua teoria recebeu inicialmente uma grande quantidade de críticas, primeiramente, dos setores religiosos e sem valor científico, mas, posteriormente, apesar do apoio de uma parcela da comunidade científica, recebeu duras críticas advindas da própria ciência, nos seus diversos ramos e de dentro da própria biologia, em áreas como a paleontologia, genética, embriologia, psicologia, etc. (FREIRE-MAIA, 1988).

Para Simpson (1962, p. 265), Darwin mereceu o lugar de destaque “[...] por ter estabelecido, de maneira cabal e definitiva, a evolução como um fato e não mais como uma especulação ou como uma hipótese alternativa para a investigação científica”. Apesar desse destaque, com o qual concordamos, cabe lembrar que outros naturalistas também contribuíram de forma assertiva para a propagação e consolidação do pensamento evolutivo.

Para Mayr (1998; 2009), Darwin não só questionou a crença na constância e na pouca idade do planeta, mas também a causa da clara adaptação dos organismos a ele, além da posição única do homem junto dos demais seres vivos.

[...] Darwin fez bem mais do que postular a evolução (e apresentar evidências convincentes de que ela realmente ocorreu); ele também propôs uma explicação para a evolução que não se apoiava em poderes ou forças sobrenaturais. Explicou a evolução de forma natural, isto é, por meio de fenômenos e processos que qualquer um podia observar todos os dias na natureza (MAYR, 2009, p. 29).

A ideia de Darwin apresentou importância sobre dois aspectos principais: (i) a de que a evolução não é linear (uma inovação no pensamento evolutivo), mas sim uma divergência a partir de um ancestral comum; assim, duas espécies semelhantes seriam descendentes de uma única espécie ancestral, de forma que, por fim, todas as espécies seriam, em maior ou menor grau, aparentadas; (ii) e a elaboração de uma teoria sobre o processo que causa as mudanças evolutivas, descoberta independentemente por Wallace, chamada por eles de Seleção Natural (MEYER; EL-HANI, 2005).

Simpson (1962, p. 266) aponta que: “enquanto a demonstração de Darwin de que a evolução *ocorreu* teve que enfrentar ataques inevitáveis fundamentados no preconceito, na emoção e no dogma, sua teoria sobre *como* ela ocorreu, também foi atacada pelos evolucionistas e em bases realmente científicas” (grifos do autor). Futuyma (2002, p. 9) afirma que:

O impacto mais imediato de *A Origem das Espécies* foi fornecer uma estrutura conceitual para o estudo da morfologia comparada, embriologia descritiva, paleontologia e biogeografia, porque as “relações” entre organismos passaram a ser, então, compreendidas como significando ancestralidade comum ao invés de afinidades no esquema da criação (como na *Scala Naturae*) (grifos do autor).

Charles Robert Darwin (1809-1882) nasceu em Shrewsbury, na Inglaterra, cresceu na aristocracia rural e perdeu sua mãe aos 8 anos de idade, tendo sido criado por suas irmãs mais velhas. Era neto de dois renomados aristocratas ingleses, Erasmus Darwin (1731-1802) e Josiah Wedgwood (1730-1795) (RÁDL, 1930; ROSE, 2000).

Erasmus era médico reconhecido, mas também desenvolveu atividades em diversos outros ramos, inclusive, na história natural, tendo publicado dois principais livros: *Zoonomia or the Laws of Organic Life*, em 1794, e *Phytologia or the Philosophy of Agriculture and Gardening*, em 1799, que apresentaram algumas especulações protoevolucionistas (RÁDL, 1930).

Josiah foi o capitão da indústria cerâmica, autodidata e questionador, assim como Erasmus, sempre buscando novas maneiras de entender o mundo por esforço próprio; aprimorando e aperfeiçoando seus produtos manufaturados, foi um empresário de sucesso (ROSE, 2000). Entretanto, mesmo tendo duas figuras inspirativas em sua família, Charles fez pouco esforço para relacionar a sua teoria com as de seu avô, Erasmus. Assim, o trabalho deste foi ofuscado pelo grande sucesso do seu neto (RÁDL, 1930).

Charles Darwin foi enviado, juntamente com seu irmão mais velho, em 1825, à Universidade de Edimburgo para estudar medicina, entretanto, sentia uma repulsa profunda pelas aulas de anatomia e as dissecações, de maneira que resolveu abandonar a formação. Então, passou a cursar as aulas de História Natural e, revivendo uma paixão da infância pela ciência e pela natureza, entrou em um grupo estudantil de história natural, no qual passou a conhecer e tecer amizades com professores dessa área. Entretanto, em 1827, seu pai o retirou de Edimburgo, já que desistira do curso de medicina, e o enviou para Cambridge, a fim de que se tornasse clérigo (ROSE, 2000).

Durante sua formação em Cambridge, Darwin se aproximou ainda mais da ciência, acompanhando o trabalho de professores que tinham uma orientação mais científica, como o reverendo J. S. Henslow (1796-1861), o qual era professor de botânica. Em 1831, apareceu uma oportunidade, ao ser convidado para acompanhar uma expedição pela costa sul-americana, como naturalista de bordo. O navio M. S. Beagle zarpu em dezembro de 1831, numa viagem que durou quase 5 anos e circunavegou o mundo (ROSE, 2000).

Durante a expedição, Darwin coletou enorme quantidade de espécimes biológicos, além de rochas e fósseis. Também, teve acesso a uma grande quantidade de livros e teorias, interessando-se mais por geologia, tendo como principal leitura o *Princípios de Geologia* de Charles Lyell. Ao retornar à Inglaterra, em 1836, estabeleceu-se inicialmente em Londres e sua carreira como naturalista ganhou notoriedade, aliando-se aos ingleses mais cultos de sua época, como Lyell, Whewell, Robert Brown, Buckel, Macaulay e Carlyel, que se tornaram seus amigos e que lhe proporcionaram o ingresso à Sociedade de Geologia, em 1836, e, em 1839, à *Royal Society* (RÁDL, 1930; ROSE, 2000).

Entretanto, como afirma Rose (2000, p. 29):

[...] Darwin não voltou à Inglaterra, em 1836, como um evolucionista. Não teve nenhum grande *insight* sobre a origem das espécies enquanto esteve na Marinha Real. Sua principal especulação científica foi a respeito do papel dos recifes de coral na formação das ilhas tropicais – idéia que levou a uma de suas primeiras publicações.

O exato momento em que Darwin se torna um evolucionista tem sido motivo de controvérsia, uma vez que uma mudança tão radical de um pensamento fiel à criação a um pensamento evolutivo requereu dele uma reorientação ideológica profunda. Antes de sua vida científica, ele era ortodoxo e sua crença encerrava-se em um mundo criado e habitado por espécies constantes. Embora tenha sido influenciado por seu avô, Erasmus, ele, assim como todos os seus amigos, acreditava na fixidez das espécies, sendo o maior exemplo deles, Lyell (MAYR, 1998).

Darwin somente abandonou o cristianismo nos dois anos seguintes do seu retorno à Inglaterra, sendo que, em parte, isso se efetivou por conta da sua crítica à Bíblia. Em seus escritos científicos, ele abordou sobre essa reorientação no livro *A variação dos animais e das plantas pela domesticação*, publicado em 1868 (MAYR, 1998). Nesse livro, ele afirma:

Se assumirmos que cada variação específica foi predeterminada desde o início de todos os tempos, a plasticidade da organização, que leva a muitos desvios prejudiciais de estrutura, bem como o poder redundante de reprodução que inevitavelmente leva a uma luta pela existência e, como uma consequência, a seleção natural do mais apto, podem parecer-nos leis supérfluas da natureza. Por outro lado, um criador onipotente e onisciente ordena tudo e prevê tudo. Portanto, somos colocados face a face com uma dificuldade tão insolúvel como a do livre-arbítrio e da predestinação (DARWIN, 1868, p. 432, tradução nossa).

Darwin chamou sua principal obra de *On the Origin of Species*, por ter uma convicção de que a mudança de uma espécie para outra era o maior problema da evolução. Uma vez

refutada a espécie fixa e essencialista, o pensamento evolucionista conseguiria se estruturar. Desse modo, Darwin não foi o primeiro a se preocupar com a origem da diversidade, mas o arcabouço teórico por ele elaborado é considerado de modo anacrônico o mais completo e sistematizado (MAYR, 1998).

O que iniciou a conversão dos biólogos, após 1859, ao evolucionismo não foi, segundo Mayr (1998), a criação por Darwin de um mecanismo evolutivo, mas sim pela demonstração por ele, do potencial evolutivo das espécies, possibilitando a teoria da descendência comum, que, por hora, explicava o grande sucesso da diversidade da vida no planeta, antes uma incógnita.

Essa forma de encarar o problema da evolução não se deveu a Darwin, a Lamarck ou a outro precursor, mas sim a Lyell, o antievolucionista. Para ele, a vida orgânica consistia nas espécies e, se existisse evolução, as espécies deveriam ser seus agentes. Com essa questão levantada, Darwin e Wallace debruçaram-se sobre o conceito de espécie para propor suas teorias evolucionistas (MAYR, 1998).

Thomas Malthus (1766-1834) também influenciou muito o pensamento de Darwin a partir da leitura de seu *Essay on Population*, publicado, pela primeira vez, em 1798. A influência que as ideias de Malthus exerceram sobre ele é identificada na segunda edição do seu *Journal*, em que fica evidente que ele aceitou a visão malthusiana da superpopulação e dela deduziu a luta pela existência (RÁDL, 1930).

A despeito de muitas especulações, Darwin percebe o problema das espécies, a especiação geográfica, apenas em 1837, quando John Gould, que trabalhava em suas coleções de pássaros, trazidos das ilhas Galápagos, apontou para a diferença específica dos pássaros canoros imitadores *Mimus*. Ficou evidente para Darwin que muitas populações eram intermediárias entre a espécie e a variedade; além disso, as espécies de ilhas revelavam-se desprovidas da constância e da delimitação defendida pelos criacionistas e essencialistas (MAYR, 1998; ROSE, 2000).

Assim, Darwin começou a duvidar de seu conceito de espécie²⁷, o que foi superado por ele, após o estudo minucioso das diferenças dos pássaros de cada ilha. Fica evidente que o interesse maior de Darwin foi a questão das espécies e, de modo mais abrangente, as questões da origem da diversidade. Porém, pode-se verificar em seus diários e manuscritos que ele titubeou sobre a especiação em vários momentos de sua vida, pois parecia ter uma certa

²⁷ Segundo Allgayer (2013, p. 153), para Darwin: “as espécies podem ser vistas como indivíduos que possuem características bem marcadas, que surgem a partir do acúmulo de pequenas variações ao longo do tempo”.

dificuldade de visualizar barreiras no continente que pudessem isolar espécies simples (MAYR, 1998).

Nos vinte anos posteriores a 1837, Darwin não falava de evolução e seu interesse concentrava-se no problema das espécies. Com a intenção de oferecer respostas concretas às questões das espécies, ele sentiu necessidade de reunir o maior número possível de evidências a favor de suas ideias. Porém, o tempo que demorou entre compreender o problema, propor uma solução e a publicação do livro foi muito grande, cerca de duas décadas (MAYR, 1998).

A motivação para a procrastinação de Darwin aconteceu por diversas razões, dentre elas, porque ele tinha literalmente medo de publicar os seus pontos de vista, devido ao clima intelectual da Inglaterra na época, que não era nada favorável à aceitação de sua teoria. Ele sabia que suas ideias sobre a transmutação das espécies seriam consideradas afrontas ao clero e entre os cientistas leigos; assim, a última coisa que queria era causar uma convulsão social. Entretanto, também tinha a preocupação de que seu grande feito fosse reconhecido pelas futuras gerações, então, preparou dois esboços sucintos sobre suas ideias para que, cuidadosamente, fossem publicados após sua morte, o que nunca ocorreu (ROSE, 2000).

Decorrente da demora de Darwin em publicar seus estudos e ideias, ele recebeu, em 1858, uma carta de Wallace, acompanhada de um manuscrito “*Sobre a tendência de as variedades se afastarem indefinidamente do tipo original*”, na qual pedia a opinião de Darwin para a publicação, o que lhe aconteceu como um balde de água fria, já que estava com um primeiro esboço do seu livro quase pronto. Então, Lyell e Hooker apresentaram, em 1º de julho de 1858, na *Linnean Society of London*, o artigo de Wallace, juntamente com trechos do *Essay*, de Darwin; entretanto, o evento teve pouquíssima repercussão (MAYR, 1998).

“Depois que Wallace fez Darwin sair de sua bolha e o expôs à opinião pública na questão da evolução, Darwin apressou-se a produzir alguma coisa que defendesse melhor suas ideias do que um simples artigo” (ROSE, 2000, p. 34). Então, ele preparou um “resumo”, entre julho de 1858 e março de 1859, que resultou no *Origin*, com 490 páginas de texto. Seu editor o convenceu a retirar do título a palavra resumo e a primeira edição foi, então, publicada em 24 de novembro de 1859, com 1250 exemplares (MAYR, 1998).

Já Alfred Russel Wallace (1823-1913), era um naturalista inglês, que nasceu na pequena cidade de Usk, no sudoeste da Inglaterra; teve oito irmãos e provinha de uma família de classe média, que enfrentou diversas dificuldades financeiras. Aos 14 anos, foi enviado a Londres para trabalhar de carpinteiro e, em seus momentos de distração, assistia palestras de Robert Owen (1771-1858), um socialista e idealista de grande importância em sua formação (SOUZA, 2014).

Wallace trabalhou com seus irmãos e aprendeu alguns ofícios, como carpintaria, marcenaria e agrimensura; esta última o levou a diversas regiões do país, lhe proveu habilidades de desenho e oportunidade de estudos, de forma que se interessou, inicialmente, por botânica. Ele construiu um herbário particular e, no aprofundamento de seus estudos, também leu o *Principles of Geology*, de Lyell, o *Essay*, de Malthus, e o *Vestiges*, de Chambers (SOUZA, 2014).

Em 1844, Wallace foi aprovado em uma seleção para professores e começou a lecionar inglês, aritmética e agrimensura. Na biblioteca da cidade onde lecionava, conheceu Henry Walter Bates (1825-1892), um naturalista autodidata, interessado em insetos, com quem Wallace aprendeu entomologia e iniciou sua coleção de insetos. No ano seguinte, leu o *Journal* de Darwin, que narrava sua expedição a bordo do Beagle, o que o fez se interessar por geologia e história natural (SOUZA, 2014).

Já em 1847, ele se mudou para a cidade de Neath para cuidar dos negócios do falecido irmão, porém, desistiu e retornou a lecionar. Mas seu recente interesse por viajar e desbravar o mundo, como Darwin fizera, o levou a assumir a função de coletor de espécimes e, em 1848, iniciou sua viagem aos trópicos; juntamente com seu amigo Bates, viajaram para o Brasil, na Amazônia (SOUZA, 2014).

Sua viagem durou pouco menos de quatro anos e, em 1852, retornou à Inglaterra. Infelizmente, o navio em que estava incendiou-se, de maneira que suas coleções e anotações se perderam. Em 1854, Wallace iniciou nova viagem, dessa vez, ao arquipélago malaio. Nessa viagem, ele coletou cerca de 125.000 espécies e escreveu cerca de 38 artigos. Nesse período, também ele escreveu dois artigos de relevância sobre seleção natural, sendo um deles o que enviou a Darwin, em 1858, *On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type* (SOUZA, 2014).

Retornando à publicação do *Origin*, por Darwin, foi evidente que o livro despertou uma enorme oposição, partindo principalmente da Igreja, mas também por parte de naturalistas, filósofos, jornalistas, políticos etc. Diversos jornais ingleses teceram críticas fortíssimas à ideia da descendência humana dos primatas, incluindo charges, que o ridicularizavam. Darwin estava ciente das dificuldades que enfrentaria com a sua obra, ao propor um pensamento tão revolucionário para a época; pode ter sido por isso que se preocupou tanto em acumular evidências e aperfeiçoar a lógica de suas provas. Então, ele iniciou sua teoria com duas suposições: a de que a espécie é um grupo determinado artificialmente e que as formas de vida atuais são o resultado da seleção (RÁDL, 1930; FREITAS, 2014).

Para Mayr (1998), ele apresentou, então, em seu livro, não uma, mas um conjunto de teorias para a evolução biológica, como: a especiação, a descendência comum, a evolução gradual e a seleção natural, ao mesmo tempo em que se preocupou em explicar que o mundo vivo não era estático, mas que evolui.

Com isso, Darwin construiu uma longa e detalhada argumentação com uma série de evidências e teorias a favor da evolução das espécies. São evidências darwinianas: os fósseis, a distribuição geográfica, a homologia e a embriologia. Já as teorias são: a teoria básica da evolução (as espécies são mutáveis); evolução ramificada (todos os organismos descendem de um ancestral comum); a origem da diversidade (as espécies tendem a se multiplicar); a evolução gradual (não existem saltos ou descontinuidades); e a seleção natural (a luta pela existência) (MAYR, 1998; MEYER; EL-HANI, 2005).

Sobre a primeira teoria, Meyer e El-Hani (2005) explicam que Darwin se preocupou em apontar as evidências que sustentam a ideia de que as espécies não são imutáveis, mas que evoluem. Essa ideia não era uma novidade no meio científico da época e já fazia parte de um pensamento emergente, concretizado em Darwin e aceito, atualmente, por quase a totalidade da comunidade científica.

A segunda teoria darwiniana apontava para a origem comum de todos os seres vivos extintos e atuais. Segundo ela, “para Darwin, novas espécies surgem de espécies preexistentes. Estas por sua vez, teriam também se originado, no passado, de outras espécies” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 35). Desse modo, poderíamos reconstruir a história evolutiva de todas as espécies, partindo de ancestrais comuns, de maneira que se diferenciavam em toda a diversidade presente no planeta.

A terceira teoria darwiniana, segundo Meyer e El-Hani (2005), propunha que a variação dentro da espécie origina diferenças entre as espécies. Assim, muda-se a compreensão de que são os indivíduos que mudam ao longo do processo evolutivo para a compreensão de que são, na verdade, as populações que mudam. Para Darwin, esse processo explicaria a origem das diferenças entre as populações e as diferenças entre as espécies. Desse modo, a evolução seria um processo cumulativo de mudanças nas populações, operando em escalas de tempo mais longas, o que gera a grande diversidade de formas que visualizamos no planeta hoje.

A quarta teoria darwiniana explica que a evolução é gradual, ou seja, “as grandes mudanças evolutivas ocorreram com uma sucessão de mudanças menores que se acumularam” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 37). Essa teoria foi audaciosa, pois, em conjunto com a terceira teoria, teria que explicar todos os níveis de diversificação das formas vivas. Entretanto, tal

pensamento, conhecido como gradualismo, sofreu e ainda hoje sofre críticas, pois há grandes lacunas na diversidade do mundo natural, de maneira que não são encontrados vestígios de antecessores (id.).

A quinta teoria darwiniana afirma que a seleção natural é o principal mecanismo evolutivo. Essa teoria foi proposta, independentemente, por Darwin e Wallace, que a explicaram em suas publicações: a luta pela subsistência em busca de recursos seleciona as variações que são melhor adaptadas às condições do ambiente; se essa variação apresenta características herdáveis, ela será transmitida às novas gerações (MEYER; EL-HANI, 2005).

Para Darwin, “a evidência mais convincente da existência da evolução é a descoberta de organismos extintos em estratos geológicos antigos” (MAYR, 2009, p. 34). Ele inferiu que a Terra tinha alguns milhares de milhões de anos, baseando-se em dados puramente geológicos sobre a espessura dos estratos, a lentidão com que se sedimentaram e os efeitos da erosão. A grande idade do planeta satisfazia suas ideias subjacentes, pois, nesse longo período, qualquer fenômeno evolutivo poderia ser observável, também como um processo lento e gradual (MAYR, 1998).

Os estudos geológicos, à época de Darwin, demonstravam que os documentos fósseis eram imperfeitos; assim, da forma com que as espécies eram preservadas, contavam mais uma história de descontinuidade do que as explicava. Sendo assim, ele tinha uma questão muito complexa a ser respondida: “Por que será então que não se encontram estas formas intermédias abundantemente em cada estrato das formações geológicas?” (DARWIN, 1859, p. 280). O que, no final, ficou sem solução e o próprio Darwin admite permanecer sem explicação.

Apenas uma porcentagem muito pequena de organismos que já existiram foram preservados na forma de fósseis. Muitas vezes, os estratos que continham fósseis estavam em placas que depois afundaram e foram destruídas nos processos tectônicos. Outros estratos foram dobrados, comprimidos e metamorfoseados, obliterando os fósseis. Além disso, nem todos os estratos que contêm fósseis estão expostos na superfície do planeta. Por fim, é bastante improvável que um organismo se fossilize, já que a maior parte dos seres vivos mortos são comidos por animais necrófagos ou se decompõem (MAYR, 2009, p. 35).

Entretanto, com suas inferências, a partir do registro fóssil, Darwin não conseguiu apenas sustentar a sua teoria, mas também refutar a tese da imutabilidade das espécies, as teorias ortogenéticas, o catastrofismo e teorias saltacionistas. Ele desenvolveu alguns princípios evolutivos bem gerais, como o da variabilidade de cada espécie, afirmando que ela seria independente de todas as outras; em decorrência disso, cada espécie teria a sua própria taxa de evolução, numa proporção mais lenta ou mais rápida (MAYR, 1998).

Outro conceito que se adaptou muito bem à teoria darwiniana foi o de extinção, pois, para ele, a extinção era um fenômeno concomitante necessário para a evolução. “Assim, os descendentes modificados e aperfeiçoados de uma espécie causam geralmente o extermínio da espécie-mãe” (DARWIN, 1859, p. 320-321). Também, pode acontecer de “[...] uma espécie nova aproveitar e ocupar o lugar de outra espécie pertencente a um grupo diferente, e assim provocar a sua extinção” (id.).

Para Darwin, a extinção é um processo lento e gradual, findado no desaparecimento do último indivíduo sobrevivente da espécie. Assim, ele apresentou a evidência decisiva da evolução, da forma como é revelada pelo estudo dos registros fósseis. Mayr (1998) as apresenta na forma de generalizações amplas:

(1) todas as formas fósseis podem ser enquadradas “num grande sistema natural”, mesmo os tipos extintos, como os amonitas (que são cefalópodes), ou os trilobitas (que são artrópodes); (2) como regra geral, quanto mais antiga a forma, tanto mais ela difere das formas existentes; (3) os fósseis de duas formações consecutivas são muito mais estreitamente aparentados entre si que os de duas formações afastadas; (4) as formas extintas de um determinado continente são estreitamente correlatas as formas vivas desse continente [...] A esse fenômeno Darwin deu o nome de “a lei da sucessão dos tipos” (MAYR, 1998, p. 486, grifos do autor).

Sobre a distribuição geográfica das espécies, dois fenômenos chamaram a atenção de Darwin: o primeiro era o fato de que uma fauna de regiões temperadas consistia em espécies aparentadas com as dos trópicos do mesmo continente, mais do que com espécies de zonas temperadas de outros continentes; o segundo era que as faunas de ilhas se assemelhavam estreitamente com as das áreas subjacentes do continente, muito mais do que com as de outras ilhas. Isso propiciou que inferisse que a distribuição não era um mero acaso (MAYR, 1998).

Então, segundo Mayr (1998), postulou que a distribuição era um resultado da descendência comum e dos padrões de distribuição e, particularmente, as discontinuidades poderiam ser explicadas por uma de duas hipóteses:

Ou (1) o táxon em questão teria a capacidade dispersiva para atravessar barreiras, como uma espécie montanhosa que é capaz de cruzar planícies para ir colonizar outra formação de montanhas; ou (2) as áreas descontínuas são remanescentes (reliíquias) de áreas anteriormente contínuas (MAYR, 1998, p. 499).

A descendência de ancestrais comuns, mais as duas hipóteses de distribuição, permitiriam, segundo Darwin, a explicação de qualquer padrão distributivo, sem, com isso, recorrer a explicações sobrenaturais (MAYR, 1998).

Dentre todas as linhas de evidências que Darwin usou para postular a evolução, a morfologia tinha elevado apreço por ele. Segundo Mayr (1998, p. 508), “a morfologia é a ciência da forma dos animais e das plantas” e “seu lugar exato dentro do arcabouço teórico da biologia sempre foi assunto controvertido”.

Anteriormente a Darwin, a morfologia foi complexa e resultante de diferentes escolas, porém, os morfologistas idealistas eram incapazes de explicar a unidade do plano e porque as estruturas guardavam rigorosamente o seu modelo de conexões, independentemente do quanto fossem modificadas pelas necessidades funcionais. Já para Darwin, a morfologia era mais simples, pois, para ele, todos os animais compartilham os mesmos tipos morfológicos, resultando numa incrível semelhança anatômica, justamente porque todos eles descendem de um ancestral comum do qual herdaram esse padrão estrutural (MAYR, 1998).

Sendo assim, a seleção natural constantemente atuará na modificação dos componentes desse padrão, de modo a torná-lo mais eficiente nas funções as quais serve, não implicando, porém, na destruição do modelo básico. Desse modo, Darwin substituiu o arquétipo da morfologia idealista pelo ancestral comum e, em decorrência disso, a homologia foi redefinida pelos darwinianos como: “Os atributos de dois organismos são homólogos quando procedem de uma característica equivalente do ancestral comum” (MAYR, 1998, p. 519).

A embriologia foi a última área a fornecer evidências da evolução a Darwin. Para ele, essa área da biologia abasteceu os mais fortes argumentos anticriacionistas, pois, se as espécies tivessem sido criadas, a sua ontogenia haveria de conduzi-las por uma via mais direta, do ovo até a forma adulta, e não o que se verifica, de fato, em que ocorrem alguns desvios durante o desenvolvimento (MAYR, 1998).

Para Darwin, a estrutura embrionária comum remetia à descendência comum e lhe ofereceu um dos mais contundentes argumentos anticriacionistas:

[...] Se as espécies tivessem sido criadas, a sua ontogenia haveria de conduzi-las pela via mais direta, desde o ovo até o estágio adulto. Mas isso não é de forma alguma o que se verifica, tendo em vista que usualmente ocorrem extraordinários desvios durante o desenvolvimento (MAYR, 1998, p. 525).

Após a elaboração dessas evidências, Darwin se preocupou em explicar, de maneira detalhada, o seu principal mecanismo da evolução, a seleção natural. Esse processo não foi simples ou fácil, mas um caminho de contínua aceitação e refutação de teorias alternativas (MAYR, 1998). Para Rádl (1930), a tarefa de Darwin de explicar a seleção natural foi muito difícil, pois não havia como estabelecer regras gerais, já que as variações individuais pareciam

não seguir nenhuma lei. Assim, são múltiplas e variadas as condições que ocasionam a extinção de uma variação e a manutenção de outras.

A teoria da seleção natural de Darwin apresentava três inferências, baseadas em cinco fatos, derivados da ecologia de populações e dos fenômenos da hereditariedade, a saber:

Fato 1: Todas as espécies possuem tão grande potencial de fertilidade que, se todos os indivíduos nascidos se reproduzissem com êxito, o tamanho da sua população cresceria exponencialmente [...]; *Fato 2:* Exceto em relação a flutuações anuais menores, e a flutuações ocasionais maiores, as populações são normalmente estáveis; *Fato 3:* Os recursos são limitados. Num meio ambiente estável, eles permanecem relativamente constantes; *Inferência 1:* Desde que é produzido maior número de indivíduos do que podem suportar os recursos disponíveis, mas permanece estável o tamanho da população, isso implica que deve haver uma luta feroz pela existência entre os indivíduos de uma população, resultando na sobrevivência de apenas uma parte, muitas vezes muito pequena, da progênie de cada geração; [...] *Fato 4:* Não existem nem dois indivíduos que sejam exatamente iguais; toda população ostenta uma enorme variabilidade; *Fato 5:* Grande parte dessa variação é herdável; *Inferência 2:* A sobrevivência na luta pela vida não é a esmo, mas depende, em parte, da constituição hereditária dos indivíduos que sobrevivem. Tal sobrevivência desigual constitui um processo de seleção natural; *Inferência 3:* No curso das gerações, esse processo de seleção natural conduzirá a uma mudança gradual e contínua das populações, vale dizer, à evolução e à produção de novas espécies (MAYR, 1998, p. 536, grifos do autor).

Esse pensamento selecionista, como proposto por Darwin, era diametralmente oposto ao pensamento criacionista, ao essencialista e ao teleológico, vigentes à época da publicação de *A Origem das Espécies*, de 1859. Isso causou, nos anos posteriores à publicação, o que ficou conhecido como a ‘Revolução Darwiniana’, já que ele não apresentou apenas a substituição de teorias científicas, como a da imutabilidade das espécies, por outra, mas reorientou o pensamento vigente sobre o papel do homem a respeito de si mesmo (MAYR, 1998).

Segundo Rádl (1930), Darwin sugere, em diferentes trechos do *Origem*, que sua ideia da seleção natural se compara à descoberta da gravitação universal por Newton. Uma vez que este teórico descobriu as leis que regem os corpos celestes, Darwin havia descoberto uma lei para todos os seres vivos, explicando, por meio da luta pela existência, quase todos os atributos que diferenciam os seres vivos uns dos outros.

Para Darwin, a seleção natural era uma base suficientemente concreta sobre a qual poderia se construir uma explicação materialista e mecanicista da vida, pois, em nenhum ponto dessa explicação, havia necessidade de invocação de uma divindade. Ele propunha um processo simples de acumulação gradativa, de pequenos aperfeiçoamentos, sem objetivo ou direção, mas que, a longo prazo, gera a grande diversidade de tipos existentes (ROSE, 2000).

As implicações filosóficas de sua teoria foram resumidas por Mayr (1998, p. 559-560) em:

(1) A substituição de um mundo estático por um mundo evolutivo [...]; (2) A demonstração da não-plausibilidade do criacionismo (GILLESPIE, 1979); (3) A refutação da teleologia cósmica; (4) O fim de qualquer justificação para um antropocentrismo absoluto, pela aplicação do princípio da descendência comum do homem; (5) A explicação do “plano” do mundo puramente pelo processo materialista da seleção natural, processo este que consiste em uma interação entre a variação não-direcionada e o sucesso reprodutivo oportunista, o que era totalmente estranho ao dogma cristão; (6) A substituição do essencialismo pelo pensamento de população.

As oposições à sua teoria efetivaram-se por diferentes motivos, mas os principais foram: (i) a *ameaça ao argumento do plano*, já que explicar a natureza por intermédio das forças de seleção excluía Deus do processo da criação; (ii) o *poder do essencialismo*, já que, para o essencialista, a seleção natural nunca poderá afetar a essência, somente eliminar os desvios do tipo; (iii) a *ambiguidade do termo seleção*, sendo que o próprio Darwin apresentou dificuldades em empregar o termo “seleção”, uma vez que esse termo implica a existência de um sujeito que seleciona; (iv) a *evolução acidental*, já que Darwin eliminou a existência de qualquer fator finalístico como agente da mudança evolutiva; (v) as *objeções metodológicas*, empregadas pelos adversários de Darwin sem conhecimento biológico, como os matemáticos, físicos, engenheiros, filósofos, teólogos, etc., que criticaram o método utilizado por Darwin, mais dedutivo do que indutivo; este último era tido por eles como o único e verdadeiro método científico; (vi) a *ausência de provas*, que, por ser uma explicação baseada no raciocínio dedutivo, carecia de provas experimentais, a qual começou a ser superada com a descoberta do mimetismo das borboletas heliconídeas por H. W. Bates, em 1862; (vii) a *impossibilidade de falsificação*, de acordo com a filosofia popperiana; (viii) a *resistência ideológica*, que era inevitável ao se aplicar a seleção natural também ao homem, sendo que a ligação do nome de Darwin ao darwinismo social de Herbert Spencer também foi prejudicial à sua aceitação; e (ix) as *objeções empíricas*, pois era impossível observar a perfeita continuidade das espécies na natureza, assim, o que realmente se via era apenas a descontinuidade; isso enfraquecia o gradualismo da evolução darwiniana (MAYR, 1998).

A reação ao *Origem* é famosa na história da ciência, pois algumas autoridades atacaram o livro enquanto jovens cientistas em ascensão o defenderam. Thomas H. Huxley foi apelidado de “cão de guarda de Darwin”, por defendê-lo dos ataques do bispo Samuel Wilberforce. Caricaturas de Darwin foram publicadas em jornais e revistas, mas a comunidade científica

adotou rapidamente a ideia da evolução; apenas o conceito de seleção natural que foi mais tardiamente aceito (ROSE, 2000).

As discordâncias com a teoria da evolução de Darwin eram inúmeras, mesmo ele tendo todo o cuidado de acumular o maior número possível de evidências, o que propiciou a abertura de campo para o surgimento ou reanimação de teorias evolucionistas concorrentes ou alternativas, a saber: a teoria dos saltos, as teorias neolamarckistas e as teorias ortogenéticas.

As teorias dos saltos se opunham ao pensamento gradual de Darwin e tinha relativamente poucos adeptos entre 1860 e 1880, porém, após 1894, ganharam popularidade sob o nome de mutacionismo (MAYR, 1998).

As teorias neolamarckistas foram as teorias de oposição a Darwin com maior força e defendiam principalmente dois aspectos da teoria de Lamarck: o de evolução vertical (adaptação como melhoria) e o de hereditariedade tênue (as características adquiridas de um indivíduo podem ser herdadas). Eram um grupo muito heterogêneo, de maneira que os conceitos de uso, desuso e herança dos caracteres adquiridos eram unanimidade entre os representantes dessa linha (MAYR, 1998).

As teorias ortogenéticas estavam baseadas no conceito de que a evolução é devida a um componente finalístico, sedimentados no pensamento teleológico, que era muito difundido no início do século XIX. Esse princípio finalístico teve diferentes denominações, mas o mais comum foi o Princípio de Ortogênese, que se baseava na “[...] pressuposição de que o princípio da perfeição era imanente a toda a vida orgânica [...]” (MAYR, 1998, p. 590) ou que “[...] a constituição genética exerce uma pressão sobre todos os organismos de tal maneira que a evolução só pode avançar em uma direção mais ou menos linear” (id.). Segundo Mayr (1998, p. 591) “a seu tempo, todas as teorias que defendiam a ortogênese foram refutadas [...]”.

De modo geral, a contribuição que Darwin propiciou à biologia foi uma base inteiramente livre de componentes religiosos (ROSE, 2000), que ofereciam à comunidade científica um corpo teórico baseado no empírico, nos fatos, desprovido da razão e do dogmatismo. Ofereceu uma longa lista de evidências, observações e anotações de mais de 30 anos de experiência, bem como um método, diferente do empirismo baconiano, que era hegemônico em seu tempo (RÁDL, 1930). Darwin propôs um corpo teórico que, mesmo apresentando imperfeições, é reconhecido por muitos cientistas como um paradigma para as Ciências Biológicas.

1.2.4. Evolução pós-Darwin: neodarwinismo e Teoria Sintética

Mayr (1998) divide a história das teorias evolutivas, desde Darwin até o estabelecimento da síntese evolutiva, em 4 períodos:

1859-1899 - no qual ele inclui os aspectos da teoria darwiniana que foram imediatamente aceitos e alguns onde houve alguma resistência; 1900-1915 - o qual se caracterizaria pela introdução da genética nos estudos evolutivos, passando pelo debate entre Mendelistas e Biometristas; 1916-1935 - cuja principal característica teria sido o desenvolvimento da genética de populações e que incluiria a separação entre os geneticistas de populações e os taxonomistas (naturalistas) quanto ao foco de seus respectivos interesses (evolução dentro de populações locais e conceitos de espécie e especiação); 1936-1947 - o qual, para ele, corresponderia à síntese destes dois campos separados, constituindo-se, assim, a chamada Teoria Sintética da Evolução, ou Síntese Evolutiva (ARAÚJO, 2006a, p. 4).

Na Inglaterra, Huxley, Hooker e Lyell, amigos de Darwin, prepararam o terreno para a aceitação do livro *Origem* e as três primeiras edições foram esgotadas rapidamente. Entretanto, o interesse do público não significava a aceitação irrestrita de sua teoria e vários foram seus opositores, sendo os mais críticos o anatomista, Richard Owen (1804-1892), o zoólogo, Mivart (1827-1900), e George Campbell, duque de Argyll (1823-1900) (RÁDL, 1930).

Nos oitenta anos após a publicação de *Origin of Species*, havia, no mundo, de um lado, uma diversidade de opiniões entre os evolucionistas, o que dificultou consensos e, de outro, uma união em torno dos conceitos darwinianos. Cada ramo da biologia e cada país tinha sua própria tradição e adotara ou não mais facilmente as teorias darwinistas (FREIRE-MAIA, 1988; MAYR, 1998).

O quadro era o seguinte: a Alemanha adotou o darwinismo rapidamente e quase totalmente, graças a Ernst Haeckel (1834-1919), que o popularizou ao mesmo tempo em que angariou inimigos; na Inglaterra, a evolução por descendência com modificação foi amplamente aceita, porém, a seleção natural era considerada inadmissível; nos Estados Unidos, o evolucionismo encontrou grande e prolongada resistência, graças ao fator complicante do darwinismo social de Spencer; a França resistiu a Darwin muito veemente e, quando a evolução foi aceita, perto de 1880 e 1890, era na forma de neolamarckismo; entretanto, na União Soviética (URSS), como em nenhum outro país, o darwinismo, incluindo a seleção natural, foi amplamente aceito, principalmente por razões políticas e pela recém-nascida sistemática de populações (MAYR, 1998).

Essa difusa aceitação ou recusa do evolucionismo darwinista concretizou-se por alguns fatores, dentre eles, o fato de que Darwin, no *Origin*, permitia algum espaço para interpretações dos efeitos do uso e desuso, além de outros aspectos, como o da hereditariedade tênue, o que facilitou a acirrada divisão entre os naturalistas e os experimentalistas. Isso se fortaleceu com o aumento dos conhecimentos da citologia, em particular, dos cromossomos, que os levou a questionar qualquer herança dos caracteres adquiridos (MAYR, 1998). A discussão entre herança contínua e descontínua permaneceu por um longo tempo, sendo que os dois lados tinham argumentos convincentes. Somente por volta de 1910, com a teoria cromossômica e a posterior associação do material hereditário a eles, essa questão ficou mais clara (MARTINS, 1997; MEGLHIORATTI, 2004).

No entanto, muitos evolucionistas, em todo o mundo, ainda aceitavam um ou mais dos seguintes pressupostos: (i) *ortogênese* ou evolução direcional – com duas principais linhas: da existência de uma força filética ou da existência de um controle por fatores externos (clima, fome, meio etc.); (ii) *herança de caracteres adquiridos* – ideia amplamente discutida e aceita desde a antiguidade; (iii) *evolução saltacional* – que considerava que as espécies poderiam surgir rápida e de repente e não lenta e gradualmente (MARTINS, 2003).

O primeiro darwinista que enfrentou frontalmente essas hipóteses concorrentes foi August Weismann (1834-1914), que propôs, em 1883-84, sua teoria da linha germinal, além de ter sugerido uma separação completa e permanente do soma (ou plasma somático; *somatoplasma*) e do plasma germinal (*germoplasma*), o que ajudou na rejeição da hereditariedade tênue (MARTINS, 2003), no abandono das teorias lamarckianas, geoffroyanas e neolamarckianas, deixando, assim “apenas dois mecanismos possíveis para a evolução: os saltos e a seleção no seio de variantes menores” (MAYR, 1998, p. 599).

Weismann aceitou irrestritamente a seleção natural como o principal processo evolutivo e tinha a missão de convencer outros evolucionistas dessa premissa. Ele também foi importante para que todo biólogo evolucionista tomasse posição sobre o problema da hereditariedade dos caracteres adquiridos, além de ter preparado terreno para a redescoberta de Mendel; isso ocasionou a solução de problemas evolutivos que antes estavam complicados (MAYR, 1998).

Ele apresentou fortes evidências e argumentos teóricos de que as características adquiridas não eram herdadas e, após sua exposição, a influência da herança lamarckiana na evolução passou a ser questionada por outros evolucionistas. Inicialmente, Weismann sugeriu que praticamente toda a evolução era movida por meio da seleção natural, mas, depois, ele recuou em relação a essa posição. Embora Weismann tenha se tornado uma personalidade muito

influyente, conseguiu convencer poucos biólogos sobre a evolução por seleção natural; mesmo assim, não havia uma recusa cega, mas a ideia de que a seleção natural necessitava ser aprimorada por outros processos evolutivos (RIDLEY, 2007).

Os conhecimentos em citologia de Weismann permitiram-lhe compreender o processo que hoje chama-se *crossing-over* (permuta), um dos fenômenos mais importantes na variabilidade genética, no final do século XIX. Entretanto, inicialmente, essa recombinação foi bastante negligenciada pelos geneticistas, que apresentavam a evolução por meio apenas da forma “mutação e seleção”. Segundo Mayr (1998, p. 600): “foi preciso esperar pelos trabalhos de C. D. Darlington (1932; 1939) e de Stebbins (1950) para que se estabelecesse a plena compreensão do significado evolucionário dos sistemas de recombinação”.

Para Mayr (1998), até a morte de Darwin, em 1882, os evolucionistas construíram um forte cordão de defesa do darwinismo. Porém, nos vinte anos seguintes à sua morte, vários eventos espalharam discordâncias entre eles. Muitas áreas novas da biologia surgiram ou se fortaleceram, como a embriologia, a citologia, a genética, a biologia do comportamento, a ecologia, entre outras. Muitas dessas novas áreas eram, acima de tudo, experimentais, resultando num distanciamento cada vez maior entre os biólogos experimentais e os naturalistas.

Durante a última parte do século XIX e início do século XX, estas duas escolas materialistas rivais da teoria da evolução se atacaram mutuamente, os neolamarckistas demonstrando que a seleção de Darwin não podia representar a explicação completa, os neodarwinistas demonstrando que ela devia constituir pelo menos uma parte do processo e que não existia a hereditariedade dos caracteres adquiridos (SIMPSON, 1962, p. 268).

De modo geral, os grandes debates entre essas duas grandes áreas rivais, dentro da biologia, relacionavam-se a três questões:

(1) se toda a hereditariedade é sólida [...] ou se parte dela é tênue; (2) qual dos fatores – a mutação, a seleção, a indução pelo ambiente, ou as tendências intrínsecas – é o responsável principal por imprimir uma direção à evolução?; e (3) se a evolução é gradual, ou aos saltos” (MAYR, 1998, p. 603).

Dentre esses pontos, a variação genética se tornou um tema de intenso interesse científico; os trabalhos de Galton e de Mendel destacaram-se. Galton usou métodos estatísticos para estudar as características físicas, traços comportamentais e habilidades artísticas, sendo seu trabalho desenvolvido independentemente dos trabalhos de Mendel. Já este, aprimorou as bases da genética e refutou a herança mista, bem como a teoria lamarckista de herança dos

caracteres adquiridos, que mais contemporaneamente tem sido revisitada (GABRIELY; SANTOS, 2019).

Já sobre as variações, Darwin afirmava que havia, nas populações, um estoque ilimitado de variações individuais e essa acumulação gradual de variantes muito ligeiras, por seleção natural, era o mecanismo da evolução. Ainda, ressaltava que a variação descontínua não era de relevância evolutiva. Seu discípulo, Weismann, foi um gradualista tão convicto quanto o próprio Darwin; entretanto, os evolucionistas pós-darwinianos acreditavam muito mais no poder das mutações súbitas, como era o caso de Bateson, que afirmava ser o gradualismo insuficiente para explicar as discontinuidades das espécies e táxons superiores (MAYR, 1998).

A rivalidade foi ainda mais acentuada com a redescoberta das leis de Mendel, em 1900, o que levou os mendelianos primitivos a usarem a discontinuidade dos fatores genéticos para endossar a evolução aos saltos. A interpretação dos dois grupos, mendelianos e naturalistas, era um misto de evidências válidas e ideias falsas (no contexto da época, com base nos conhecimentos biológicos vigentes), porém, ambos os grupos eram incapazes de se entenderem, sendo que o aspecto mais decisivo para a separação dos grupos era saber se a evolução era gradual ou aos saltos (MAYR, 1998).

Essa rivalidade ficou conhecida na história da biologia como mendelistas (ou mendelianos) *versus* biometricistas (ou biometristas). Os mendelistas estavam representados principalmente por Hugo de Vries (1848-1935) e William Bateson (1861-1926); os biometricistas foram representados principalmente por Karl Pearson (1857-1936) e Walter F. R. Weldon (1860-1906). Os mendelistas eram todos contra a seleção natural de Darwin e pesquisavam principalmente a herança das grandes diferenças entre os organismos. “Eles sugeriam que a evolução prosseguia em grandes saltos, por meio de macromutações²⁸” (RIDLEY, 2007, p. 37).

Já os biometricistas, estudavam as pequenas diferenças entre indivíduos, desenvolvendo “técnicas estatísticas para descrever como as distribuições de frequências de caracteres mensuráveis (como a altura) passavam de uma população parental para a sua prole” (RIDLEY, 2007, p. 38). Como rejeitavam o mendelismo, “[...] viam a evolução mais em termos de fixação de uma mudança em toda a população do que da produção de um novo tipo a partir de uma macromutação” (id.).

²⁸ Uma macromutação é uma grande mudança entre progenitor e prole, que é herdada geneticamente (RIDLEY, 2007).

Bateson recolheu uma grande quantidade de material sobre a variação nas populações naturais e sua possível função na especiação, em sua obra *Materials for the Study of Variation*, de 1894. Ele acreditava que as descontinuidades das espécies resultavam na descontinuidade da variação. Esse seu argumento influenciou o pensamento de muitos dos seus contemporâneos (MAYR, 1998).

Na controvérsia mendeliano-biometricista, as críticas se dirigiam inicialmente à proposta e metodologia de Mendel. Weldon não aceitava alguns pressupostos de Mendel, tais como a pureza dos gametas e aquilo que ele, Pearson, e outros interpretavam como “lei da dominância e segregação”, bem como a herança de partículas. Mas o que mais incomodava era a negligência da ancestralidade. Por outro lado, as restrições também se aplicavam à interpretação e modificações que Bateson fazia de tempos em tempos. Weldon não entendia que os princípios de Mendel estavam sendo testados em diversos organismos e que se buscava desvios e novas leis: Bateson estava desenvolvendo um programa de pesquisa. Bateson admitia que os princípios mendelianos pudessem explicar casos não explicados pela lei da hereditariedade ancestral, mas Weldon não (MARTINS, 2007, p. 187).

Um novo impulso à teoria dos saltos concretizou-se com de Vries (1901; 1903), que, da mesma forma que Bateson, partiu do pressuposto de que existiam dois tipos de variação: a ordinária ou individual e a descontínua, de onde surgem subitamente novas espécies. Assim, aponta Mayr (1998) que de Vries apresentava uma argumentação circular, principalmente por ser um tipologista estrito e sua teoria da evolução baseava-se nos pressupostos de que:

(1) a variação individual e contínua é irrelevante, no que concerne à evolução; (2) a seleção natural é sem importância; e (3) toda mudança evolutiva é o resultado de mutações súbitas e de grande porte; e além disso, as espécies têm períodos mutáveis e períodos imutáveis (p. 609).

A obra de de Vries influenciou o pensamento biológico entre 1900 e 1910, inclusive Morgan, uma vez que os mendelianos pensavam que a evolução por mutação refutava a evolução gradual, por seleção. Já a oposição de Johannsen a qualquer papel da seleção na evolução, era ainda mais drástica. Em decorrência dessa forte resistência ao gradualismo, alguns historiadores da biologia chegaram a anunciar que “Darwin estava morto” (MAYR, 1998).

Sobre esse apagão do pensamento darwiniano, nas duas correntes que competiam pela “verdade”, os mendelistas e os biometricistas, é que Julian Huxley chamou, em 1943, de “o eclipse do darwinismo”, que coincidiu com a ascensão e domínio da genética mendeliana, pois, nesse momento, a seleção natural atraía poucos adeptos (SANTOS, 2015).

A genética evolutiva de de Vries, Bateson e Johannsen não sobreviveu à primeira metade do século XX, pois novas descobertas, nessa área, foram cruciais para o desenvolvimento, tanto da genética quanto da evolução como um todo. Mayr (1998) resume as descobertas genéticas de maior importância para a interpretação da evolução:

(1) existe apenas um tipo de variação, onde as grandes mutações e as variantes individuais mais ligeiras constituem os extremos de um único gradiente; (2) nem todas as mutações são deletérias; algumas são neutras, e outras claramente benéficas; (3) o material genético em si mesmo é invariável (constante), vale dizer, não existe a hereditariedade tênue; (4) a recombinação é a fonte mais importante da variação genética das populações; (5) a variação fenotípica contínua pode ser explicada como resultado de fatores múltiplos (poligenes), em conjunto com interações epistáticas, e não está em conflito com a hereditariedade particularizada; (6) um único gene pode afetar diversos caracteres do fenótipo (pleiotropia); (7) tanto os dados experimentais como os dados da observação demonstraram a efetividade da seleção (p. 614).

Essas descobertas refutaram as teorias antisselecionistas e as de de Vries e Bateson, porém, a teoria dos saltos continuou a ter defensores nas décadas seguintes, como é o caso de Richard Goldschmidt (1940) e Otto Schindewolf (1950). A evolução, por pressão mutacionista, de Bateson a Morgan, também perdeu terreno após 1940, principalmente, pela descoberta das mutações reversas, em 1920 (MAYR, 1998).

A reconciliação entre mendelismo e darwinismo logo inspirou novas pesquisas no campo da genética, havendo-se interesse em explicar a linguagem dos genes, o que são as espécies e como elas se originaram. A partir daí, destacaram-se estudos como os de Theodosius Dobzhansky. O geneticista soviético trabalhou com moscas de fruta *Drosophila pseudoobscura* analisando que populações diferentes têm frequências diferentes de duas versões variantes do mesmo cromossomo. Seu principal livro, *Genetics and the Origin of Species* (Dobzhansky, 1937) e suas edições sucessivas estão entre os livros mais influentes da síntese moderna (GABRIELY; SANTOS, 2019, p. 68).

Nesse ínterim, surge uma área que mais tarde foi designada como genética de populações, formada por profissionais interessados em estatística, como Yule, Pearl, Norton, Jennings, Robbins e Weinberg, que forneceram as primeiras contribuições importantes para a área (MAYR, 1998).

Todavia, o termo genética de populações era ambíguo, pois envolvia dois programas de pesquisa amplamente diferentes, um deles, representado pela genética matemática de populações, associado às pesquisas de R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e Sewall Wright, que trabalhavam com populações estatísticas. A outra genética de populações trabalhava com populações reais de seres vivos, encabeçada por Schmidt, Goldschmidt, Summer, Langlet,

Baur, Chetverikov, Timofeeff-Ressovsky, Dobzhansky, Cain, Sheppard, Lamotte e Ford, sendo que este último, em 1964, para distingui-los da genética matemática, denominou o campo como genética ecológica (MAYR, 1998).

A base de toda a genética matemática de populações reside no princípio de equilíbrio, de Hardy-Weinberg, que foi estabelecido em 1908 (MAYR, 1998). Independentemente, o matemático inglês Godfrey Harold Hardy (1877-1947), que era amigo de Punnet, e o médico alemão, Wilhelm Weinberg (1862-1937), estabeleceram um teorema no qual demonstram matematicamente que “as frequências gênicas e genotípicas permanecerão constantes na população ao longo das gerações, independentemente das frequências iniciais” (SENE, 2008, p. 39). Esse teorema é aplicado “à investigação da dinâmica dos genes nas populações naturais, buscando a elucidação dos mecanismos que alteram a sua composição gênica [...] ou apenas a frequência genotípica pelo aumento da homozigose [...]” (BEIGUELMAN, 2008, p. 9).

Chetverikov e seus discípulos (que fugiram da Rússia por causa da guerra e foram para os EUA), Timofeeff-Ressovsky e Dobzhansky, juntamente com os geneticistas matemáticos de populações, como Fisher, Haldane e Wright, refutaram a teoria genética da evolução dos mendelianos. Eles confirmaram a importância da seleção natural e a inexistência de pressões de mutação; estabeleceram as bases genéticas da evolução gradual darwiniana; confirmaram a não-existência da hereditariedade tênue; mostraram que não existe conflito entre a descontinuidade dos genes e a continuidade da variação individual (MAYR, 1998).

O rápido progresso da genética evolutiva foi acompanhado por avanços semelhantes na sistemática. O desenvolvimento da sistemática de populações consistiu em uma contribuição maior dos naturalistas, que davam continuidade a uma tradição que pertencia ao próprio Darwin de se preocupar com o estudo de populações naturais, com a variação no seio das populações e com as alterações de uma população em outra, em função dos gradientes geográficos. Os naturalistas eram os únicos que estudavam o isolamento e o papel da variação geográfica, bem como da variação individual (MAYR, 1998).

Também, foram os naturalistas que resolveram o problema da espécie, mostrando que elas não eram entidades essencialistas, a serem caracterizadas morfológicamente, mas sim agregados de populações naturais, reprodutivamente isoladas que, na natureza, preenchiam nichos específicos (MAYR, 1998).

Mayr (1998) aponta que, na primeira metade do século XX, o distanciamento dos pensamentos de geneticistas experimentais e dos naturalistas era tão grande que nada parecia poder aproximá-los. Os biólogos de cada campo falavam linguagens diferentes, formularam

questões diferentes e aderiram a concepções diferentes. Então, como foi que romperam com esse impasse? Duas condições deviam ser preenchidas, antes que os dois grupos pudessem entrar num consenso:

(i) seria necessário que surgisse um grupo de geneticistas mais jovens, que se mostrassem interessados pela diversidade e pelos aspectos populacionais da evolução, e (ii) que os naturalistas aprendessem que a interpretação genética desta segunda geração de geneticistas já não se opunha ao gradualismo e à seleção natural (p. 631).

Quando essas duas condições foram alcançadas, foi possível se construir uma teoria da evolução mais completa e harmônica, o que aconteceu muito rapidamente entre os anos de 1936 a 1947. Ao aceitarem a evolução gradual e o pensamento populacional, foi possível esse consenso, que foi denominado por Julian Huxley, em 1942, como a ‘Síntese Evolucionista’ (MAYR, 1998).

Segundo Vieira (2009, p. 29), a síntese evolucionista ou “a teoria sintética da evolução [...] englobou, clarificou e harmonizou tantos e tão amplos conhecimentos que o hiato sempre existente entre a construção teórica e os fatos que se propõe explicar [...] se reduziu sucessivamente”. Os modelos de diferentes áreas foram se agrupando em um único grande modelo, sintético, que possibilitou novos métodos de análise independentes; isso culminou com a biologia molecular como o ponto crucial, que arquitetou e estruturou a teoria sintética, possibilitando nova explicação, confirmação, ordenação e consistência para as teorias evolutivas modernas.

Os arquitetos dessa síntese são citados por Mayr (1998) como, principalmente: Dobzhansky (1937), Huxley (1942), Mayr (1942), Simpson (1944; 1953), Rensch (1947) e Stebbins (1950). Mas cita, também, outros cientistas que ajudaram a “limpar o terreno”, em suas palavras, que foram: Chetverikov, Timofeeff e Ressovsky, na Rússia; Fisher, Haldane, Darlington e Ford, na Inglaterra; Summer, Dice, Sturtevant e Wright, nos EUA; Baur, Ludwig, Stresemann e Zimmermann, na Alemanha; Teissier e L'Héritier, na França; Buzzati e Traverso, na Itália.

Todos eles tinham algo em comum: reconheceram a falta de comunicação entre as várias escolas evolucionistas e tentaram superar essa lacuna mediante a reconciliação da abordagem da frequência genética de Morgan, Fisher e outros mendelianos, com o pensamento populacional dos naturalistas (MAYR, 1998). Assim:

Num simpósio internacional, em Princeton, New Jersey, realizado em 2-4 de janeiro de 1947, onde participaram representantes das mais diversas áreas e

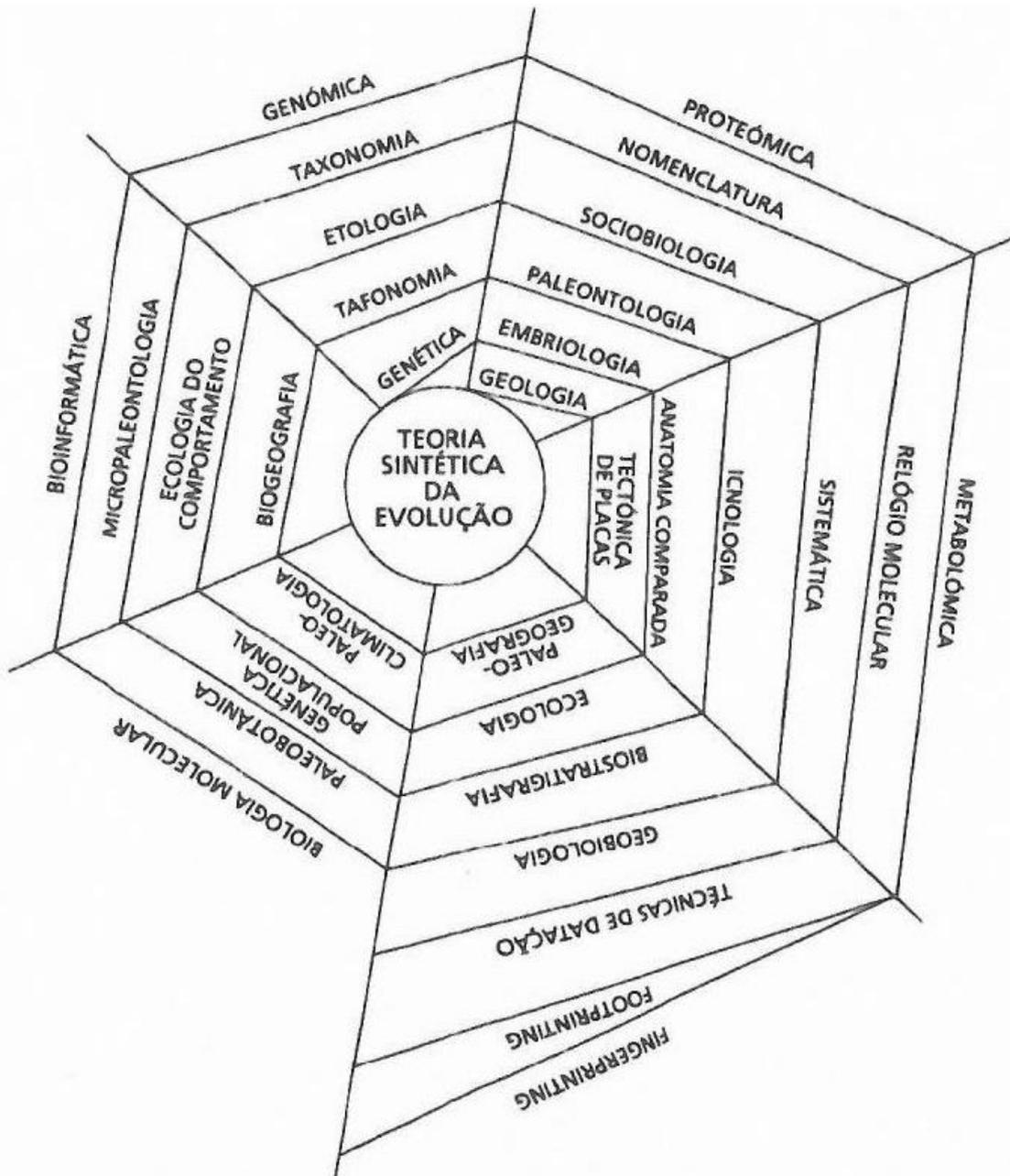
escolas [...], houve um consenso universal e unânime em relação às conclusões da síntese. Todos os participantes endossaram a gradualidade da evolução, a primordial importância da seleção natural e o aspecto populacional da origem da diversidade (id., p. 633).

Há, também, entre os integrantes da síntese evolucionista, um consenso de que a publicação, que preconizou o início da síntese, foi o *Genetics and the Origin of Species* (1937), de Dobzhansky. Ele soube integrar com sucesso o conhecimento dos naturalistas sobre os problemas evolutivos com os conhecimentos que ele adquiriu como geneticista experimental (MAYR, 1998).

Para Araújo (2006a), a Síntese Evolutiva pode ser explicada por um conjunto de princípios: (i) as variações genéticas originam-se nas populações naturais por meio de processos aleatórios de mutação e recombinação; (ii) a evolução nas populações é regulada pela seleção natural, fluxo gênico e deriva genética, de forma que se caracteriza pela mudança nas frequências gênicas; (iii) a variação genética adaptativa produz pequenas e graduais mudanças no fenótipo, que se acumulam ao longo do tempo; (iv) a divergência de populações isoladas geograficamente ocasiona gradualmente a formação de novas espécies (especiação); (v) a acumulação de diferenças genéticas, devido à atuação da seleção natural, resulta em novos táxons acima de espécie; (vi) a genética de populações é usada para explicar como os genótipos e fenótipos se comportam nas populações ao longo das gerações; (vii) a ecologia de populações pode ser usada para explicar a dinâmica das populações submetidas a condições naturais particulares; (viii) há outros modos de originar espécies novas além da separação física de um conjunto gênico da espécie ancestral, como na especiação.

Para Vieira (2009), a Teoria Sintética da Evolução, arquitetada por muitas mãos, organizou e aglutinou áreas da biologia com tradições e corpos teóricos distintos, unificando, desse modo, a biologia em torno de um propósito comum, que era a explicação do evolucionismo. Então, o autor retrata essa unificação da biologia em torno da teoria sintética da evolução, em analogia à teia de uma aranha, conforme a Figura 1, na sequência:

Figura 1 – Rede de relações das áreas unidas pela teoria sintética



Fonte: Extraído de Vieira (2009, p. 51).

A imagem aponta a importância da teoria sintética para o pensamento evolucionista moderno, no sentido de que ela congregou e relacionou áreas das ciências biológicas que, anteriormente, continuavam solitárias. Entretanto, sabemos que nem todas as áreas da biologia caminharam em comunhão a partir da Teoria Sintética, estando presentes muitas hipóteses alternativas que ainda suscitam dúvidas acerca de alguns processos evolutivos contemporaneamente.

Para alguns evolucionistas, historiadores e filósofos da ciência, o consenso para uma Teoria Sintética da Evolução não é unânime e diversos outros trabalhos e áreas da biologia ficaram de fora, o que gerou um certo desconforto entre os biólogos. Autores, como Eldredge, Gould e Lewontin, criticam a posição de Mayr e Huxley de que houve uma síntese evolucionista e apontam para outros processos, bem como mecanismos evolutivos que não foram considerados na Teoria Sintética; por isso, devem fazer parte de uma revisão dessa (ARAÚJO, 2006a; GABRIELY; SANTOS, 2019).

Segundo Gabriely e Santos (2019, p. 69): “[...] diversos ramos da biologia foram deixados inteiramente de fora da síntese moderna, que é uma das principais razões porque tantos autores nos últimos anos clamam por sua expansão”. Assim, temos contemporaneamente um movimento de atualização e complementação da Teoria Sintética da Evolução, que foi denominada de Síntese Estendida da Evolução (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016).

Desse modo, diferentes autores, como Massimo Pigliucci, Gerd B. Müller, Kevin N. Laland e Armin Moczek, entre outros, apontam para uma teoria evolutiva que congregue os conhecimentos estabelecidos na Teoria Sintética e que a supere, complementando-a e revisando-a a partir do que se conhece por Síntese Estendida da Evolução (GABRIELY; SANTOS, 2019).

1.2.5. Evolução pós-teoria sintética: a síntese estendida

Logo após a síntese evolucionista, no período de 1936 a 1960, as preocupações dos biólogos de modo geral e dos evolucionistas, principalmente, estavam voltadas para o refinamento dos novos pontos de vista iniciados pela síntese, com desdobramentos acontecendo de maneira bastante difusa. O esclarecimento das dúvidas que ainda pairavam sobre a síntese evolutiva, considerada incompleta e mal dirigida, foram no sentido de adoção do enfoque populacional, no interesse pela diversidade, na relação entre os processos adaptativos da variação e das forças seletivas, bem como nas interpretações das frequências gênicas (SANTOS, 2015).

Tentando organizar as discussões e reunir um grande número de evolucionistas, Huxley, Darlington, Mayr, Simpson e Stebbins promoveram uma conferência especial em Princeton, New Jersey (EUA), em 1948, logo após terem criado a *Society for the Study of Evolution (SSE)* e o periódico *Evolution*, tendo Mayr como o editor-chefe, em que todos concordaram com a necessidade de uma convergência das disciplinas evolutivas (SMOCOVITIS, 1992).

Nesse meio tempo, a biologia molecular apresentou descobertas importantes para a biologia evolutiva, principalmente, após a proposição do modelo da estrutura do DNA, em 1953, que, no princípio, teve reduzido impacto sobre os estudos evolutivos (MAYR, 1998).

Mesmo assim:

A descoberta de que o código genético, no seu todo, é idêntico em todos os organismos, inclusive nos procariotos, significou um importante acréscimo da evidência de que toda a vida sobre a Terra, tal como existe hoje, pode ser seguida retrogressivamente até uma origem única. Tanto isso como algumas outras descobertas da biologia molecular contribuíram para a simplificação e a unificação da biologia; houve, contudo, outras descobertas, que podem exigir algumas modificações da teoria genética [...] (MAYR, 1998, p. 641).

Em relação à seleção natural, Mayr (1998, p. 654) aponta alguns fatores que contribuíram para a mudança de opiniões e sua melhor aceitação:

- (vi) A efetiva demonstração da eficácia da seleção em experimentos de laboratório, bem como no trabalho de numerosos criadores de plantas e animais [...]. (2) A refutação da hereditariedade tênue pelos geneticistas, o que praticamente não deixou nenhuma alternativa a não ser explicar a evolução gradual pela seleção natural e deriva genética (3) A refutação da assertiva de que a maior parte dos atributos dos organismos não possui valor seletivo [...]. (4) Os cálculos de Norton, Haldane, Fisher e outros, mostrando que mesmo as vantagens seletivas mais ligeiras são importantes, quando se prolongam por muitas gerações. (5) A difusão do pensamento de população, particularmente a demonstração, pelos novos sistematizadores, de que as discontinuidades entre as espécies e taxa superiores podiam ser explicadas como tendo uma origem gradual, pela especiação geográfica e pela extinção, prescindindo, portanto, de saltos.

A seleção natural continuaria, na síntese moderna da evolução, explicando tanto a evolução como a adaptação, pois ela desencadearia a evolução por causa do surgimento de uma nova espécie com maiores taxas de sobrevivência e reprodução. Já a variação, surgiria como resultado de mutações na replicação do DNA e da recombinação cromossômica na formação dos gametas. Assim, a variação seria aleatória em relação à adaptação e, diante da enorme gama de mutações existentes, a variabilidade seria ampla na população (SILVA; SANTOS, 2015).

A genética de populações, que anteriormente se pautava exclusivamente na genética matemática de populações, passa a testar fórmulas e cálculos em populações reais no campo ou em populações experimentais em laboratório. Dobzhansky e seus colaboradores procuravam determinar “os valores numéricos da pressão seletiva, do fluxo genético, do efetivo tamanho das populações, da frequência de elementos letais e outros recessivos, e dos demais fatores de significado evolutivo potencial” (MAYR, 1998, p. 639).

Na década de 1960, surgiram novas dúvidas quanto aos processos evolutivos advindos de trabalhos que questionavam as explicações da genética de populações, ficando conhecido como ‘paradoxo da variação’. Motoo Kimura (1924-1994), Jack Lester King (1934-1983) e Thomas H. Jukes (1906-1999) questionaram o paradoxo da variação com experimentos de polimorfismos moleculares em populações, usando eletroforese. Eles identificaram que, para evoluir, uma população precisava de variabilidade genética, mas, dependendo da quantidade de variação, a população poderia não resistir a essa carga (de variação), obrigando os geneticistas de população a assumirem que uma parte da variabilidade genética poderia ser neutra (ARAÚJO, 2006a).

Outro abalo à Teoria Sintética veio na década de 1970, com ‘a Teoria do Equilíbrio Pontuado’, proposta, em 1971, por Niles Eldredge (1943-) e Stephen Jay Gould (1941-2002). Para eles, a especiação não seria um fenômeno gradual, com mudanças cumulativas, como propôs Darwin, mas sim, tratava-se de episódios rápidos, instantâneos e com modificações significativas, seguido de um período de êxtase, no qual o novo táxon permaneceria longos períodos sem modificações significativas (ARAÚJO, 2006a).

Segundo Futuyma (2002, p. 422), para explicar o equilíbrio pontuado, Eldredge e Gould invocaram a explicação de Mayr sobre a especiação parapátrica ou efeito fundador e:

[...] propuseram que a maioria das mudanças evolutivas se propaga rapidamente em populações pequenas e localizadas, em uníssono com a aquisição do isolamento reprodutivo (i. é., especiação verdadeira) [...] Tendo atingido isolamento reprodutivo, a nova forma se expande do seu lugar de origem para o território da espécie parental que não sofreu mudança e torna-se suficientemente abundante e amplamente distribuída para ser documentada no registro dos fósseis.

Assim, “[...] a maior parte da mudança evolutiva está associada e é contingente com a especiação [...]” (FUTUYMA, 2002, p. 422) e, além disso, “[...] as mudanças morfológicas que se acreditam ocorrer durante as pontuações são preferencialmente modestas e não foram concebidas para explicar a origem dos táxons superiores” (id.).

Darwin, sendo reconhecido como primeiro representante do pensamento populacional, destacava o gradualismo do processo de especiação geográfica. A nova sistemática, empreendida pós-síntese, consistiu em adotar a população como unidade evolutiva, baseando-se nesse conceito a explicação de especiação, pois, segundo eles, uma nova espécie aparece quando as populações se isolam. A macroevolução foi definida como a evolução dos táxons superiores ou a evolução acima do nível de espécie. Anteriormente à síntese evolucionista, ela era estudada exclusivamente por paleontólogos, sem relações com a genética; era considerada

um tipo especial, muito diferente dos fenômenos populacionais estudados pelos geneticistas (MAYR, 1998).

Já a síntese entre a genética e a paleontologia, aconteceu em dois momentos diferentes, ao se tentar responder a duas questões: *Existem fenômenos macroevolutivos em conflito com uma interpretação genética da evolução?* E *Podem as leis e princípios da macroevolução serem estudados pelas frequências genéticas das populações?* Assim, ao encontrarem respostas que negam essas questões, Rensch e Simpson conquistaram a união entre as duas áreas (MAYR, 1998).

Para refutar a afirmação de que existem fenômenos macroevolutivos que conflitam com a variação e seleção, Rensch, Simpson e Julian Huxley “[...] mostraram que não há necessidade de se invocar um misterioso fator autogenético para explicar as tendências evolutivas [...]” (MAYR, 1998, p. 678), mas sim os fenômenos, como aumento do tamanho corporal, mudanças nas proporções de dentes, redução de certas partes, a exemplo dos dedos das patas de cavalos e olhos de peixes cavernícolas, entre outras regularidades evolutivas, que podem ser explicadas pela seleção natural facilmente (id.).

Os problemas relacionados com a velocidade e as tendências da evolução podiam ser interpretados em termos da fórmula dos geneticistas, de que a evolução é uma mudança na frequência dos genes. Contudo, trata-se de uma formulação que faz pouco sentido em referência à maioria dos outros problemas da macroevolução, e constitui uma das razões por que a genética trouxe relativamente tão poucas contribuições para a solução das questões dessa área. Essa formulação imprópria também é responsável pelo longo tempo que se levou, desde a síntese, para dar a esses problemas um tratamento adequado (MAYR, 1998, p. 679-680).

A evolução humana tornou-se uma grande área de investigação a partir de Darwin e, nesse ínterim, os primeiros fósseis hominídeos foram encontrados, como o homem de *Neanderthal*, em 1856. Outras descobertas posteriores, na Ásia, Etiópia, Quênia e Tanzânia, permitiram reconstruir a árvore da linhagem humana, desde o mais antigo *Australopithecus* até o *Homo sapiens*. Ficou evidente o fato da incrível semelhança entre o homem e os grandes macacos africanos, principalmente, as características moleculares e estruturas cromossômicas, além da compreensão da rapidez como o gênero *Homo* evoluiu, propiciando-se destaque ao aumento da caixa craniana e, respectivamente, do encéfalo, de 450 para 1600 cm³, em pouco mais de 2 milhões de anos (MAYR, 1998).

Desse modo, via-se a necessidade de refinamento em vários pontos da Teoria Sintética e a reconciliação entre áreas inteiras abandonadas pelos arquitetos da síntese. Assim, como aponta Tidon (2018), diversos historiadores da biologia e evolucionistas têm alertado para a

necessidade de uma expansão da teoria moderna da evolução, agregando conhecimentos das últimas décadas do séc. XX e início do séc. XXI. Essa expansão tem sido chamada por eles de Síntese Evolutiva Estendida e resulta de linhas de pesquisa amplas e multifacetadas, que ainda estão em desenvolvimento.

Em julho de 2008, um grupo de 16 biólogos evolucionistas se reuniram no Instituto Konrad Lorenz, localizado em Altenberg, na Áustria, para discutirem a expansão da teoria sintética da evolução. As contribuições desses evolucionistas ficaram conhecidas como “Altenberg 16” e foram reunidas no livro *Evolution – The Extended Synthesis*, de Massimo Pigliucci e Gerd Müller (2010) (PIGLIUCCI, 2009; TIDON, 2018).

Nesse encontro, foram discutidos alguns temas, como a herança epigenética transgeracional, a construção do nicho, o princípio replicador para a evolução neuronal, cerebral e linguagem, que expandiram o conceito de seleção natural para um mecanismo multinível, entre outros. Essas contribuições integraram a biologia evolutiva a diversas outras disciplinas, incluindo uma ponte significativa com as Ciências Humanas (TIDON, 2018).

Assim, a síntese estendida da evolução avança em alguns campos, que foram identificados, na teoria sintética, como sendo limitados ou, ainda, inconclusivos sobre mecanismos ou processos evolutivos. Desse modo, Laland et al. (2015) nos apresentam um quadro comparativo entre as premissas básicas da Teoria Sintética e a Síntese Estendida da Evolução, como podemos observar no Quadro 1, na sequência:

Quadro 1 – Comparativo entre as premissas básicas da Teoria Sintética e a Síntese Estendida da Evolução

Premissas básicas clássicas da Teoria Sintética da Evolução	Premissas básicas da Síntese Estendida da Evolução
(i) A preeminência da seleção natural. O principal fator diretivo ou criativo de influência na evolução é a seleção natural, que por si só explica por que as propriedades dos organismos correspondem às propriedades de seus ambientes (adaptação).	(i) Causação recíproca (organismos moldam e são moldados por pressões seletivas dos ambientes e do desenvolvimento). Processos de desenvolvimento, operacionais através do viés de desenvolvimento e da construção do nicho, compartilham com a seleção natural alguma responsabilidade pela direção e taxa de evolução e contribuem para a complementaridade organismo-ambiente.
(ii) Herança genética. Os genes constituem o único sistema de herança. Os caracteres adquiridos não são herdados.	(ii) Herança inclusiva. A herança se estende além dos genes para abranger herança epigenética (transgeracional), herança fisiológica, herança ecológica, transmissão social (comportamental) e herança cultural. Características adquiridas podem desempenhar papéis evolutivos enviesando variantes fenotípicas sujeitas a seleção, a modificação de ambientes e contribuindo para a herdabilidade.
(iii) Variação genética aleatória. Não há relação entre a direção em que ocorrem as	(iii) Variação fenotípica não-aleatória. O viés do desenvolvimento, resultante de mutação não-aleatória

mutações – e, portanto, o fornecimento de variantes fenotípicas – e a direção que levaria a melhor aptidão.	ou acomodação fenotípica, significa que algumas variantes fenotípicas são mais prováveis do que outras. Os sistemas do desenvolvimento facilitam respostas fenotípicas funcionais bem integradas à mutação ou indução ambiental.
(iv) Gradualismo. A evolução por meio de mutações de grandes efeitos é improvável porque essas mutações têm efeitos pleiotrópicos disruptivos. As transições fenotípicas normalmente ocorrem por meio de várias pequenas etapas, levando a mudança evolutiva gradual.	(iv) Taxas de variação variáveis. Variantes de grande efeito são possíveis, permitindo uma rápida mudança evolutiva. O saltacionismo pode ocorrer através de mutações nos principais genes de controle regulatório expressos em tecidos, no modo específico do módulo ou compartimento, ou quando o desenvolvimento de processos respondem aos desafios ambientais com mudanças em conjuntos coordenados de características, ou através de efeitos de limiar não lineares.
(v) Perspectiva centrada no gene. A evolução requer, e muitas vezes é definida como, mudança nas frequências dos genes. As populações evoluem por meio de mudanças em frequências de genes provocadas por seleção natural, deriva, mutação e fluxo gênico.	(v) Perspectiva centrada no organismo. Os sistemas de desenvolvimento podem facilitar a variação adaptativa e modificar os ambientes seletivos. A evolução é redefinida como uma mudança transgeracional na distribuição de traços hereditários de uma população. Há uma noção ampliada de processo evolutivo e herança.
(vi) Macroevolução. Padrões macroevolutivos são explicados por padrões microevolutivos como os processos de seleção, deriva, mutação e fluxo gênico.	(vi) Macroevolução. Processos evolutivos adicionais, incluindo o viés do desenvolvimento e herança ecológica, ajudam a explicar os padrões de macroevolução e contribuir para a evolucionabilidade.

Fonte: Traduzido e adaptado de Laland et al. (2015).

Por conseguinte, Laland et al. (2015) nos mostram que a síntese estendida avança sobre quatro principais áreas da biologia evolucionista, que nos deteremos a explicar sucintamente, que são: a (i) *biologia evolutiva do desenvolvimento (EVO-DEVO)*; a (ii) *herança inclusiva*; a (iii) *construção de nicho*; e a (iv) *plasticidade fenotípica*.

Sobre a *biologia evolutiva do desenvolvimento*, conhecida pela sigla EVO-DEVO, Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p. 21) apontam que ela “[...] é entendida como fonte de vieses de variação fenotípica, direcionando a evolução [...]”. Isso, segundo as autoras, pode se caracterizar “[...] como um importante fator de origem de evolução e explicação de mecanismos, tendências e direções da diversificação das formas” (id.).

Desse modo, a EVO-DEVO fornece uma compreensão causal-mecânica de evolução, usando a biologia comparativa e experimental para identificar os princípios do desenvolvimento, que fundamentam as diferenças dos fenótipos dentro e entre as populações, entre as espécies e os táxons mais elevados. Assim, as propriedades do desenvolvimento podem afetar as taxas e padrões fenotípicos da evolução e contribuir para a evolucionabilidade, ou seja, o potencial biológico de linhagens para a evolução adaptativa (LALAND, et al., 2015).

Sabe-se que restrições de caráter ontogenético impedem que determinadas novidades morfológicas ou funcionais sejam concebíveis. Assim, não podemos avaliar se haverá adaptação máxima, pois, o rol de organismos presentes em um ambiente não apresenta todas as variações possíveis (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016, p. 21).

Assim, o viés do desenvolvimento é uma fonte importante de capacidade evolutiva e de explicação de seus mecanismos. Por isso, é considerada como um importante processo evolutivo, já que não só pode restringir, mas também facilitar ou direcionar a evolução (LALAND, et al., 2015).

Sobre a *herança inclusiva*, Pigliucci (2009) aponta que pesquisas recentes têm investigado os mecanismos de herança e verificaram que a síntese moderna forneceu respostas ainda muito restritas, sendo necessário considerar outros fatores para além dos genes, como responsáveis pela herança. Jablonka e Lamb (2010) propuseram que os mecanismos de herança inclusiva (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016) podem ser agrupados em quatro dimensões: a *genética padrão*, a *epigenética*, a *comportamental* e a *simbólica*.

Sobre a primeira dimensão, a genética padrão, as autoras apontam que não podemos mais, no séc. XXI, conceber o “[...] gene como um segmento de DNA intrinsecamente estável e discreto que codifica a informação necessária para produzir uma proteína e é fielmente copiado antes de ser passado adiante” (JABLONKA; LAMB, 2010, p. 21). Assim, o gene só tem significado no contexto do complexo sistema do qual ele faz parte e pensar em evolução, apenas em termos de mudanças nas frequências genotípicas, não é mais usual. Uma vez que o genoma não é mera coleção de genes, o processo que gera a variabilidade pode ser uma propriedade que evoluiu, que é controlada e modulada, ou seja, nem toda a variação genética é aleatória ou cega (JABLONKA; LAMB, 2010).

Sobre a segunda dimensão, a epigenética, abrange todas as características hereditárias de células e organismos sem necessariamente estarem descritas nas sequências de DNA de um genoma (JABLONKA; LAMB, 2006). A epigenética inclui o estudo da plasticidade fenotípica (ou seja, como um genótipo poderá gerar diversos fenótipos diferentes) e da canalização (ou seja, como indivíduos com genótipos diferentes podem ter o mesmo fenótipo). A herança epigenética se refere à herança de variações que não dependem das variações das sequências de bases no DNA, sendo que a variação epigenética hereditária pode proporcionar variações adicionais para os processos evolutivos, inclusive, a seleção natural (JUNGES, 2009).

A terceira dimensão, o comportamento, está relacionada à herança de tradições comportamentais que são transmitidas de geração a geração por meio do aprendizado social. Essa herança “[...] também influencia a evolução genética porque os comportamentos dos

animais alteram o ambiente em que eles, seus descendentes e seus genes são selecionados” (JUNGES, 2009, s/p.). “Os sociobiólogos atribuem bases genéticas robustas ao comportamento animal, por entenderem que em última análise a seleção atua sobre os genes que estão envolvidos com diferentes tipos de condutas perante o ambiente” (TIDON, 2018, p. 211). Entretanto, Jablonka e Lamb (2010) vão além, apresentando comportamentos que são evolutivamente interessantes, mas que não estão diretamente ligados à herança genética, por exemplo, a transferência de conhecimentos, os quais envolvem substâncias que afetam o comportamento ou mesmo os que envolvem a imitação.

Por fim, a quarta dimensão, a simbólica, está relacionada à herança do sistema simbólico nos animais, como a linguagem nos seres humanos, por exemplo. A herança simbólica é semelhante à herança genética, por poderem transmitir informações latentes e diferentes da herança comportamental, por esta necessitar ser demonstrada para ser imitada, por exemplo. Na herança simbólica, os códigos sociais criados poderão ser compartilhados, mudados e traduzidos em outras convenções correspondentes. Entretanto, embora pareçam semelhantes à herança simbólica e genética, pois são codificadas e traduzíveis, a herança simbólica tem um potencial muito maior, já que podemos traduzi-la, separá-la e combiná-la de diferentes formas e em diferentes níveis simbólicos (JABLONKA; LAMB, 2010).

Pode-se dizer que a Síntese Estendida abrange uma “*herança inclusiva*”. Trata-se de uma herança que se estende para além de genes, uma vez que integra, por exemplo, herança epigenética (transgeracional), herança ecológica, herança social (comportamental) e herança cultural. Na perspectiva da herança inclusiva, os caracteres adquiridos também desempenham papéis evolutivos por contribuir com a origem de variantes fenotípicas (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016, p. 14, grifo das autoras).

Sobre a *Teoria da Construção do Nicho*, Tidon (2018) aponta que ela expandiu a ideia de que os animais modificam o ambiente a cada geração, o que altera não apenas as pressões seletivas sobre o próprio organismo, mas também sobre os outros elementos da comunidade. No processo de construção do nicho, o organismo influencia a própria evolução, principalmente, quando contribui com a criação das condições para a seleção (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016).

Para Laland et al. (2015), a construção do nicho se refere ao processo pelo qual o metabolismo, as atividades e escolhas dos organismos modificam ou estabilizam estados ambientais, afetando, dessa forma, a seleção que atua sobre si próprios ou sobre outras espécies. Por exemplo, muitas espécies de animais fabricam ninhos, tocas, teias ou casulos; fungos e

bactérias decompõem a matéria orgânica e podem fixar nutrientes ou excretar compostos que alteram os ambientes.

Assim, a construção do nicho pode gerar mudanças estáveis e direcionais em certas condições ambientais. Pode também influenciar a ontogenia e constituir-se como uma importante forma, na qual os fatores ambientais são incorporados ao desenvolvimento normal (LALAND, et al., 2015).

Para Pigliucci (2009), a construção do nicho apresenta uma visão diferenciada de interações organismo-ambiente e coevolução, já que os organismos alteram constantemente seu ambiente, o que, por sua vez, resulta em elementos cruciais do ambiente sendo “herdados” tanto pelas espécies precursoras quanto por outros membros do ecossistema local. “Assim a construção do nicho não é simplesmente uma fonte de mudança ambiental, mas é um dirigente da seleção uma vez que pode produzir novos resultados evolutivos” (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016, p. 19).

Sobre a *plasticidade fenotípica*, Laland et al. (2015) a definem como a capacidade de um organismo de mudar o seu fenótipo em resposta ao ambiente. Ela é onipresente em todos os níveis da organização biológica; embora esteja intimamente ligada à EVO-DEVO, é tratada em separado na maioria das pesquisas porque é tipicamente estudada em um contexto populacional, que é raramente central nos estudos de EVO-DEVO. Embora a evolução da plasticidade tenha sido estudada por décadas, há um crescente interesse na plasticidade como causa e não como apenas uma consequência da evolução fenotípica.

Já para Dewitt e Scheiner (2004), uma definição comum de plasticidade fenotípica é a produção ambientalmente sensível de fenótipos alternativos por determinados genótipos. Essa definição deixa uma flexibilidade considerável na decisão de quais tipos de características exibem plasticidade, porque o termo fenótipo é deixado para os indivíduos definirem por si próprios, no sentido de que o conjunto de interações entre o organismo e o ambiente ocasiona a emergência de certos fenótipos. Assim, consideram como plasticidade os seguintes exemplos:

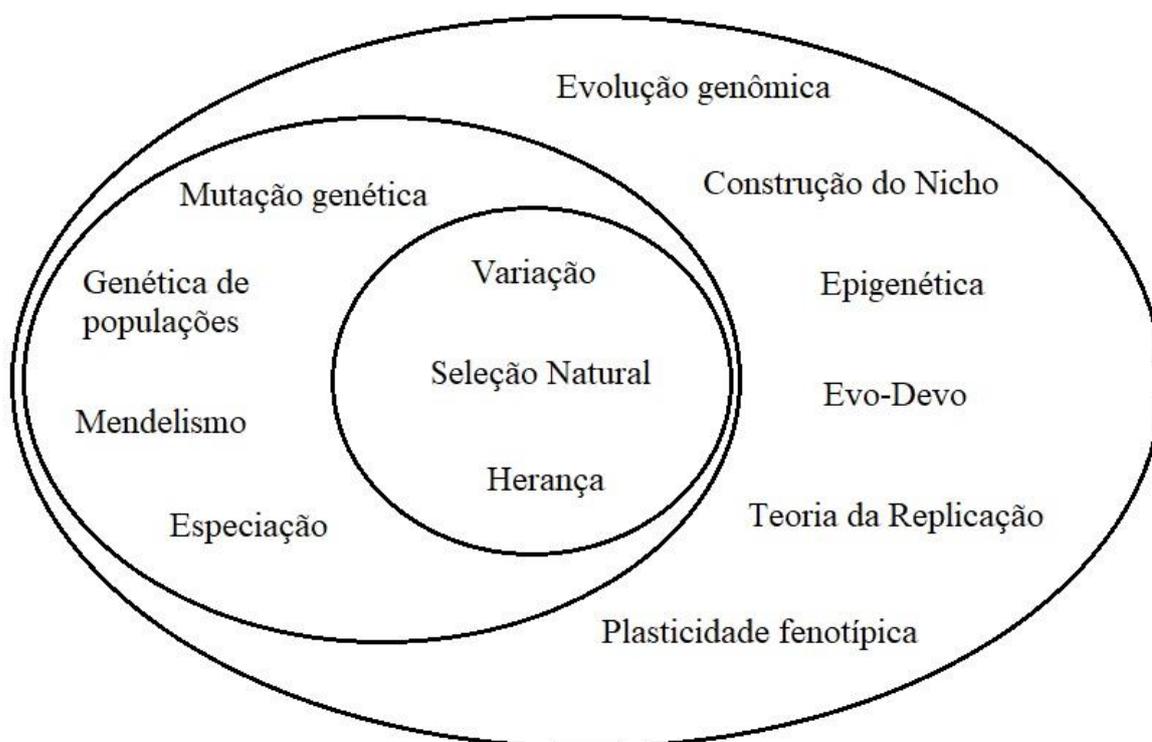
(1) o desenvolvimento de tipos alternativos de folhas em luz alta versus luz baixa; (2) a química induzida em resposta à herbivoria; (3) a produção de enzimas de lactase em bactérias desencadeadas pela presença de lactose; (4) da supressão do instinto de migração vertical do zooplâncton por sinais químicos de peixes; (5) da produção de febre em animais endotérmicos após infecções; (6) o acúmulo de músculos com o uso; e (7) a aprendizagem do animal (DEWITT; SCHEINER, 2004, p. 3, tradução nossa).

Por fim, diversos autores, como Araújo (2006a), Dressino e Lamas (2006), Pigliucci (2009), Laland et al. (2015), Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016), Tidon (2018), entre outros,

apontam para a importância da construção de um marco multiteórico à biologia evolutiva, em que, a partir da consideração das premissas e processos da Teoria Sintética da Evolução, seja possível constituir-se um novo paradigma evolutivo, que considere as pesquisas que dão corpo à Síntese Estendida da Evolução.

Para resumir esse novo paradigma evolutivo, Gabriely (2020), baseada em Pigliucci (2009), elaborou uma representação conceitual da expansão contínua da teoria da evolução em termos de ideias, fenômenos estudados e campos de investigação, desde Darwin até os dias atuais, como podemos visualizar na Figura 2, na sequência:

Figura 2 – Esquema de representação das ideias evolutivas de Darwin aos dias atuais



Fonte: Adaptado de Gabriely (2020) e Pigliucci (2009).

Na imagem da Figura 2, é possível identificar os três principais paradigmas evolucionistas dos últimos séculos. Na menor elipse central, está o paradigma darwiniano, com as premissas de Darwin para a evolução biológica: a variação, a seleção natural e a herança. Na elipse média, encontra-se o segundo paradigma evolutivo, as premissas da Teoria Sintética da Evolução: mutação, genética de populações, mendelismo e especiação. Na elipse maior, está o paradigma contemporâneo do evolucionismo, a Síntese Estendida da Evolução, com suas

premissas: evolução genômica, construção do nicho, epigenética, evo-devo, teoria da replicação²⁹ e a plasticidade fenotípica.

Desse modo, após visitarmos, mesmo que brevemente, alguns dos principais episódios da história da ciência biologia e da evolução, continuamos, no próximo capítulo, apresentando os dilemas e possibilidades do ensino dessa ciência na Educação Básica brasileira. Além disso, discutimos aspectos relacionados ao ensino de evolução biológica no Ensino Médio e à formação inicial de professores de biologia.

²⁹ Modelo explicativo de como o material genético (DNA) é duplicado dentro das células vivas. Ver mais em Davis (2004).

CAPÍTULO 2 – A disciplina escolar biologia, o curso de Ciências Biológicas e a formação de professores

Neste capítulo, apresentamos os desafios e possibilidades do ensino de biologia no nível médio, iniciando com os aspectos gerais, no Brasil e no mundo, e direcionando para o específico, que é o ensino de evolução biológica. Mostramos que os problemas, nesse nível de ensino, perpassam por diversos fatores, principalmente, crenças individuais dos professores e alunos, até a proposição de currículos e materiais didáticos. Na sequência, apresentamos um breve histórico do curso de Ciências Biológicas e discutimos a formação inicial dos professores de biologia.

2.1. Breve histórico e caracterização da disciplina escolar biologia

Nas primeiras décadas do século XX, os currículos escolares nomeavam as disciplinas que se dedicavam ao ensino dos conhecimentos biológicos, ora em disciplinas distintas, como Zoologia, Botânica, Fisiologia Humana, ora como História Natural. No Brasil, desde a fundação do Colégio Pedro II, em 1837, no Rio de Janeiro, a disciplina, que se dedicava aos estudos de zoologia, botânica, geologia e mineralogia, era a História Natural (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005).

Até o final da década de 1950, o currículo de História Natural refletia a influência do ensino europeu nas escolas brasileiras e a tendência, nesse período, era o de abordar os vários grupos de organismos separadamente, sendo as aulas práticas utilizadas apenas para a ilustração das aulas teóricas (KRASILCHIK, 1986).

A partir da década de 1960, iniciou-se um movimento de modificação na estrutura educacional, movida, principalmente, por três fatores: o progresso da ciência Biologia; a constatação, a níveis internacional e nacional, da importância do ensino das ciências como fator para o desenvolvimento das nações; e pela promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 20/12/1961, que descentralizou as decisões curriculares (KRASILCHIK, 1986).

Nesse contexto, a origem da disciplina escolar Biologia concretiza-se nos diversos embates históricos em torno da reunião dos conteúdos biológicos, em uma nova disciplina escolar, e em meio aos conflitos, que constituíram a Biologia como uma ciência unificada (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005). Assim, apesar do termo Biologia

ter sido cunhado independentemente por Lamarck e Treviranus, no início do século XIX, as Ciências Biológicas, como ciência autônoma e legítima, somente se tornou possível quando a evolução foi estabelecida como uma teoria (SMOCOVITIS, 1992).

Sobre a unificação das Ciências Biológicas, abordamos, na subseção 1.2., e agora discutiremos apenas o surgimento da disciplina escolar biologia, que não deixa de se entrelaçar com os dilemas e dificuldades históricos da ciência de referência, pois, tanto esta quanto as disciplinas escolares, obedecem às finalidades sociais do conhecimento e da educação. Enquanto a ciência de referência se desenvolve em direção a processos cada vez mais especializados, mobilizando os objetivos sociais a seu favor, as disciplinas escolares trabalham com o conhecimento sociocultural relevante, ordenando e controlando o currículo, bem como os tempos e espaços escolares (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005).

A trajetória delineada pelas Ciências Biológicas reflete-se na importância que a disciplina escolar biologia ocupou na escola. O destaque a ela, no currículo escolar, aconteceu, principalmente, na década de 1930, pois fatores sociais e econômicos, relacionados à aplicação dos conhecimentos biológicos, na indústria e na agricultura, fortaleceram o ensino da biologia nas escolas (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005).

Ao final dessa mesma época, em 1939, o professor Almeida Júnior, catedrático da USP, introduziu, em uma publicação do livro *Biologia Educacional*, uma forte referência utilizada nos cursos de magistério, o tema da evolução biológica, seguido da genética e fisiologia. Entretanto, esse livro tinha forte apelo eugênico, apresentando um detalhado estudo da inteligência, sua herança e caracterização racial (BIZZO, 2004).

Até a década de 1960, a teoria da evolução, em ebulição por conta de suas disputas internas de constituição, era gradativamente mais defendida como um eixo organizador dos conhecimentos e currículos de biologia na Educação Básica. Assim, do mesmo modo que a evolução se tornou uma teoria estruturante das Ciências Biológicas, as disciplinas escolares, Zoologia, Botânica e História Natural, foram sendo substituídas por uma disciplina única, a Biologia (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005).

Esses movimentos unificadores, tanto na ciência de referência como na disciplina escolar, favoreceram e fortaleceram a retórica unificadora das Ciências Biológicas em torno da Biologia. O movimento já era visível nos documentos curriculares norte-americanos, produzidos no final dos anos 1950, conhecidos pela sigla BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*), que foram distribuídos e traduzidos para diversos países, incluindo o Brasil (FERREIRA; SELLES, 2005; SELLES; FERREIRA, 2005).

Os movimentos unificadores e de valorização dos conhecimentos científicos tiveram reforço do pensamento desenvolvimentista dos EUA, pós-Segunda Guerra Mundial e período da Guerra Fria, principalmente, após o lançamento do satélite artificial, Sputnik 1, em 1957. Os norte-americanos queriam formar mais cientistas para superar a força intelectual de países rivais, como a URSS (KRASILCHIK, 1986; SMOCOVITIS, 1992; MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Aqui, no Brasil, também foi fundado o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), em 1946, por um grupo de professores da Universidade de São Paulo (USP), com o objetivo de melhorar e ampliar os conhecimentos científicos dos jovens brasileiros. O IBECC foi responsável pela tradução e adaptação do BSCS para a realidade brasileira, cuja influência foi profunda no ensino de biologia da época (KRASILCHIK, 1986).

Entretanto, o sucesso desse projeto no Brasil durou pouco, até a reforma educacional de 1971, empregada pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 5.692/71, que reduziu consideravelmente o número de horas-aula semanais de Biologia e outras ciências, como a Física e a Química, impossibilitando o bom trabalho nessas disciplinas. Também, contribuiu com essa queda do prestígio das ciências no currículo escolar o novo mote propiciado à escola pública brasileira à época, que, para além das funções já desempenhadas no currículo, apontava para a necessidade de formação dos jovens para o enfrentamento e resolução de problemas de cunho biológico em preparação para a vida e o trabalho (KRASILCHIK, 1986).

O acréscimo de funções à escola pública ocasionou, conseqüentemente, um acúmulo de disciplinas e conteúdos para o currículo escolar, o que exigiu dos professores uma mudança teórico-epistemológica que não estavam preparados a realizar. Desde então, a disciplina escolar biologia tem se caracterizado como uma grande lista de nomes, conceitos e termos a serem memorizados pelos alunos em pouquíssimo tempo (KRASILCHIK, 1986).

O ensino de evolução, juntamente com a genética, até a década de 1960, no Brasil, não sofreu tantas pressões de grupos religiosos fundamentalistas como nos EUA. Por aqui, o seu ensino foi justificado no âmbito da saúde, por força dos movimentos eugênicos e higienistas e, sobretudo, nos cursos de formação de professores (BIZZO, 2004).

Em 1996, a última Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/96 evidenciou novas significativas mudanças à educação pública brasileira; a mais importante para essa discussão foi a elaboração e implantação de currículos nacionais, como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental (PCN) e médio (PCNEM e PCN+)³⁰. Esses

³⁰ PCN Brasil (1998); PCNEM = Brasil (2000); PCN+ = Brasil (2002).

currículos nacionais serviram de base para a elaboração e reformulação de currículos em todas as etapas e modalidades do ensino brasileiro. Nesse currículo para o Ensino Médio, a disciplina de biologia foi englobada em uma área que congregava também a física, a química e a matemática, que foi *Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias* (BRASIL, 1998; 2000; 2002).

Os PCNEM apontam para a importância do conhecimento evolutivo em parceria com o conhecimento ecológico, formando um eixo evolutivo-ecológico para a abordagem dos conhecimentos biológicos (BRASIL, 2000; MORAES, 2016). Entretanto, esse currículo destaca “[...] alguns poucos conceitos importantes de serem trabalhados para o entendimento da Teoria Sintética da Evolução [...], e, ao fazer isso de modo simplificado, desconsideram outros conceitos que também são fundamentais” (MORAES; GUIMARÃES, 2017, p. 4). Desse modo, a forma com que esse documento aborda o conhecimento evolutivo e sua importância para a disciplina escolar biologia não reflete os esforços anteriormente apresentados, pois “reforçam a ideia de que o conhecimento evolutivo será fundamental para o entendimento de outras áreas, mas não se posicionam diretamente na defesa de que este ensino perpassa por todas as áreas” (MORAES, 2016, p. 107).

Já os PCN+, são o primeiro currículo a defender a evolução como um eixo estruturador do conhecimento biológico. Ele aponta, em diferentes partes do texto, mas, principalmente, no tema estruturador *Origem e evolução da vida*, para os conceitos e conhecimentos evolutivos necessários à compreensão dos mecanismos e processos evolutivos, suas implicações sócio-históricas e culturais (BRASIL, 2002; MORAES, 2016). “Ainda assim, verificamos certas contradições em se propor a EB como um eixo integrador, mas não conseguir apresentar isto nos trechos textuais que se referem ao assunto” (MORAES; GUIMARÃES, 2017, p. 7).

Após os PCN, recentemente, no Brasil, tivemos a construção e atual implantação de um novo currículo nacional, chamado de Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2017). Esse currículo evidencia que, no Ensino Médio, o aluno deve compreender a complexidade dos fenômenos relativos à origem, evolução e manutenção da vida, relacionando-os a outros conhecimentos das Ciências Naturais. A base considera como uma das competências necessárias a ser desenvolvida pelos jovens: “Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis” (BRASIL, 2017, p. 539).

Em análise, o que fica evidente é que, ao mesmo tempo em que os documentos apontam para a necessidade da centralidade da evolução biológica, destinam os conceitos a respeito dessa temática para o último ano do Ensino Médio, ou mesmo restritos a uma única série, contradizendo-se com relação à integração, centralidade, orientação ou enfoque que a evolução deveria exercer sobre os outros assuntos.

Assim, ao se analisar os documentos curriculares brasileiros, é clara a falta de sincronia, a diversidade de orientações e as diferentes bases teórico-metodológicas, possivelmente, levando os professores a múltiplas interpretações na hora de construir o seu próprio currículo. Isso e outros fatores, que exploraremos na sequência, ocasionam problemas, dilemas e dificuldades que o ensino de biologia enfrenta, atualmente, não só no Brasil, mas em outros países.

Essa problemática se soma a outras apresentadas por pesquisadores do ensino de biologia, como Krasilchik (1986), Cicillini (1991), Marandino, Selles e Ferreira (2009), Caldeira e Araújo (2009) e Bizzo (2012), os quais evidenciam que: o ensino dessa ciência tem se caracterizado como um ensino mecânico, essencialmente tradicional, com muitos conceitos e termos a serem memorizados em um curto período de tempo. Além disso, os conteúdos de biologia do Ensino Médio, da forma com que vêm sendo abordados nas aulas, carecem de relação com o cotidiano dos alunos, levando-os a perceber uma biologia desvinculada da realidade, dos fenômenos e dos acontecimentos, distante do dia a dia. Nesse contexto, conhecimento biológico abordado nas aulas e nos livros didáticos é outra biologia e não aquela da vida dos alunos ou dos fenômenos biológicos vividos por eles. Em decorrência disso, temos o desinteresse, a repetência e o abandono dos estudos no Ensino Médio.

O aprendizado de biologia pode e deve ser estimulante, motivador não só para a aquisição do conhecimento específico como para capacitar todo cidadão de observar, fazer perguntas, obter informações, analisá-las e formular explicações, conceitos e opiniões com suas próprias palavras (KRASILCHIK, 2009, p. 250).

Nesse sentido, sintetizamos, aqui, alguns dos principais problemas e dificuldades encontradas por professores e alunos no ensino e aprendizagem da biologia, durante o Ensino Médio, no Brasil. Não é nosso objetivo esgotar as discussões acerca desses temas, mas apenas apresentá-los para contextualizar nossa discussão. São eles:

- o excesso de conteúdos, conceitos, nomes, termos etc. (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011);

- a aprendizagem pautada apenas na memorização, como único processo cognitivo requerido (SELLES; FERREIRA, 2005);
- o conhecimento fragmentado, dividido em subáreas estanques, sem conexões ou relações umas com as outras (MEGLHIORATTI et al., 2009);
- os conteúdos descontextualizados, desconectados com a realidade, com o meio ambiente e com a vida dos alunos (KRASILCHIK, 1986; 2009);
- o material didático, em especial, o livro didático de biologia, apresentando uma diversidade de problemas (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003);
- a ausência de aulas práticas e da vivência da prática da pesquisa científica (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009);
- a falta de preparo dos professores para trabalhar com alguns conhecimentos da biologia (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003).

Sobre o primeiro problema, *o excesso de conteúdos, conceitos, nomes, termos, entre outros*, temos pesquisas como as de Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011, p. 69), que apontam que “o conteúdo de biologia do Ensino Médio é excessivo, até mesmo enciclopédico, e que, portanto ele deve ser significativamente reduzido”. Em um estudo empírico desenvolvido por esses autores, identificaram, nos livros didáticos de biologia do Ensino Médio, um total de 3.290 conceitos, o que gera uma média de 1.096 conceitos aproximadamente a cada ano (considerando a seriação dessa etapa de ensino com três anos).

Segundo esses autores:

[...] Isso sugere que, além da redução da quantidade de conteúdos no ensino médio de Biologia, é necessária uma reestruturação do conteúdo ensinado, de maneira que idéias que têm papel central no conhecimento biológico, como as evolutivas, venham a ter um papel de fato estruturante no ensino e na aprendizagem, potencializando a construção, pelos estudantes, de uma visão integrada do mundo vivo (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011, p. 76).

Assim, esse excesso de conteúdos nos currículos de biologia do Ensino Médio pode contribuir para que os alunos apenas memorizem por um tempo, até que os usem na avaliação, porém, sem compreendê-los de forma significativa, transformando, assim, a biologia numa disciplina sem contexto, relações e/ou aplicações práticas no dia a dia desses jovens (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011).

Com relação ao segundo problema, *a aprendizagem pautada apenas na memorização, como único processo cognitivo requerido*, que está diretamente relacionado ao anterior, as pesquisas, como a de Meglhioratti et al. (2009), apontam que, no contexto atual, o ensino de

biologia tem se caracterizado como um ensino memorístico e fragmentado. Segundo os autores, os conceitos biológicos são trabalhados de forma desvinculada do seu processo histórico de construção, ou seja, descontextualizados, de maneira estática, sem evidenciar os obstáculos epistemológicos encontrados em sua definição.

Selles e Ferreira (2005) já apontavam para o mesmo caminho, afirmando, com base em suas pesquisas, que o ensino de biologia tem se caracterizado como um ensino descritivo, conteudista e memorístico; por isso, tem sido alvo, ao longo de sua história, de uma série de críticas acerca da seleção e organização dos seus conteúdos.

O problema de o ensino de biologia ser memorístico está baseado no fato de que, muitas vezes, na sala de aula, a memorização é o único processo cognitivo a ser utilizado para a apreensão do conhecimento recebido, seja do professor ou do material didático. Esse conhecimento (conceitos, termos, nomes, datas etc.) será armazenado na memória do aluno pelo período necessário até a avaliação e, depois, muitas vezes, é esquecido. Em se tratando de Aprendizagem Significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978; MOREIRA, 2016), dizemos que, quando o conceito ou termo aprendido não faz conexões ou relações com o que o aluno já sabe, não houve aprendizagem significativa, ou seja, não ampliou o rol de conhecimentos desse aluno, ficando vago na estrutura cognitiva dele, por isso, ocorre o esquecimento.

No que se relaciona ao terceiro problema apontado, que é *o conhecimento fragmentado, dividido em subáreas estanques, sem conexões ou relações umas com as outras*, Meglhioratti et al. (2009) apontam para a necessidade de uma reestruturação no modo de conceber os processos de ensino e aprendizagem para que sejam mais contextualizados, dinâmicos e integrados. Isso porque, como assinalam Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011, p. 68): “não é possível ensinar aos estudantes tanto conteúdo de forma pouco estruturada e em tão pouco tempo, e, ainda esperar que eles construam uma compreensão de mundo vivo que seja significativa [...]”.

Sobre o quarto problema elencado, que é *os conteúdos descontextualizados, desconectados com a realidade, com o meio ambiente e com a vida dos alunos*, verificamos que o ensino de biologia “[...] limita-se a apresentar a ciência completamente desvinculada de suas aplicações e das relações que tem com o dia-a-dia do estudante, amplamente determinado e dependente da tecnologia” (KRASILCHIK, 1986, p. 174-175). Afinal, entendemos que, se quisermos que o público, no geral, compreenda cientificamente acontecimentos, fenômenos e fatos de suas vidas, para que opine e atue criticamente sobre os rumos que a ciência e a

tecnologia (C&T) tomam na sociedade, é preciso adquirir na escolarização elementos mínimos da C&T a fim de haver apropriação da crítica e atuação consciente sobre seus caminhos.

O crescimento das pesquisas de cunho biológico, aliado a fatores que se desenvolveram, especialmente, a partir da Segunda Guerra Mundial, explicitaram que as Ciências Biológicas não podem prescindir de uma reflexão no âmbito social. Tal aspecto torna-se ainda mais visível quando essa ciência alimenta debates contemporâneos acerca de tópicos como gravidez e aborto, sexualidade [...], racismo, drogas, fome; de questões ambientais e religiosas; de aspectos relativos à biotecnologia, tais como transgênicos, clonagem e células-tronco. As inúmeras pressões sociais e de ordem ética vêm alargando as fronteiras do conhecimento biológico, evidenciando que essas interfaces demandam um entendimento mais amplo da contribuição das Ciências Biológicas para o enfrentamento de questões na atualidade (SELLES; FERREIRA, 2005, p. 51).

Exemplos claros e atuais podem ajudar a elucidar essa questão, da necessidade e importância do ensino e da aprendizagem das ciências, incluída a biologia. Um desses exemplos é o movimento antivacinação de crianças e idosos, que vem ganhando os noticiários, entretanto, precisamos que nossos alunos compreendam melhor o papel e a importância das vacinas no controle e erradicação de doenças, para que saibam se posicionar e agir contra esses movimentos e contra a desinformação.

Outro exemplo são as problemáticas ambientais, que, vez ou outra, são minimizadas ou desconstruídas por *lobbies* de interesses financeiros, visando ao desenvolvimento a qualquer custo, que espalham desinformações a respeito do aquecimento global, do desmatamento e da poluição, em face ao lucro e ao desenvolvimento desenfreado. Isso acarreta a intensificação dos problemas ambientais já visíveis, além da piora das previsões feitas pelos cientistas sobre a degradação ambiental e destruição das riquezas naturais do planeta.

Esses exemplos nos ajudam a compreender o que aponta Krasilchik (2009, p. 249):

O aprendizado de Biologia leva estudantes a compreender melhor o seu papel nessa complexa trama, conexões com a sua vida e seu significado pessoal, social e ético. Assim, currículos de cursos de Biologia das diferentes fases de escolaridade devem propiciar aos estudantes formação que lhes permita ter a ideia clara do seu papel na Biosfera, tanto em nível pessoal como social e das responsabilidades decorrentes para uma atuação positiva do cidadão. [...] a disciplina abre novos horizontes de um estimulante conhecimento que, além de proporcionar oportunidade para compreender o processo científico, têm facetas múltiplas.

Já sobre o quinto problema, que retrata sobre *o material didático, em especial, o livro didático de biologia, apresentando uma diversidade de problemas*, as pesquisas mostram que o livro didático de biologia, somente a partir de 2007, passou a ser distribuído gratuitamente

aos alunos da rede pública de ensino brasileira e, assim, começou a ser avaliado pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).

Diante dessa avaliação e conforme diferentes pesquisas, como as de Megid-Neto e Fracalanza (2003), Rosa e Silva (2010), El-Hani, Roque e Rocha (2011), Cardoso-Silva e Oliveira (2013), Macedo e Menolli-Jr (2015) e Silva e Menolli-Jr (2016), ficou evidenciado que os livros didáticos de biologia para o Ensino Médio apresentam uma série de problemas, como: erros conceituais, descontextualização e despersonalização do saber, desproporcionalidade e falta de escalas em imagens de seres vivos, informações desatualizadas, deficiências gráficas e de diagramação, imagens ou concepções descontextualizadas e distorcidas da ciência, do cientista e do trabalho científico, entre outros.

O livro didático é um poderoso estabilizador desse estado de coisas, coibindo a função do professor como planejador e executor do currículo. Como produto comercial, dificilmente pode apresentar propostas renovadoras que significariam um risco mercadológico. Pelas suas difíceis condições de trabalho, os docentes preferem os livros que exigem menor esforço, como os pretensos estudos dirigidos, nos quais se apoiam e que reforçam uma metodologia autoritária e um ensino teórico (KRASILCHIK, 1986, p. 173).

Megid-Neto e Fracalanza (2003) chamam a atenção para um movimento de mudança que já vem ocorrendo na forma com que os professores da escola pública brasileira utilizam os livros didáticos, deixando de segui-los como guias e utilizando-os como material de apoio. Entretanto, ainda temos que avançar em muitos aspectos e manter sob análise constante³¹ esse recurso didático que tem grande importância na prática pedagógica dos nossos professores de ciências, inclusive, os de biologia.

O sexto problema elencado, ou seja, *a ausência de aulas práticas e da vivência da prática da pesquisa científica*, mostra-se em evidência e muito criticado nas pesquisas em ensino de biologia; relaciona-se à ausência de aulas práticas e realização de experimentos nas aulas de biologia no Ensino Médio. Sendo a biologia a ciência que estuda a vida, exige que o professor aponte, demonstre, experencie, na prática, os fenômenos biológicos. Desse modo, “[...] é preciso transformar o ensino tal como ocorre hoje, livresco e memorístico o que explica [...] a postura negativa e desinteresse da grande maioria dos estudantes” (KRASILCHIK, 2009, p. 250).

³¹ Reconhecemos os avanços conquistados quanto à qualidade dos livros didáticos (LD) públicos, no Brasil, em decorrência do aperfeiçoamento dos instrumentos de avaliação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). É sabido que os LD de Biologia, atualmente, incluem a contextualização de seus conhecimentos, a História da Ciência, elementos de interdisciplinaridade, entre outros. Ver mais em Sousa (2020).

Segundo Marandino, Selles e Ferreira (2009), o ensino experimental de biologia ganhou maior visibilidade, nos currículos educacionais, a partir dos anos de 1930, quando o país necessitava da formação de mão de obra científica qualificada e baseada no modelo escolanovista de ensino ativo, que substituiu as metodologias tradicionais por um maior número de aulas experimentais. O problema foi que esse conjunto teórico-metodológico escolanovista, mal interpretado por quem estava à frente do processo, os professores, ocasionou apenas um aumento de aulas práticas demonstrativas, no qual os alunos apenas “redescobriam” a ciência por meio dos experimentos, confirmando o que o professor havia ensinado na teoria.

Para que houvesse um sucesso maior, nesse aumento das aulas experimentais no ensino das ciências, inclusive da biologia, a experimentação escolar deve ser encarada como o processo de transformação de conteúdos e procedimentos científicos para o atendimento de uma finalidade específica de ensino. Isso porque, mesmo guardando semelhanças com as experiências científicas feitas pelos cientistas e pesquisadores, a experimentação escolar ou didática não é concretizada da mesma forma e deve ser encarada não como processo inventivo próprio da ciência em si, mas demonstrativa de pesquisas já realizadas e consolidadas, proporcionando aos alunos vivências culturais criativas próprias do mundo da ciência (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009).

Na aula de biologia, por experimentação, há uma série de autonomias na realização das investigações por parte dos alunos, que abrangem, desde práticas experimentais mais fechadas, nas quais o professor direciona todo o processo, até as mais investigativas, em que os alunos possuem autonomia investigativa total.

Sobre o último problema elencado, *a falta de preparo dos professores para trabalhar com alguns conhecimentos da biologia*, as pesquisas, como a de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), Malucelli (2007), Silva e Stuchi (2017), Mellini e Sivieri-Pereira (2018), apontam que a falta de preparo do professor ocasiona, muitas vezes, que deixe de trabalhar alguns conteúdos por simplesmente desconhecerem o assunto, por terem medo de causar discussões ou divergências em sala de aula e, assim, perderem o controle da turma.

O docente, por falta de autoconfiança, de preparo, ou por comodismo, restringe-se a apresentar aos alunos, com o mínimo de modificações, o material previamente elaborado por autores que são aceitos como autoridades. Apoiado em material planejado por outros e produzido industrialmente, o professor abre mão de sua autonomia e liberdade, tornando-se simplesmente um técnico (KRASILCHIK, 1986, p. 173).

Isso pode ser evidenciado, quando o professor de biologia necessita abordar algum assunto que poderá causar polêmicas, discussões e até mesmo conflitos em sala de aula, por

exemplo: a sexualidade, a identidade de gênero, o uso de métodos contraceptivos, a prevenção a infecções sexualmente transmissíveis (IST), o evolucionismo e as teorias científicas que lhe dão base, entre outros.

Nesse sentido, Krasilchik (1986, p. 177) aponta que:

Os professores de Biologia não podem se furtar à responsabilidade de ajudar seus alunos a desenvolver as habilidades necessárias para incorporar à análise de um problema o ponto de vista social e político, que é requerido de todo cidadão. Muitos docentes evitam tópicos com implicações sociais e políticas por falta de segurança em relação ao assunto, por temer perder o controle da classe ou ainda por medo de criar problemas com os pais ou com autoridades superiores. Não se trata de exigir dos professores atitudes temerárias e muito menos de doutrinação dos estudantes, mas uma análise racional e objetiva de problemas de interesse social, que além do seu papel educativo tem um grande componente motivacional para os adolescentes.

Diante desse panorama problemático do ensino de biologia no nível médio, apresentamos, brevemente, algumas propostas de solução, que objetivam uma melhoria gradativa no ensino da ciência da vida, a biologia. Buscar um ensino que realmente responda aos propósitos da formação dos adolescentes e jovens brasileiros é motivo de pesquisas, as quais buscam, por meio da análise da realidade escolar e do corpo teórico, propor meios e instrumentos que almejam a melhoria desse ensino.

Assim, listamos e discutimos, a seguir, propostas e ideias mais consistentes para a melhoria do ensino de biologia, atualmente, que, do ponto de vista organizacional, não correspondem exatamente aos sete problemas apresentados anteriormente:

- Estudo da História e Filosofia e da Natureza da Ciência (MEGLHIORATTI, 2004; MARTINS, 2006; MATTHEWS, 1992; 2015);
- Aumento gradativo de aulas práticas e experimentais baseadas na perspectiva do Ensino por Investigação (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994; CARVALHO, et al., 2013; BIZZO, 2009; 2012);
- Aplicação da perspectiva da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) nos currículos e propostas de ensino (SANTOS; MORTIMER, 2002);
- Foco na Aprendizagem Significativa com reconhecimento das Concepções Alternativas dos alunos e da relação do conhecimento com o contexto do aluno (MOREIRA, 1999; 2016);
- Direcionamento dos currículos escolares para uma Alfabetização Científica, com foco no letramento e enculturação científica dos indivíduos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Segundo Matthews (1992), a história, filosofia e sociologia da ciência não têm todas as respostas aos problemas atuais do ensino de biologia, mas têm algumas das respostas sobre como (i) elas podem humanizar as ciências e torná-las mais conectadas com preocupações pessoais, éticas, culturais e políticas, proporcionando salas de aula mais desafiadoras e melhorando as habilidades de pensamento crítico; (ii) podem também contribuir para uma compreensão mais coerente dos assuntos científicos, diminuindo a falta de sentido que alguns temas apresentam; (iii) podem melhorar a formação de professores, ajudando no desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e autêntica.

Para Meglhioratti (2004, p. 36-37, grifos da autora):

A utilização da *História e Filosofia da Ciência* no Ensino de Ciências pode contribuir para a compreensão dos mecanismos pelos quais a ciência é elaborada, os quais consistem tanto de uma coerência interna dentro da própria *lógica* da ciência, como dos fatores externos que influenciam uma dada pesquisa. A análise da construção científica permite que o aluno compreenda: a constituição de uma comunidade científica, a relação entre ciência e sociedade, os obstáculos epistemológicos superados pelos cientistas. Além disso, permite a compreensão de que existe um âmbito de questões que a ciência está capacitada a responder, mas mesmo assim, essas respostas não são definitivas e vai depender do paradigma e das necessidades sociais de cada época.

A história e filosofia da ciência possibilitam o estudo mais adequado de alguns episódios históricos das ciências, o que permite ao aluno compreender as inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, identificando que a ciência não é isolada das outras, visto que sofre influência e influencia, num processo mútuo. Permite também ao aluno perceber que o conhecimento é um produto social, coletivo e gradativo de construção de conhecimento e que, muitas vezes, a ciência produzida por gênios pode ser anedota científica (MARTINS, 2006).

Segundo Gil-Pérez et al. (2001), os estudantes, os professores, o público, em geral, de todas as idades e condições sociais, apresenta uma variedade de ideias e concepções ingênuas, equivocadas e/ou errôneas sobre a Natureza da Ciência, do conhecimento científico e do cientista. Nesse sentido, a história e filosofia da ciência podem ajudar o professor a reconhecer, compreender e evitar essas concepções ingênuas, desenvolvendo um trabalho com “uma visão mais adequada e bem fundamentada da natureza das ciências, de sua dinâmica, de seus aspectos sociais, de suas interações com seu contexto, etc., certamente trará consequências importantes” (MARTINS, 2006, p. 20).

Para Matthews (2015), os estudantes de ciências devem ter uma noção sobre os métodos científicos, sua diversidade e suas limitações; precisam ter uma noção de questões

metodológicas, de como as teorias científicas são avaliadas, de como argumentos e debates científicos estão envolvidos na resolução de controvérsias; eles também devem ter uma noção do papel inter-relacionado do experimento, da matemática e da religião, da filosofia e do compromisso ideológico no desenvolvimento da ciência. Todos os alunos deveriam ter algum conhecimento dos grandes episódios no desenvolvimento da ciência e, conseqüentemente, da cultura: da História, a Filosofia e a Educação Científica na desmitologização da antiga imagem do mundo; da realocação copernicana do Sol no centro do Sistema Solar; do desenvolvimento de experimentos e ciências matemáticas, associadas a Galileu e Newton; da demonstração de que as leis da atração terrestre operavam nos reinos celestes; da teoria da evolução na época de Darwin e suas reivindicações por uma compreensão naturalista da vida; da descoberta de Pasteur sobre a base microbiana da infecção; das teorias de Einstein sobre gravitação e relatividade; da descoberta do código do DNA e a pesquisa sobre a base genética da vida. Os alunos devem, dependendo da idade, valorizar os aspectos intelectuais, técnicos, sociais e pessoais, como fatores que contribuíram para essas conquistas monumentais.

Desse modo, a história da ciência contribui ao ensino de ciências porque: (1) motiva e envolve os alunos; (2) humaniza o assunto; (3) promove uma melhor compreensão de conceitos científicos, rastreando seu desenvolvimento e refinamento; (4) identifica um valor intrínseco na compreensão de certos episódios cruciais na história da ciência - a Revolução Científica, darwinismo etc.; (5) afirma e demonstra que a ciência é mutável e que, conseqüentemente, o entendimento científico atual pode ser transformado, o que (6), assim, combate o dogmatismo científico; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão da riqueza do método científico e exhibe os padrões aceitos de mudança de metodologia (MATTHEWS, 1992).

Por fim, reforçamos que a História e Filosofia da Ciência têm uma contribuição significativa para melhorar o ensino, a aprendizagem das ciências e, conseqüentemente, o seu desenvolvimento social. Segundo Matthews (2015), essa contribuição pode ser elencada da seguinte forma: a HFC pode conectar a ciência aos aspectos pessoais, éticos, preocupações culturais e políticas; a HFC e, particularmente, os exercícios lógicos e analíticos básicos podem tornar as salas de aula mais desafiadoras e aprimorar o raciocínio e habilidades de pensamento crítico; a HFC pode ajudar os professores a identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos; a HFC pode contribuir para uma avaliação mais clara de muitos debates educacionais que envolvem professores de ciências e planejadores de currículo.

Sobre o aumento gradativo de aulas práticas e experimentais, baseadas na perspectiva do Ensino por Investigação, temos, conforme aponta Bizzo (2012), que as aulas práticas podem

contribuir com o ensino de biologia sob três argumentos: (i) *motivacional*, pois, com a ida ao laboratório ou a campo, acrescenta-se um componente emocional à base cognitiva dos alunos e a probabilidades desses conhecimentos ganharem mais significado se enriquece; (ii) o *trabalho em equipe*, a disposição para a colaboração e as oportunidades de observação, do debate e da manifestação de pontos de vista contribuem, sobremaneira, para a construção de uma inteligência extrapessoal; (iii) *evitando uma concepção de ciência muito restrita*, fundada numa visão distorcida da ciência, como vimos na colaboração da História e Filosofia da Ciência.

Para Krasilchik (1986), as aulas práticas têm as seguintes funções no ensino das ciências: despertar e manter o interesse dos alunos; envolver os estudantes em investigações científicas; desenvolver a capacidade de resolver problemas; compreender conceitos básicos; e desenvolver habilidades científicas.

Entretanto:

Considera-se mais conveniente um trabalho experimental que dê margem à discussão e interpretação de resultados obtidos (quaisquer que tenham sido), com o professor atuando no sentido de apresentar e desenvolver conceitos, leis e teorias envolvidos na experimentação. Desta forma, o professor será um orientador crítico da aprendizagem, distanciando-se de uma postura autoritária e dogmática no ensino e possibilitando que os alunos venham a ter uma visão mais adequada do trabalho em Ciências. Se esta perspectiva de atividade experimental não for contemplada, será inevitável que se resuma à simples execução de “receitas” e à comprovação da “verdade” daquilo que repousa nos livros didáticos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1994, p. 22-23).

Nesse sentido, consideramos importante o desenvolvimento de uma atividade prática numa perspectiva para além da mera demonstração e/ou comprovação, como na perspectiva investigativa. Nessa abordagem das aulas práticas, os alunos são levados “[...] ao diagnóstico de problemas, à análise de experimentos e de alternativas lógicas, ao planejamento de experimentos e testes, à elaboração de conjecturas, à busca de informação, à construção de modelos explicativos, a debates com colegas e à construção de argumentação coerente” (BIZZO, 2009, p. 50).

Nas atividades de ensino investigativas, geralmente, começa-se com um problema, seja experimental ou teórico, contextualizado e que desencadeie nos alunos as condições para que pensem e trabalhem com as variáveis e hipóteses relacionadas ao fenômeno estudado. Depois, para a resolução desse problema, os estudantes podem testar suas hipóteses experimentalmente e coletivamente, privilegiando-se o diálogo. Após a resolução do problema, a solução deve ser compartilhada entre os demais colegas de classe, expondo-o de maneira oral, escrita ou outra. Assim, nessa perspectiva, vivenciam-se procedimentos investigativos de relevância para os

alunos, com um direcionamento pelo professor para os conhecimentos que se deseja que os alunos aprendam, assim como as técnicas, os procedimentos e a linguagem científica (CARVALHO, 2013).

Diante disso, “[...] acredita-se que a partir da investigação, os alunos possam, além de enxergar os conteúdos específicos da Biologia de forma mais integrada, relevante e contextualizada, desenvolver habilidades envolvidas no fazer científico [...]” (SCARPA; SILVA, 2013, p. 149). Ademais, com relação à Biologia, como uma disciplina privilegiada para as atividades investigativas, Scarpa e Silva (2013, p. 150) apontam que:

As regularidades dos fenômenos biológicos são, de acordo com a teoria da evolução por seleção natural, de natureza probabilística e histórica e ocorrem em diversas escalas espaciais [...] e temporais [...]. Desse modo, as investigações em Biologia não podem ocorrer apenas por meio de experimentações em laboratórios, mas também, e na maior parte das vezes, por observação e comparação e pela construção de narrativas históricas.

Sobre a aplicação da perspectiva da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), nos currículos e propostas de ensino, acreditamos que se caracteriza como uma proposta contemporânea, que colabora para a melhoria do ensino de biologia que almejamos. A perspectiva CTS, que chegou ao Brasil no início da década de 1990 e compôs o quadro das pesquisas em educação científica, bem como os currículos de ciências da época, tem como definição, segundo Roberts (1991, *apud* SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 3): “componentes curriculares que tratam das inter-relações entre a explicação científica, o planejamento tecnológico e solução de problemas/tomada de decisão sobre temas práticos de importância social”.

Assim, a orientação CTSA, para os currículos, apresenta uma abordagem social e cultural da produção científica e tecnológica humana, além de apontar para um ensino baseado em temas de relevância social/cultural, o que pode facilitar, portanto, a prática pedagógica de professores de biologia que almejam uma formação e estimulação do pensamento crítico de seus alunos.

A abordagem CTSA dos currículos de ciências e biologia, acrescida da inserção de História e Filosofia no ensino e da adição das aulas práticas, numa abordagem investigativa, pode proporcionar, ao ensino de biologia, uma Aprendizagem Significativa, que, segundo Moreira (1999; 2016), difere-se da aprendizagem mecânica por realizar verdadeiras conexões cognitivas com aquilo que o indivíduo já sabe. A Aprendizagem Significativa é uma teoria cognitiva, elaborada por Ausubel, entre 1968 e 1980; entretanto, consideramos, aqui, seu

sinônimo para a aprendizagem real e qualitativa do conhecimento científico que o professor quer ensinar.

Consideramos que, numa abordagem de ensino tradicional, em que o método é baseado na exposição do professor de termos e conceitos, bem como na memorização por parte do aluno, haverá pouca ou nenhuma aprendizagem significativa, pois o estudante mobilizará apenas um processo cognitivo, a memorização. Se o que está sendo ensinado não fizer sentido ao aluno, não tiver importância para ele e não mobilizar outros processos cognitivos, que apenas a memorização, essa aprendizagem será apenas mecânica e, mais cedo ou mais tarde, tudo será esquecido.

Assim, apontamos para a importância e necessidade da identificação, por parte dos professores, das concepções alternativas ou conhecimentos prévios³² dos alunos, para que sirvam de degraus à busca pelo conhecimento científico ou como ponto de partida ao professor, na sua prática pedagógica, facilitando a detecção daquilo que os alunos já sabem, além de visar ao planejamento daquilo que eles precisam aprender (SANTOS, 1998; POZO, 2004).

Esses conhecimentos que o aluno já traz da sua vivência empírica e social/cultural, se não identificados e explorados pelos professores, podem servir como obstáculos à aprendizagem dos conhecimentos científicos, dificultando a compreensão dos alunos a respeito de termos e conceitos da biologia, por exemplo, já que seus conhecimentos e ideias prévias são suficientes para responder uma gama de problemas práticos e utilitários do cotidiano. Esse conhecimento tem foro afetivo e emocional; ademais, pode constituir verdadeiras barreiras à aprendizagem do conhecimento científico se o professor não souber identificá-los e propor-lhes conflitos que os façam perceber a limitação dessas ideias (SANTOS, 1998; POZO, 2004).

Por fim, todos esses assuntos propiciam as pesquisas em ensino de ciências e biologia, bem como os currículos e propostas de formação inicial e continuada para o caminho da Alfabetização Científica (AC). A AC surge, também, em meados da década de 1990 e apresenta uma pluralidade de nomenclaturas, sendo, ademais, chamada de Letramento Científico e

³² Concepções Alternativas ou Conhecimentos Prévios (ideias prévias) são utilizados neste trabalho como sinônimos para os conhecimentos que o estudante traz para a escola, resultantes de seu aprendizado empírico, social e cultural ou mesmo da própria escolaridade anterior. Esses conhecimentos podem servir como verdadeiros obstáculos à aprendizagem dos conhecimentos científicos no processo de escolarização, uma vez que apresentam foro emocional e afetivo, muitas vezes, dogmáticos (POZO, 2004). Cabe ao professor conhecer essas concepções dos alunos para encontrar a melhor forma de superá-los ou substituí-los por concepções científicas, quando se requer uma mudança conceitual (POZO; CRESPO, 2009) ou, ainda, acomodá-los em sua estrutura conceitual de modo a conviver harmonicamente com outras concepções, como as científicas, religiosas etc., quando se pretende a construção de um perfil conceitual (MORTIMER, 2000).

Enculturação Científica; conforme explicam Sasseron e Carvalho (2011, p. 61), tem como objetivo o planejamento de aulas de ciências que:

[...] permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico.

As autoras apontam que, para ser considerado alfabetizado cientificamente, um aluno deve apresentar os seguintes três blocos de características: (i) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (ii) a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e (iii) o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2011). Ou seja, o aluno alfabetizado cientificamente é resultado de todos os apontamentos, que fizemos acima, sobre abordagens e perspectivas de ensino, que lhe proporcionarão características de um aluno formado na e para a crítica social, bem com cultural do conhecimento humano, exercendo prontamente sua cidadania.

Para além das dificuldades e problemáticas, que envolvem o ensino de biologia no nível médio, bem como das possibilidades de solução, apresentadas pela pesquisa científica da área, necessitamos olhar mais detalhadamente para os desafios e dilemas do ensino de evolução biológica, mais especificamente, nessa etapa da Educação Básica. Uma vez que essa temática é o conceito unificador da biologia, deve deter o mesmo foco no ensino, a fim de que tal conceito seja abordado de maneira a servir como um eixo articulador de toda a biologia. Assim, no próximo tópico, iremos nos deter a analisar as dificuldades e possibilidades do ensino de evolução biológica, principalmente, como conteúdo articulador ou como um enfoque no ensino de biologia.

2.2. Dificuldades e dilemas do ensino de evolução biológica no Ensino Médio

Diante da compreensão da importância da evolução, não somente para as ciências biológicas, mas também para o cidadão no seu cotidiano, entende-se que é necessário que ela seja abordada de forma a articular os demais conhecimentos da biologia, servindo como um eixo, uma abordagem ou um enfoque. Abordagens desse tema, como se costuma ver, ensinadas apenas ao final do ano letivo do último ano do Ensino Médio, não colaboram para as melhorias que almejamos no ensino de biologia, sendo necessário que a evolução assuma um papel mais

central e importante do que aquele que tradicionalmente vem desempenhando na Educação Básica brasileira (MEYER; EL-HANI, 2005; BIZZO; EL-HANI, 2009).

Apesar do grande valor de uma abordagem que tome a evolução como base, e que é fortemente fundamentada em critérios filosóficos, ainda permanece não resolvido o problema das difundidas interpretações errôneas sobre evolução e como lidar com elas em sala de aula (SANTOS; CALOR, 2007, p. 2).

Para Jacob (1983), a evolução ocupa um lugar de destaque na biologia e foi responsável por reunir muitas observações de diferentes domínios, por inter-relacionar as disciplinas que estudam os seres vivos, por instaurar uma ordem na biodiversidade de organismos e de oferecer uma explicação causal do mundo vivo e de suas mudanças. Portanto, “seja qual for sua especialidade, trabalhe ele com organismos, células ou moléculas, não existe hoje um biólogo que não tenha, cedo ou tarde, que se referir à evolução para interpretar os resultados de sua análise” (p. 21).

Todavia, para além da necessidade de compreensão da evolução pelo público em geral, nos deparamos com uma grande parcela dessa população, que não aceita a evolução como a explicação racional e lógica da diversidade das espécies no planeta. Dentre os motivos para essa não-aceitação da evolução biológica, temos fatores intrínsecos e extrínsecos aos indivíduos, a saber, psicológicos, sociais, políticos ou, ainda, pessoais.

Allmon (2011) identificou e agrupou, em sua pesquisa, as causas para a não-aceitação por parte da população em geral do pensamento evolutivo, em cinco categorias: (I) a compreensão inadequada das evidências empíricas e o conteúdo das teorias modernas da evolução; (II) a compreensão inadequada da natureza da ciência; (III) a religião; (IV) fatores psicológicos; e (V) fatores políticos e sociais.

Com relação à categoria I – “a compreensão inadequada das evidências empíricas e o conteúdo das teorias modernas da evolução”, Allmon (2011) aponta que é devido ao conhecimento factual insuficiente e/ou incorreto da maioria das pessoas acerca das explicações, teorias e ideias evolucionistas. Essa não-aceitação das ideias evolucionistas, por grande parte da população, acontece devido ao baixo nível de Alfabetização Científica dos indivíduos, bem como da grande quantidade de conceitos errôneos que os estudantes têm acerca das evidências e das teorias evolucionistas.

Sobre a segunda categoria II – “a compreensão inadequada da natureza da ciência”, aponta que esse problema tem relação com a falta de entendimento, por parte do público em geral, da natureza da ciência, entendida como a compreensão do funcionamento da ciência, como ela é produzida, construída, ao longo da história. Um exemplo disso é o entendimento do

que é Teoria para a ciência, pois um dos argumentos da não aceitação é que a evolução é apenas uma “teoria”, estando esse obstáculo relacionado à falta de compreensão da natureza da ciência (ALLMON, 2011).

Tradicionalmente, o método científico, principalmente aquele apresentado nas aulas de ciências, funciona como uma sequência rígida de etapas, que, se seguidas como uma receita de bolo, nos levam aos resultados esperados. A imagem mais comum do cientista é aquela combatida por Gil-Pérez e colaboradores (2001, p. 133): “uma imagem deformada dos cientistas como seres ‘acima do bem e do mal’, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções”. Assim, a ciência é encarada como um produto de gênios, pessoas excepcionais, que, de um ponto de vista neutro e objetivo, elabora a verdade sobre o mundo e a vida, a verdade científica. Desse modo, ressalta-se a importância da construção coletiva de uma perspectiva adequada da ciência, do cientista e do método científico, ou seja, da natureza da ciência.

A categoria III se refere à “religião” como uma das causas da não-aceitação da ciência. Para o autor, historicamente, as objeções religiosas foram, talvez, as mais fortes entre as reações negativas às teorias científicas sobre evolução. Isso implica que, para essas pessoas, aceitar a evolução desencadearia uma série de ideias consideradas por eles incompatíveis com o dogma religioso, como:

[...] que a vida não tem propósito ou significado; que [...] grupos étnicos são inerentemente diferentes; que não pode haver ser supremo, vida após a morte, ou recompensas espirituais; que evolução significa que as pessoas são ‘nada mais que animais’ e, portanto, conectadas por egoísmo e comportamento cruel; e que pode haver efetivamente o livre-arbítrio ou autodeterminação (ALLMON, 2011, p. 655).

No entanto, podemos compreender algo mesmo quando não o aceitamos como crença pessoal. Essa deveria ser a forma de condução de nossas aulas, respeitando a crença dos alunos. Deveríamos incentivá-los a compreender o olhar da ciência para o mundo e para a vida, mesmo que eles não a assumissem como crença própria, afinal, a ciência não busca ser dogmática, mas racional.

Sobre a IV categoria – “vários obstáculos psicológicos”, Allmon (2011) referiu-se ao fato de que a criança, no início da vida, busca explicar os fatos, fenômenos e acontecimentos ao seu redor, com base na sua experiência empírica com o ambiente, por meio de seus sentidos e, também, da sua vivência social e cultural com outros seres humanos, formando, assim, um conhecimento *a priori*. Já nos referimos a essa forma de conhecimento, anteriormente, como concepções alternativas dos estudantes. Esse raciocínio humano está impregnado de influências

afetivas, como emoções, desejos, esperanças, crenças, fé, ilusões, que fogem dos fatos e colaboram para que uma série de comportamentos humanos sejam contrários a uma avaliação puramente racional ou lógica da realidade.

Assim, esse raciocínio cotidiano, frequentemente, cria melhores vínculos com as visões criacionistas do mundo; desse modo, a não-crença em evolução pode começar muito cedo com as crianças, decorrentes do desenvolvimento natural e intuitivo das ideias criacionistas (ALLMON, 2011).

A última categoria, V – “fatores políticos e sociais”, indica que a rejeição ou aceitação de uma ideia, nesse caso, a evolução, pode não depender apenas de suas características empíricas, filosóficas ou psicológicas, mas também sobre quem as sugere, suporta ou ataca. Muitos pontos de vista sociais e políticos acerca da moralidade e da ordem social podem ecoar em certos grupos de indivíduos, o que leva algumas pessoas a não aceitarem a evolução, porque, em suas mentes, está associada a um grupo ou agenda sociopolítica, que eles abominam.

O autor apresenta o caso dos EUA, que, atualmente, pode ser extrapolado aos demais países, em que a evolução é altamente politizada e onde uma orientação política é quase tão poderosa quanto a educação dos indivíduos. Desse modo, nos EUA, os políticos liberais e progressistas são mais suscetíveis a adotarem a explicação científica acerca da evolução das espécies do que os políticos conservadores e isso ressoa nas crenças individuais dos grupos que os seguem (ALLMON, 2011).

Assim, a não-compreensão e/ou a dificuldade na compreensão da evolução, como processo biológico primordial a todos os seres vivos, perfaz o rol de empecilhos ao ensino de evolução biológica na Educação Básica, tanto de escolas públicas ou privadas brasileiras como as de outros países.

Tidon e Lewontin (2004) encontraram em suas pesquisas dados que reforçam essa dificuldade de compreensão das teorias evolucionistas, identificando que 60% dos professores do Ensino Médio, por eles entrevistados, admitem algum tipo de dificuldade em ensinar evolução. Dentre as dificuldades mais relatadas, estão a falta de preparo dos professores, de material didático e de tempo. Ainda, na mesma pesquisa, detectaram que 62% dos professores consideraram que os alunos do Ensino Médio são imaturos e não têm base teórica suficiente para entenderem a biologia evolutiva satisfatoriamente. 65% desses professores apontaram que disponibilizam aproximadamente 10 horas-aula para trabalhar esse assunto, num universo de 200 horas-aula em média de biologia, em todo o Ensino Médio, ou seja, a parcela de tempo

destinada ao ensino da biologia evolutiva pode ser considerada muito pequena, o que, certamente, acarretará uma aprendizagem pouco significativa.

Muitos fatores contribuem para a aprendizagem da Teoria Evolutiva, incluindo os conceitos sobre o assunto trazidos pelos estudantes, sua visão de mundo biológico e suas crenças religiosas. A maior parte dessas informações é obtida fora do espaço escolar, o que se traduz em interpretações amplificadas pela falta de conhecimento elementar sobre evolução por parte do público não-especializado e da mídia de massa, as quais refletem a defasagem generalizada de formação científica, em qualquer área, da maioria da população. A disseminação de interpretações incorretas ou superficiais pela publicidade, televisão, cinema, histórias em quadrinhos, revistas, jornais e internet acaba por afetar diretamente a forma como os conceitos sobre as ciências serão compreendidos na sala de aula, o que fica patente nas aulas de evolução (SANTOS; CALOR, 2007, p. 2).

Para Anderson (2007), ensinar adequadamente a evolução biológica requer um ensino compreendido entre o contexto intelectual e o pedagógico, um contexto multifacetado, complexo e influente. Fatores como as epistemologias pessoais variadas dos alunos e sua compreensão da realidade, ou seja, suas variadas visões de mundo, criam um contexto educacional desafiador para professores e alunos.

Desse modo, o ponto de partida para o professor deve ser o reconhecimento dos valores e crenças pessoais de seus alunos acerca desse conhecimento, para o estabelecimento de um contexto, que objetive uma aprendizagem mais efetiva. Deve lembrar que essas crenças e valores são altamente arbitrários, o que torna o trabalho do professor ainda mais desafiador (ANDERSON, 2007).

Tidon e Lewontin (2004) também detectaram que as concepções alternativas dos estudantes estão entre as principais dificuldades no ensino e aprendizagem de evolução biológica. Demastes e colaboradores (1995, *apud* TIDON; LEWONTIN, 2004) apontam que as investigações acerca dos quadros conceituais de evolução dos estudantes norte-americanos incluem o uso da adaptação no sentido de mudança individual imediata (progresso) e explicações teleológicas para descrever a mudança evolutiva.

Eles explicam que a compreensão da evolução, como um processo no qual as espécies respondem às condições ambientais, mudando gradualmente ao longo do tempo, evidencia uma ideia de transmissão de características herdadas. Geralmente, esse tipo de ideia está relacionado à noção de necessidade, ou seja, os organismos desenvolvem novas características porque precisam sobreviver, sendo a palavra adaptação usada para se referir aos indivíduos que mudam em resposta ao meio ambiente – ideia ligada à noção de progresso (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Outra dificuldade, ao ensinar evolução no Ensino Médio, seriam os obstáculos que os estudantes criam ao compreender o conceito de seleção natural, sendo comum o aparecimento de concepções alternativas. Para essa dificuldade, culpa-se o fato de, ao se ensinar evolução no nível médio, professores e materiais didáticos estabelecerem uma comparação anacrônica e superficial entre as teorias de Lamarck e Darwin, sem que se discutam as diferenças entre o pensamento populacional e variacional do darwinismo com o pensamento tipológico, transformacional e essencialista, anteriores a Darwin (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011).

Haydock e Arunan (2013), em pesquisa realizada na Índia sobre o ensino e aprendizagem de evolução biológica, em todos os níveis escolares, identificaram que, mesmo em instituições de elite, alunos e professores comumente apresentam grandes dificuldades em entender a evolução e a seleção natural, além de dificuldades para usar e integrar sua compreensão de evolução, a fim de analisar e avaliar problemas em biologia. Isso levou os autores a relacionarem essas dificuldades à falta de compreensão da Natureza da Ciência. Tal realidade já é evidenciada por Richards (2008), Matthews (2009) e Allmon (2011), que apontam que as principais causas, para que as pessoas acreditem que a evolução não ocorra, são: a falta de compreensão da evolução, da seleção natural e das evidências da evolução; a falta de compreensão da Natureza da Ciência; e as razões políticas, sociais e religiosas (HAYDOCK; ARUNAN, 2013).

Alguns dos problemas dos alunos em compreenderem a evolução derivam da maneira como eles são ensinados, o que é quase exclusivamente ouvindo o professor, lendo livros e memorizando conceitos. Esses métodos não tendem a motivar o envolvimento ativo na aprendizagem. Outro problema é devido ao conteúdo a que os alunos são expostos através de professores e livros didáticos. Isso muitas vezes leva os alunos a assumir que a evolução é teleológica – isto é, ocorre intencionalmente, para um propósito (HAYDOCK; ARUNAN, 2013, p. 2).

Ao aplicar testes aos alunos, Haydock e Arunan (2013) perceberam que os estudantes de biologia, bem como os professores, frequentemente, pensam que a evolução depende da herança de caracteres adquiridos; que não é possível observar a evolução acontecendo, devido ao fato de ser um processo muito lento; que os organismos evoluem com um propósito de se adaptarem ao ambiente; e que a evolução é a sobrevivência do mais apto, o que significa que animais maiores e mais musculosos sobrevivem e os mais fracos e franzinos não sobrevivem.

Mesmo depois de aplicarem sequências didáticas com esses alunos e professores, sobre evolução e, principalmente, seleção natural, Haydock e Arunan (2013) evidenciaram que os participantes não tiveram muitas dificuldades em compreensão e foram capazes de lembrar e

discutir as evidências da evolução. Porém, ao final de todas as aulas, muitos participantes ainda apresentavam um número alto de equívocos e não eram capazes de verbalizar uma boa compreensão dos mecanismos de evolução, em particular, a seleção natural.

Quando os pesquisadores solicitaram que os alunos planejassem um experimento, não necessariamente relacionado à evolução, verificaram que a maioria dos alunos não têm o hábito de planejar e fazer experimentos em sala de aula e que, muitas vezes, eles não têm uma boa compreensão do método científico. Isso acarreta que os alunos também não têm o hábito de questionar e analisar criticamente o que leem e o que lhes é dito, resultando em problemas para a compreensão da evolução e seus mecanismos (HAYDOCK; ARUNAN, 2013).

Desse modo, como afirmam Bizzo e El-Hani (2009), o conhecimento que os estudantes têm de evolução é bastante restrito; além disso, pesquisas citadas por esses autores encontraram concepções equivocadas de evolução nos estudantes, o que reforçaria a importância e necessidade de um repensar pedagógico e epistemológico sobre o ensino da evolução biológica no Ensino Médio.

O ensino de evolução biológica, como apontam Oleques et al. (2011), é um tema polêmico e os professores apresentam dificuldades em trabalhá-lo. Ademais, além da falta de tempo, apontam, como outros empecilhos, as formações iniciais e continuada, ineficazes ou inexistentes; a falta de domínio conceitual; o fato do tema ser conflitante com suas crenças pessoais; entre outros.

Na pesquisa de Tidon e Lewontin (2004), quando os professores do Ensino Médio foram questionados sobre os temas de evolução em relação aos quais mais apresentavam dificuldade, listaram os cálculos das frequências gênicas e do Equilíbrio de Hardy-Weinberg. Os autores afirmam que dificuldades desse tipo são frequentemente encontradas em cursos de formação continuada ou aperfeiçoamento dos professores. Já os conteúdos que os professores elegeram como os mais fáceis, foram as teorias de Lamarck e Darwin, indicando aos autores uma contradição interessante, uma vez que, em comparação com outras respostas, os mesmos professores tinham concepções equivocadas de evolução.

Diante disso, encontramos resistência para a implementação da evolução biológica como eixo articulador do ensino de biologia e, nesse contexto, pouco é trabalhado; quando isso acontece, faz-se de maneira equivocada, isolada, descontextualizada e se torna carregado de outros sentidos, com muito senso comum, filosofia e religião interferindo no conhecimento científico. Assim, o cidadão que se almeja formar ao final do Ensino Médio não compreende a

evolução biológica, do ponto de vista científico, como um conceito importante e necessário para o entendimento de como a vida se organiza e evolui no planeta.

É muito importante que as relações entre organismos e meio ambiente sejam abordados desde os primeiros anos de estudos científicos, uma vez que sua complexidade requer tempo para que o aluno possa compreendê-la adequadamente. A compreensão dessas relações, além de ser um pré-requisito para a compreensão da evolução biológica, é fundamental para a formação da responsabilidade dos cidadãos pelo ambiente, para que eles se sintam parte integrante e não apenas um objeto passivo e alienado (TIDON; LEWONTIN, 2004, p. 127).

Algumas propostas, indicadas por Tidon e Lewontin (2004), são: a formação continuada de professores da Educação Básica, apoiando cursos e oficinas de aprofundamento ou atualização; a revisão e reforço dos currículos da Educação Básica em ciências e biologia, para que destinem um olhar mais apurado sobre o enfoque evolucionista; uma revisão das avaliações dos livros didáticos, visando superar os problemas apontados pelas pesquisas e pelos professores de biologia.

Segundo esses mesmos autores, o ensino de biologia é essencial para o desenvolvimento de atitudes e valores que são importantes para os relacionamentos dos seres humanos, com o meio ambiente e com a vida, contribuindo para uma educação que forme indivíduos mais sensíveis e solidários, bem como cidadãos conscientes dos processos e regularidades do mundo e da vida, capazes de carregar ações práticas, de formar juízos e tomar decisões. Nisso, certamente, o ensino de biologia Evolutiva contribuiria muito (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Isto tudo se faz com uma compreensão mínima necessária para o entendimento dos mecanismos de hereditariedade ou mesmo da biotecnologia contemporânea, sem os quais não é possível entender e fazer julgamentos sobre os testes de paternidade pela análise do DNA, a clonagem de animais e seres humanos, ou a maneira como certos vírus produzem as imunodeficiências (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Apesar dos avanços que novas metodologias possam proporcionar, a solução definitiva das interpretações errôneas sobre evolução na escola é uma tarefa árdua e de longo prazo. Grande parte dessas incorreções, derivadas não de conceitos científicos mas de perspectivas do senso comum, aparecem com tal frequência e são tão difundidas na cultura popular que acabam por ser tomadas como verdadeiras durante as aulas – para o rompimento dessa visão deturpada da evolução orgânica o papel do professor é indispensável, especialmente para desestabilizar as “verdades” trazidas pelos alunos, levando-os a raciocinar cientificamente, via contraposição de hipóteses e levantamento de evidências (SANTOS; CALOR, 2007, p. 6, grifo do autor).

Assim, buscamos, com este trabalho, a proposição de algumas ideias sobre como ensinar biologia, tendo como eixo articulador dos conteúdos o conceito de evolução, cujo objetivo é a

superação das lacunas e dificuldades apresentadas. Desse modo, coube-nos refletir sobre a formação inicial dos professores de biologia e como esses professores em formação poderiam implementar medidas, mesmo que pontuais, a princípio, as quais propiciem uma mudança a esse cenário do ensino de evolução biológica. Na tentativa de superar as dificuldades apresentadas nesta seção, iniciamos a próxima apresentando um breve histórico do curso de Ciências Biológicas no Brasil e, posteriormente, analisamos a formação de professores de biologia.

2.3. A formação inicial de professores de biologia no curso de Ciências Biológicas: breve histórico e caracterização

A formação inicial de professores de biologia efetiva-se nos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas; dessa forma, cabe-nos contextualizar historicamente esse curso juntamente com as discussões acerca da formação de professores, a profissionalização docente e a prática de ensino sob o formato de estágio.

O curso de Ciências Biológicas tem origem nas reformas educacionais editadas durante a Ditadura Militar no Brasil, mais especificamente as reformas universitárias de 1960, que incluíram novos cursos superiores ao rol já existente, que era bem limitado. Dentre outros, criaram-se os cursos de Licenciatura em Ciências, de História Natural e de Ciências Biológicas. Mais especificamente, o curso superior em Ciências Biológicas substituiu o curso de História Natural no auge da reforma universitária (POLINARSKI, 2013).

O curso de História Natural foi criado em 1934, juntamente com a Universidade de São Paulo (USP) e sua Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Dentre os cursos criados pela Seção de Ciências dessa faculdade, além da História Natural, estavam a Matemática, Física, Química, Geografia, História e Ciências Sociais (TOMITA, 1990). O curso de História Natural tinha duração de três anos para a formação dos bacharéis, sendo que, para ser licenciado, necessitava-se cursar mais um ano de disciplinas pedagógicas, evidenciando-se o modelo de formação “3+1” (ULIANA, 2012; POLINARSKI, 2013).

Esse modelo de formação, segundo Oliveira (2013, p. 32), “[...] influenciou a configuração dos cursos de licenciatura, acarretando uma formação inicial fragmentada dos professores”. Além do mais, essa formação comprometeu a qualidade do ensino de Ciências,

incluindo as Ciências Biológicas, o que ocasionou prejuízos à identidade profissional por um longo período.

No modelo de formação 3+1, os alunos deveriam cursar, nos três anos iniciais, os conhecimentos específicos da área, nesse caso, a História Natural, e, no último ano, os conhecimentos da área pedagógica. “Dessa forma, os conteúdos culturais-cognitivos tinham uma ênfase bem maior e o aspecto didático-pedagógico foi relegado a um apêndice de menor importância, encarado como mera exigência formal para a obtenção do registro profissional de professor” (FERRAZ, 2018, p. 58).

Em 1964, o curso de História Natural foi desmembrado em dois cursos independentes, o de Ciências Biológicas e o de Geologia, que foi extinto, na sequência. Já em 1974, uma Resolução do Conselho Federal de Educação (nº 30/74) criou as chamadas licenciaturas curtas, com o objetivo de formar rapidamente uma grande quantidade de docentes para atender à demanda da educação pública. Essa resolução precarizou radicalmente a formação inicial de professores no Brasil, incluindo os professores de Biologia, que foram formados na licenciatura curta de Ciências com habilitação em Biologia (TOMITA, 1990; ULIANA, 2012).

Essa precarização aconteceu por alguns motivos, como: a concentração desses cursos, principalmente, na iniciativa privada e em grandes metrópoles; o ensino no período noturno com altos índices de evasão; e a duvidosa qualidade do corpo docente formador. Várias entidades científicas, incluindo a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), se posicionaram contrárias à Resolução do CFE nº 30/74, alegando “[...] a massificação do ensino superior brasileiro e a falta de preocupação com a qualidade do ensino ministrado” (ULIANA, 2012, p. 4).

Para Polinarski (2013, p. 27), “a criação deste curso comprova que o governo visualizava a dificuldade de preencher as vagas ociosas de professores, e, que a licenciatura curta era compreendida como a possibilidade de formar professores com redução de gastos e também recursos humanos”. Krasilchik (1987, p. 18) complementa que “[...] os precários cursos de formação de professores colocavam no mercado profissionais despreparados e incompetentes”. Logo, esses profissionais “[...] dependiam de livros-texto, em sua maioria de má qualidade, pois deviam servir para suprir a incapacidade dos docentes, assim como as suas péssimas condições de trabalho” (id.).

Outro projeto, da mesma época, buscava ampliar a formação de professores de matemática, biologia, física e química, que foi o Programa de Expansão e Melhoria do Ensino Médio (PREMEM), instituído em 1968. Utilizando-se de licenciaturas de curta duração,

geralmente, concluídas em 204 dias letivos de regime integral, os cursos visavam formar professores que, depois de diplomados, deveriam complementar sua formação com treinamentos em exercício na docência. Juntamente com a formação de professores, esse programa viabilizou a construção de salas de aula, laboratórios, oficinas e salas técnicas (POLINARSKI, 2013).

Após as críticas das instituições científicas e da recusa de algumas universidades, como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para implantar os cursos de licenciatura curta, o MEC recuou e criou uma comissão de especialistas para estudar a eficiência da implementação dos cursos de licenciatura curta. Mesmo após essas críticas e recuos do governo, alguns cursos foram ofertados até meados da década de 1990, os quais deixaram de ser oferecidos apenas com a promulgação da LDB de 1996 (ULIANA, 2012).

Com a LDB nº 9.394 de 1996, foram extintos os currículos mínimos e, com eles, as licenciaturas curtas; ademais, foram instituídas as diretrizes curriculares para os cursos de graduação, incluindo as Ciências Biológicas (licenciatura e bacharelado). Em 2001, o Conselho Nacional de Educação aprovou o Parecer CNE/CES nº 1.301, que propôs as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de graduação em Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado, que traçam o perfil do profissional, o qual deve ser formado, bem como o currículo mínimo para o curso, atendendo às regionalidades (ULIANA, 2012).

Assim, em fevereiro de 2002, o mesmo conselho aprovou as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena (CNE, 2002a), complementando a especificidade dos cursos de licenciatura, incluindo Ciências Biológicas. Esse conjunto de legislações exigiu significativas mudanças aos cursos de licenciatura em Ciências Biológicas.

Outras mudanças, que ocorreram contemporaneamente, podem ser citadas, como as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior e para a formação continuada, a Resolução CNE/CP nº 02/2015 (CNE, 2015) e, mais recentemente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica, a Resolução CNE/CP nº 02/2019 (CNE, 2019).

Sobre a DCN 02/2015, Portelina e Sbardelotto (2017) afirmam que avançou em diversos pontos com relação às diretrizes anteriores, de 2002, porém, ainda não fora superada a racionalidade prática, mesmo sendo construída com base numa concepção de educação e

formação emancipatórias, constituídas nos princípios gerais da Base Nacional Comum, a BNCC.

Esses princípios foram:

[...] sólida formação teórica e interdisciplinar em educação de crianças, adolescentes, jovens e adultos (as) e nas áreas específicas de conhecimento científico; unidade entre teoria e prática; centralidade do trabalho como princípio educativo; a pesquisa como princípio cognitivo e formativo e eixo nuclear do processo formativo; gestão democrática; compromisso social, político e ético com projeto emancipador e transformador das relações sociais e a vivência do trabalho letivo e interdisciplinar de forma problematizadora [...] (PORTELINHA; SBARDELOTTO, 2017, p. 46).

Já com relação às DCN 02/2019, identificamos alguns retrocessos em relação à caminhada que vinha sendo construída. Essa diretriz “[...] não foi discutida com as universidades, professores da Educação Básica e entidades educacionais. Tratava-se de um texto, elaborado por um grupo de consultores vinculados a empresas e assessorias educacionais privadas” (GONÇALVES; MOTA; ANADON, 2020, p. 366).

Assim:

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores rompem drasticamente com conquistas históricas para a formação e valorização profissional docente expressas na Resolução CNE/CP n. 2/2015. A Resolução CNE/CP n. 2/2019 é um documento que possui inconsistências, entra em conflito com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Pedagogia, busca uma formação pragmática e padronizada, pautada na pedagogia das competências e comprometida com os interesses mercantilistas de fundações privadas (GONÇALVES; MOTA; ANADON, 2020, p. 366-367).

Desse modo, entre avanços e retrocessos, é possível identificar que “[...] a atividade docente passa a ser considerada uma atividade complexa, que exige do professor profundo conhecimento de suas limitações e elaboração de modelos compatíveis com as propostas educativas” (OLIVEIRA, 2013, p. 40-41).

Portanto:

Observando toda a trajetória do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas no Brasil, deve-se levar em conta que esse profissional deve estar habilitado para o exercício da docência na área de Ciências Naturais e Biologia na Educação Básica. Além disso, deve ser responsável pela produção e a difusão do conhecimento de Biologia, e a realização de pesquisas, e a implementação de projetos ligados à ciência, além disso deve desenvolver ações educativas, gerenciais e de pesquisa junto aos indivíduos, mas também nas comunidades em torno da escola. Ademais, o licenciado em Ciências Biológicas deve estar em condições de suprir demandas sociais específicas relativas ao seu campo

de conhecimento, especialmente no que diz respeito ao ensino de Ciências e de Biologia na Educação Básica (CARVALHO; GUSMÃO, 2017, p. 8).

Diante dessas considerações, destacamos que a formação inicial de professores tem apresentado, nas últimas décadas, um esforço na construção de novas estratégias, visando à formação desses indivíduos para que assimilem as mudanças do sistema econômico-social do século XXI, exigindo, então, “[...] um novo perfil profissional capaz de localizar os desafios mais urgentes de uma sociedade ‘multimídia e globalizada’” (FREITAS; VILLANI, 2002, p. 215, grifo dos autores).

2.3.1. A formação inicial de professores crítico-reflexivos e os estágios curriculares

Segundo Ferraz (2018), existe uma convergência na literatura e nos diferentes referenciais, que acabam se articulando e contribuindo para uma ideia mais abrangente da atividade profissional docente. Isso porque, segundo Carvalho e Gil-Pérez (2000, p. 66), conceber uma “formação de professores como uma profunda ‘*mudança didática*’ que deve questionar as concepções docentes de senso comum” é o ponto de partida para uma reorientação teórico-metodológica e epistemológica dos cursos de formação inicial de professores.

A reorientação epistemológica deve-se ao fato de que muitos professores em formação ainda apresentam concepções como a de que “ensinar é fácil”, “basta saber o que vai ensinar” para ser um bom professor. Bastos (2009) apresenta algumas crenças ingênuas, reunidas pela literatura acadêmica, sobre ensino de ciências, que considera importantes para serem refletidas: (i) *Crenças ingênuas sobre o processo de ensino e aprendizagem*: a linguagem utilizada nas aulas é facilmente inteligível; o livro didático pode ser o centro do processo de ensino; os exercícios de repetição são um método adequado; a capacidade de repetição indica aprendizagem; e (ii) *Crenças ingênuas sobre formação de professores*: a profissionalização pode ser baseada somente na experiência; a teoria não tem aplicabilidade; a teoria tem papel de fornecer prescrições para a prática; o curso de licenciatura deve entregar um professor pronto e acabado.

A partir da análise dessas concepções ingênuas, o autor propõe algumas mudanças necessárias ao ensino e aprendizagem de ciências:

[...] inserção nos currículos de: (a) a *História e Filosofia da Ciência*, (b) o fundamento lógico e a aplicabilidade dos conhecimentos científicos veiculados pela escola e (c) *as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente* (relações CTSA); pretende-se, com isso, promover um ensino que

contribua para a construção de *noções epistemológicas*, e subsidie a *formação para a cidadania*; estruturar o processo de ensino levando em conta determinados *princípios de ação Didática* que podem ser formulados a partir das contribuições da pesquisa acadêmica, tais como (a) incentivar os questionamentos e a participação intelectual dos alunos, (b) estar atento ao tipo de ‘bagagem’ que o aluno traz, (c) relacionar o conteúdo de ensino a situações e exemplos com os quais os alunos já estejam familiarizados, etc.; estruturar o processo de ensino levando em conta as *concepções alternativas* dos alunos, que são ideias (dos alunos) que não coincidem com o conhecimento científico atual, e que podem interferir na aprendizagem escolar; examinar e considerar as contribuições dos *modelos de ensino* que a literatura vem propondo, tais como o ensino por mudança conceitual, o ensino por pesquisa, o ensino por investigação-estruturação, o ensino baseado na noção de perfil conceitual, etc.; cuidar para que os “textos do saber” – veiculados através dos materiais didáticos adotados e das falas do professor, e resultantes de processos de *transposição Didática* – estejam adequados no nível de desenvolvimento afetivo e intelectual dos alunos; desenvolver um ensino que possibilite a aquisição e o uso de recursos de representação e *linguagem* característicos das Ciências naturais (termos técnicos, formas de estruturação da linguagem verbal, símbolos, gráficos, tabelas, equações, esquemas, modelos, entre outros); criar condições para que os alunos se tornem capazes de empregar, nos contextos adequados, *atitudes e procedimentos* – de questionamento e busca de respostas [...] (BASTOS, 2009, p. 61-62).

Desse modo, a partir desses preceitos, seria possível que, ao longo do processo de ensino, os alunos: (a) sejam confrontados com situações genuinamente problemáticas; (b) construam, com o auxílio do professor, atitudes, procedimentos e técnicas que permitam a busca de respostas para os desafios; (c) desenvolvam a capacidade de resolução de problemas (BASTOS, 2009).

Diante dessas exigências, o autor apresenta uma sequência muito importante de recomendações para a formação de professores de ciências, que está baseada nas pesquisas em ensino de ciências e biologia. Dessa forma, compõem um rol de atividades inerentes ao trabalho do professor de ciências, que está realmente preocupado com a formação de alunos autônomos, críticos e capazes de enxergar, na ciência, uma aliada para resolver os problemas cotidianos e melhorar o mundo em que vive.

Evidentemente que, para se alcançar esses propósitos, se faz necessária uma apropriação de concepções mais adequadas de ensino e aprendizagem das ciências. Uma construção de conhecimentos requer uma orientação teoricamente fundamentada e uma vivência reiterada de novas propostas teóricas, assim, sendo necessário que a preparação docente esteja associada permanentemente a tarefas de pesquisa e inovação (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2000).

Desse modo, Ferraz (2018) apresenta – e corroboramos essa ideia – que tal necessidade de reorientação da atividade docente deve estar alicerçada em três condições básicas, esperadas desse profissional: *a reflexão, a pesquisa e a crítica*.

Com relação à *reflexão*, a autora, amparada nos estudos de Schön (2000), afirma que o ensino passa a ser considerado uma atividade reflexiva, uma vez que os problemas cotidianos do professor devem estar articulados às teorias durante a sua formação (FERRAZ, 2018). Também, Oliveira (2013), corroborando Schön (2000), aponta que a reflexão deve ser compreendida como um processo consciente e intencional do sujeito na sua prática, ou seja, o pensamento intencional do sujeito é o elemento que validará sua reflexão sobre a realidade, visando à interpretação e reorganização dos sentidos.

A proposição curricular de Schön se configura como uma crítica veemente ao paradigma de formação profissional pautado na lógica da racionalidade técnica, concepção epistemológica decorrente do positivismo lógico que dissocia a teoria e a prática e supervaloriza a área de conhecimento específico (OLIVEIRA, 2013, p. 56).

Assim, “[...] a reflexão sobre as situações práticas vivenciadas é o componente necessário para o futuro profissional construir novos conhecimentos e desenvolver autonomia para tomar decisões e enfrentar situações inesperadas no contexto da profissão” (OLIVEIRA, 2013, p. 57). Nesse sentido, a reflexão no processo de formação inicial de professores propiciou uma nova concepção de formação inicial, superando o modelo de racionalidade técnica, que passa a considerar a importância da reflexão na prática pedagógica, como forma de valorização do professor, dos seus conhecimentos, do trabalho coletivo e da escola como espaço formativo (FERRAZ, 2018).

Em apoio à reflexão, a *pesquisa*, na formação inicial dos professores, pode servir como uma ferramenta eficaz para a construção de novos conhecimentos. Assim, a ideia do professor, como investigador ou pesquisador de sua própria prática, proposta por Stenhouse (1991), conforme Ferraz (2018, p. 71), “pauta-se na atitude do professor tomar sua prática como objeto de estudo, para assim, aperfeiçoá-la e desenvolvê-la constantemente”.

Para Pesce, André e Hobold (2013, p. 10245), habilidades como “saber diagnosticar, levantar hipóteses, buscar fundamentação teórica e analisar dados são algumas das atividades que podem ajudar o trabalho do professor [...]”. Essas habilidades são construídas na formação de professores que consideram a pesquisa de sua prática como alicerce. Desse modo, a habilidade do professor-pesquisador alia-se à reflexão e favorece a dimensão crítica de sua formação.

Assim, a preparação dos docentes deverá estar associada à pesquisa e inovação permanentes, a fim de constituir-se como um trabalho coletivo de pesquisa dirigida, levando-o a uma (re)construção de seus conhecimentos. Uma vez que a atividade do professor se caracteriza como uma tarefa muito complexa, é necessário associar-se de forma indissolúvel à docência e à pesquisa, inclusive, durante sua formação inicial (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2000).

Concordamos com Ferraz (2018) quando considera a tríade reflexão-pesquisa-crítica um importante aporte teórico-metodológico, que busca uma formação inicial de professores sob nova perspectiva, superando a visão tradicional e a racionalidade técnica. Ela pode favorecer também uma compreensão mais adequada da relação entre teoria e prática, apresentando uma “[...] alternativa emancipatória que pode favorecer uma melhor interação entre esses elementos no desenvolvimento profissional do professor” (p. 73).

Considerando-se a dimensão *crítica*, o professor em formação poderá mudar sua realidade educacional por meio da prática reflexiva e da pesquisa na prática pedagógica. Isso possibilitará uma postura crítico-reflexiva à sua formação, desencadeando a construção de diferentes saberes pedagógicos, o que reflete em uma nova forma de articulação das dimensões teórica e prática (FERRAZ, 2018).

Desse modo, a formação de professores crítico-reflexivos está voltada para mudanças no contexto escolar e social, visando à melhoria do seu trabalho e da realidade dos seus alunos. Ao considerar o professor como corresponsável pela elaboração dos currículos e reformas educacionais, essa perspectiva coloca em evidência a importância de formarmos docentes reflexivos para a construção ou resgate da própria identidade profissional (OLIVEIRA, 2013).

Baseados nessa perspectiva crítico-reflexiva, consideramos que a formação inicial dos professores de biologia poderá capacitar um profissional para trabalhar, em um enfoque evolutivo, grande parte ou a totalidade dos conhecimentos biológicos. Esse profissional, que é formado no curso de licenciatura em Ciências Biológicas, entretanto, precisa desenvolver, ao longo de sua formação e, especialmente, durante a prática de ensino, as habilidades requeridas, conforme apontamos anteriormente.

A prática de ensino pode se caracterizar, conforme o currículo do curso, no primeiro momento em que o professor de biologia em formação terá o contato direto com seu futuro campo de trabalho. Portanto, cabe-nos discutir, também, de maneira resumida, o que é a prática de ensino num curso de formação de professores e qual sua importância para a formação desses profissionais.

Nosso foco, na prática de ensino, caracterizada no estágio curricular, efetivou-se, uma vez que os sujeitos da pesquisa se encontravam nessa etapa de sua formação, durante a investigação. Logo, entendemos por estágio curricular “[...] as atividades que os alunos deverão realizar durante o seu curso de formação, junto ao campo futuro de trabalho [...]” (PIMENTA, 2012, p. 27); por isso, em alguns momentos, costuma-se denominá-lo como “a parte prática do curso”.

Segundo Pimenta e Lima (2012), os currículos de formação de professores têm se constituído em aglomerados de disciplinas isoladas entre si, sem qualquer relação com a realidade que lhes deu origem ou com o campo de atuação dos futuros professores. Ao se considerar a necessidade de uma emergência na formação inicial de professores de biologia, numa abordagem crítico-reflexiva, devemos partir para a consideração de que a atividade docente é práxis.

A práxis, na formação inicial de professores, permite uma indissociabilidade entre teoria e prática, que são os propósitos que buscamos suprir. A partir do conceito de práxis, o estágio poderá ser desenvolvido numa atitude investigativa, envolvendo a reflexão e a intervenção na vida de todos os espaços e atores escolares (escola, professores, alunos e sociedade) (PIMENTA; LIMA, 2012).

Partiremos da premissa que:

A essência da atividade (prática) do professor é o ensino-aprendizagem. Ou seja, é o conhecimento técnico prático de como garantir que a aprendizagem se realize como consequência da atividade de ensinar. Envolve, portanto, o conhecimento do objeto, o estabelecimento de finalidades e a intervenção no objeto para que a realidade (não aprendizagem) seja transformada, enquanto realidade social. Ou seja, a aprendizagem (ou não aprendizagem) precisa ser compreendida enquanto determinada em uma realidade histórico-social (PIMENTA, 2012, p. 95).

Nesse contexto, na prática de ensino, busca-se a integração entre a prática e a teoria por meio de sua aplicação, reflexão, debate e reelaboração, pois, muitas vezes, é na prática de ensino que o professor em formação inicial terá o seu primeiro contato real com a escola sob o novo olhar (MENDES; MUNFORD, 2005). Assim, encara-se o trabalho do professor formador como uma contribuição ao processo de humanização dos estagiários, situando-os historicamente e desenvolvendo-se conhecimentos, habilidades, atitudes e valores que permitam que construam e reconstruam permanentemente seus saberes-fazer docentes (PIMENTA, 2005).

A prática de ensino contribui significativamente como espaço para construção da identidade profissional dos futuros docentes, a partir da significação e ressignificação social da profissão e da revisão das tradições formativas. Para isso, é necessária a mobilização dos saberes na mediação do processo de construção de identidade dos futuros professores, que Pimenta (2005) afirma serem: *a experiência, o conhecimento e os saberes pedagógicos*.

Sobre a *experiência*, Pimenta (2005) aponta que são os conhecimentos que os professores em formação inicial trazem de sua vivência anterior, sob a perspectiva de aluno. Essa experiência, segundo a autora, lhe possibilitou uma análise sobre quem foram os seus bons e maus professores, sobre as mazelas da profissão, os estereótipos de professor etc. Cabe, então, a formação que esse futuro professor receberá como uma transição desse olhar de aluno para a realidade educacional, para um olhar de professor, ou seja, enxergar-se como professor.

Sobre o *conhecimento*, a autora destaca que a maioria dos licenciandos já apresentam uma ideia de que os conhecimentos específicos da sua área de formação, como aqui, neste trabalho, a biologia, têm suma importância no processo de constituição do profissional professor. No entanto, ainda não conseguem perceber as relações desse conhecimento com sua vida, com a sociedade, com a história, com a cultura etc. Assim, cabe ao futuro professor construir as inter-relações dos saberes entre si, com a sociedade e a cultura, uma vez que sua formação se completa na práxis (PIMENTA, 2005).

Por fim, os *saberes pedagógicos* são aqueles inerentes à ação pedagógica, ou seja, a “didática” do professor do ponto de vista do leigo. Os conhecimentos sobre psicologia, pedagogia, didática, metodologias, entre outros, são conhecimentos necessários ao futuro professor, uma vez que estão relacionados diretamente à forma com que vão desempenhar suas funções na sala de aula. Há de se considerar a prática social dos futuros professores, se quisermos ressignificar os saberes que constroem e superar a tradicional fragmentação dos saberes da docência (PIMENTA, 2005).

Desse modo, consideramos que a finalidade do estágio é a de proporcionar ao professor em formação uma aproximação com a realidade na qual atuará. Entretanto, essa aproximação somente terá sentido quando houver envolvimento e intencionalidade, o contrário de muitos estágios burocratizados e engessados que temos atualmente. Assim, concordamos com Pimenta e Lima (2012, p. 45) que “[...] o estágio, ao contrário do que se propugnava, não é atividade prática, mas teórica, instrumentalizadora da práxis docente, entendida esta como atividade de transformação da realidade [...]”; nesse sentido, “[...] o estágio curricular é atividade teórica de

conhecimento, fundamentação, diálogo e intervenção na realidade, esta, sim, objeto da práxis. Ou seja, é no contexto da sala de aula, da escola [...] que a práxis se dá” (id.).

O estágio é um componente do currículo que não se configura como uma disciplina, mas como uma atividade. [...] o estágio pode servir às demais disciplinas e, nesse sentido, ser uma atividade articuladora do curso. E, como todas as disciplinas, é uma atividade teórica (de conhecimento e estabelecimento de finalidades) na formação do professor. Instrumentalizadora da práxis (atividade teórica e prática) educacional. De transformação da realidade existente (PIMENTA, 2012, p. 137-138).

Diante disso, o estágio deixa de ser apenas uma disciplina ou parte do currículo que precisa ser cumprido para integrar um corpo de saberes necessários à formação de professores. Ao estagiário, cabe desenvolver atividades que possibilitem a construção de um corpo de conhecimentos, de análise, de reflexão e de ação docente, a fim de compreender-se como sujeitos históricos, identificando seus resultados, suas limitações e suas possibilidades. O estágio, então, envolve o estudo, a análise, a problematização, a reflexão e a proposição de soluções para as situações de ensino e de aprendizagem (PIMENTA; LIMA, 2012).

Assim, o estágio prepara para um trabalho docente coletivo, uma vez que o ensino não é um assunto individual do professor, pois a tarefa escolar é resultado das ações coletivas dos professores e das práticas institucionais, situadas em contextos sociais, históricos e culturais (PIMENTA; LIMA, 2012, p. 56).

Mendes e Munford (2005) elaboraram uma proposta de prática de ensino em Ciências Biológicas, na qual estabelecem nove atividades que podem ser realizadas no estágio curricular, as quais promoverão uma formação inicial sólida, em respeito aos preceitos até aqui apresentados. São as atividades:

1. o conhecimento sobre a literatura em educação em ciências; 2. contato com as pesquisas em ensino de ciências; 3. conhecimento *in situ* do espaço escolar e do trabalho docente; 4. envolvimento com as atividades de sala de aula; 5. reflexão sobre o ensino de ciências; 6. reflexão sobre a atividade docente; 7. contato com a linguagem e os saberes dos professores; 8. reflexão coletiva e debates sobre os dilemas e dificuldades da prática docente; 9. proposição e/ou investigação de temas de pesquisa sobre educação em ciências (MENDES; MUNFORD, 2005, p. 210).

Diante dessas atividades, as quais identificamos serem semelhantes às desenvolvidas pelos sujeitos desta pesquisa, durante o período em que foram investigados, cabe-nos caracterizar o curso em que os professores em formação inicial estavam se formando e como desenvolveram as atividades do estágio.

O curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) já foi alvo de diversas investigações, mas queremos destacar a de Polinarski (2013), que nos aponta os dados que precisamos para essa caracterização, assim como os fornecidos na página da *web*³³ da própria instituição.

O curso de Ciências Biológicas da Unioeste foi implantado no ano de 1995 por uma necessidade de formação de professores de ciências e biologia para a região oeste do estado do Paraná; era inicialmente uma formação comum com o bacharelado, tendo duração de quatro anos. Desde então, o curso passou por cinco reformulações, sendo a primeira em 1999, apenas adequando o currículo à LDB 9394/96 e à DCN de formação de professores. A segunda reformulação ocorreu em 2003, a qual separou as habilitações em bacharelado, num curso integral com 4 anos de duração, e a licenciatura, no período noturno com 5 anos de duração (POLINARSKI, 2013).

As reformulações seguintes, de 2006 e 2008, reduziram drasticamente a carga horária de algumas disciplinas e extinguiram outras; depois, novamente, a carga horária de outras disciplinas foi aumentada, ocasionando um inchaço do currículo, como aponta Polinarski (2013). A última reformulação do currículo do curso, ocorrida após a coleta de dados desta pesquisa, foi em 2019, a qual se concentrou em diminuir o tempo de formação de 5 para 4 anos letivos.

No currículo em que os professores em formação inicial, sujeitos desta pesquisa, foram formados, o estágio curricular supervisionado era subdividido em duas disciplinas de 204 horas cada, sendo o primeiro em Ciências no Ensino Fundamental, que deveria ser desenvolvido no 4º ano de curso, e o segundo em Biologia no Ensino Médio, que deveria ser desenvolvido no 5º ano do curso. Este último foi o alvo desta investigação, de onde escolhemos os sujeitos da pesquisa (será detalhado na próxima seção). Essa carga horária respeitava as normas vigentes de prática de ensino, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica Resolução CNE/CP nº 2/2002, que estabelece: no seu Art. 1º inciso “II. 400 (quatrocentas) horas de estágio curricular supervisionado a partir do início da segunda metade do curso” (CNE, 2002b, s/p.).

Já a Resolução CNE/CP nº 1/2002, estabelece, no seu Art. 13, que o estágio:

§ 1º A prática será desenvolvida com ênfase nos procedimentos de observação e reflexão, visando à atuação em situações contextualizadas, com o registro dessas observações realizadas e a resolução de situações-problema; § 2º A presença da prática profissional na formação do professor, que não prescinde

³³ Disponível em: <https://www.unioeste.br/portal/>.

da observação e ação direta, poderá ser enriquecida com tecnologias da informação, incluídos o computador e o vídeo, narrativas orais e escritas de professores, produções de alunos, situações simuladoras e estudo de casos; § 3º O estágio curricular supervisionado, definido por lei, a ser realizado em escola de Educação Básica, e respeitado o regime de colaboração entre os sistemas de ensino, deve ser desenvolvido a partir do início da segunda metade do curso e ser avaliado conjuntamente pela escola formadora e a escola campo de estágio (CNE, 2002a, s/p.).

Desse modo, o estágio curricular em biologia foi o espaço no qual o investigador desenvolveu suas atividades de pesquisa, acompanhando os professores em formação inicial em todas as suas atividades, etapas e cargas-horárias. O estágio em biologia caracterizou-se como um espaço propício para uma investigação acerca da efetividade do ensino de biologia num enfoque evolutivo planejando, refletindo e desenvolvendo sequências didáticas que apresentavam esse enfoque para os alunos de escolas públicas de Ensino Médio.

Assim, cabe-nos detalhar melhor como se desenvolveram as etapas da investigação, caracterizando-as quanto aos pressupostos epistemológicos de pesquisa que a nortearam, que são apresentados na sequência.

CAPÍTULO 3 – Percurso metodológico da pesquisa

Neste capítulo, explicitamos o percurso metodológico da pesquisa, indicando passo a passo como a investigação foi idealizada e depois colocada em prática para se obter os resultados pretendidos. Buscamos deixar claro ao leitor o tipo de pesquisa que empreendemos, as técnicas de constituição, tratamento e análise dos dados, o universo e a amostra da pesquisa, bem como sua relação com o objeto da investigação, buscando compor os resultados que apresentamos e discutimos na sequência.

3.1. Caracterização da pesquisa

Inicialmente, apresentamos a natureza da pesquisa, que se caracteriza como qualitativa. Nesse tipo de investigação, os números, as quantificações e estatísticas não importam para o pesquisador, mas sim a qualidade dos dados, das relações estabelecidas, das intenções e práticas do público analisado. Conforme Minayo (2009), a pesquisa qualitativa busca responder questões muito particulares, ocupando-se com um nível da realidade que não pode ser traduzido em números, ou seja, quantificado, pois trabalha com o universo das atitudes, valores, crenças, motivos, aspirações e significados, dentre outros.

Na abordagem qualitativa, o cientista objetiva aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda – ações dos indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente ou contexto social –, interpretando-os segundo a perspectiva dos próprios sujeitos que participam da situação, sem se preocupar com representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito. Assim sendo, temos os seguintes elementos fundamentais em um processo de investigação: “1) a interação entre o objeto de estudo e pesquisador; 2) o registro de dados ou informações coletadas; 3) a interpretação/explicação do pesquisador” (GUERRA, 2014, p. 11).

Nesse sentido, caracterizamos esta pesquisa como sendo qualitativa pelo fato de que estivemos, em seu percurso, preocupados com as relações, interpretações e atitudes desenvolvidas em um seleto grupo de estudantes, entre o pesquisador e os pesquisados, que se encontraram em constante troca de conhecimentos advindos das experiências e vivências, assim como na construção coletiva de novos conhecimentos, produtos e práticas de ensino de biologia.

Segundo Flick (2009), a pesquisa qualitativa usa o texto como material empírico para análise, ao invés de números; está interessada na trama social e cultural em que os indivíduos

estão inseridos, bem como em suas práticas e seus conhecimentos cotidianos. Logo, os métodos devem ser abertos o suficiente para captar todo o processo e as suas relações. Assim, o texto a que se refere o autor são as transcrições dos diálogos, debates e discussões empreendidos nas relações dialógicas entre os envolvidos – pesquisador e pesquisados.

Desse modo, os professores em formação inicial, como indivíduos engendrados numa trama sociocultural, foram investigados em todas as suas atividades relacionadas à pesquisa, sendo suas impressões iniciais, os diálogos e produções escritas coletadas, a fim de compor o *corpus* de dados deste trabalho. Visando resguardar premissas fundamentais da pesquisa qualitativa, foram proporcionados momentos de leituras, estudos, discussões e reflexões sobre todo o processo formativo dos futuros professores, como o auxílio do grupo focal, garantindo dados robustos, triangulados e alinhados com os objetivos do trabalho.

Os pesquisadores qualitativos utilizam uma grande variedade de práticas interpretativas inter-relacionadas, que busca garantir a melhor compreensão do assunto. Entretanto, cada pesquisador garante uma imagem diferente do mundo, portanto, há um compromisso na pesquisa qualitativa de se empregar mais de uma prática interpretativa em cada estudo. Entende-se, por prática interpretativa, o conjunto de dados obtidos juntamente com seu contexto sócio-histórico-cultural de produção (DENZIN; LINCOLN, 2006).

Creswell (2007) elenca uma série de características da pesquisa qualitativa, a saber: a pesquisa qualitativa sempre ocorre em um cenário natural, pois o pesquisador vai até o participante para conduzir a pesquisa; a pesquisa qualitativa usa métodos múltiplos de interação e humanizados, pois buscam o envolvimento dos participantes, proporcionando estabelecer uma harmonia e credibilidade; a pesquisa qualitativa é emergente ao invés de ser pré-determinada, pois, durante o estudo, diversas questões podem surgir, as quais devem ser consideradas pelo pesquisador, fazendo com que ele tenha que mudar muitas vezes de questão-problema ou objetivos; a pesquisa qualitativa é, em sua essência, interpretativa, ou seja, subjetiva, pois o pesquisador filtra e analisa os dados de acordo com as suas lentes, com as suas leituras.

O autor continua, apontando para as características do pesquisador qualitativo, que reflete sistematicamente durante a pesquisa sobre seu papel no desenvolvimento do estudo e sobre como as suas lentes permitem interpretar determinados dados, como os fatores sócio-histórico-culturais interferem na sua pesquisa; o pesquisador qualitativo se vale de um “raciocínio complexo multifacetado, interativo e simultâneo” (CRESWELL, 2007, p. 187), ou seja, analisa as múltiplas interações em que o conhecimento se relaciona no processo de

pesquisa; por fim, o pesquisador qualitativo utiliza mais de uma estratégia de investigação como guia, pois, no estudo qualitativo, se faz necessária essa triangulação das informações na intenção de reproduzir uma análise mais pujante e fiel dos seus dados (id.).

3.2. Preparação da pesquisa

Esta investigação seguiu as etapas da pesquisa científica, conforme Köche (2011), como segue: *1ª Etapa: Preparação e Delimitação do Problema; 2ª Etapa: Construção do Plano; 3ª Etapa: Execução do Plano; e 4ª Etapa: Construção e Apresentação do Relatório.* Com exceção da quarta etapa, que se constitui nesta tese como um todo, as outras serão apresentadas, a seguir, com detalhamento.

Na primeira etapa, a preparatória, foram realizadas a escolha do tema e a delimitação do problema. O tema foi escolhido como detalhado na introdução e nos interessou saber se era possível e como o professor de biologia poderia ensinar os conhecimentos biológicos num enfoque evolutivo.

Com o tema selecionado, foi imprescindível delimitar claramente o problema a ser investigado, que não se concretizou em tarefa simples, sendo necessário, ao longo do processo, ser redimensionado, algumas vezes, como apontou anteriormente Creswell (2007). Inicialmente, no projeto de pesquisa, o problema, que nos propomos a investigar, foi: *Quais os desafios e possibilidades do uso da evolução biológica como eixo articulador dos conteúdos no ensino de biologia para o nível médio?* Após algumas idas e vindas, além da necessidade de adaptação desse problema, que é dinâmico e se modifica ao longo da pesquisa, chegamos ao final com o seguinte: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?*

A definição do problema, que se busca investigar, é marco importante de toda pesquisa científica e como aponta Köche (2011, p. 129):

A delimitação do problema esclarece os limites precisos da dúvida que tem o investigador dentro do tema escolhido. Não se pode propor uma pesquisa onde não há a dúvida. Inicialmente, à luz dos próprios conhecimentos, o investigador elabora uma delimitação provisória do seu problema de investigação. Progressivamente, à medida que os seus conhecimentos vão se ampliando em função das leituras efetuadas [...] o investigador começará a perceber o complexo de variáveis que estão presentes no tema de pesquisa que escolheu e, então, começará a decidir com quais irá trabalhar.

De posse do problema de pesquisa bem delimitado, avançamos para a segunda etapa da pesquisa, que foi a construção do plano, ou seja, da elaboração do projeto de pesquisa. Nessa

etapa, foram importantes os conhecimentos acerca dos passos da pesquisa científica na área de educação, que proporcionaram um olhar clínico acerca do problema que se queria investigar e da sequência que a investigação poderia ter, visando facilitar o trabalho do pesquisador.

O projeto se caracteriza como um planejamento muito sintético e claro de todas as etapas e fases pelas quais a pesquisa irá se delinear, visando, exclusivamente, à obtenção de resultados válidos para o pesquisador, que respondam às suas expectativas, as quais se materializam nas hipóteses.

Para Köche (2011, p. 134), os objetivos do projeto de pesquisa são essencialmente dois:

O projeto, ou o plano, é um documento o máximo sintético e objetivo que apresenta os principais itens que compõem a investigação para uma pré-avaliação de sua viabilidade. A necessidade de elaborar o projeto tem em vista atender a dois objetivos: o primeiro é o de proporcionar ao investigador o planejamento do que vai executar, prevendo os passos e as atividades que devem ser seguidos; o segundo é o de proporcionar condições para uma avaliação externa feita por outros pesquisadores.

Para que este projeto tivesse o alcance necessário e propiciasse o máximo possível de respostas para os problemas que buscava, consideramos relevante apresentá-lo aos colegas do grupo de pesquisa, do qual o pesquisador faz parte. O Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia (GECIBIO) está cadastrado na plataforma Lattes do Cnpq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), no diretório dos grupos de pesquisa, e conta com a participação ativa de acadêmicos de graduação e pós-graduação, professores universitários e professores da Educação Básica. Esses pesquisadores pertencem a universidades públicas estaduais e federais, bem como a escolas de Educação Básica públicas e privadas da região oeste do estado do Paraná.

A apresentação no grupo dos projetos de pesquisa, antes da aplicação do projeto, é uma atividade habitual realizada nesse grupo, cuja finalidade é a divulgação das atividades de pesquisa dos integrantes do grupo, bem como para a ajuda dos colegas em determinados pontos, uma vez que os colegas com mais experiência colaboram com os que têm menos experiência nas pesquisas em ensino de ciências e biologia. Essa apresentação ajudou o pesquisador a refinar alguns pontos do projeto e a melhor regular alguns instrumentos de coleta de dados. Sem dúvida, foi de grande valia para melhorar o olhar acerca do objeto que queríamos pesquisar.

Após a apresentação do projeto no grupo de pesquisa, do aval da orientadora e coorientadora, procedemos com a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa da própria universidade onde o pesquisador trabalhava e na qual escolheu seu público-alvo. A necessidade de ter o projeto apreciado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) se fez, uma vez

que a pesquisa foi realizada com seres humanos; assim, visando à manutenção da ética na investigação, encaminhamos o projeto via sistema informatizado *on-line*, denominado Plataforma Brasil³⁴, o qual foi aprovado.

No projeto de pesquisa, foram definidos os seguintes instrumentos, utilizados para a coleta de dados: um questionário inicial, aplicado antes do início das atividades de pesquisa, para obter as concepções iniciais dos sujeitos da pesquisa; as videograções dos encontros do grupo focal, que, posteriormente, foram transcritas; as sequências didáticas, elaboradas pelos sujeitos da pesquisa com suas reflexões antes e depois da prática de ensino; e entrevistas finais individuais, que foram videogravadas e transcritas. Esses instrumentos compuseram o *corpus* da pesquisa.

Logo, o questionário inicial foi entregue aos participantes no primeiro encontro do grupo focal como instrumento para coleta das concepções prévias dos professores em formação inicial sobre o tema da pesquisa. Para Gil (2008, p. 121), a construção de um “[...] questionário consiste basicamente em traduzir objetivos da pesquisa em questões específicas”. Ou seja, o questionário, com esse objetivo inicial, propiciou o mapeamento das concepções iniciais dos indivíduos pesquisados a fim de possibilitar o planejamento das leituras, estudos e discussões, visando sanar dificuldades conceituais ou procedimentais que poderiam surgir ao longo da pesquisa.

Sintetizamos, no Quadro 2, o instrumento:

Quadro 2 – Questões do questionário inicial (QI) e seus objetivos

Nº	Questão	Objetivo(s)
1	<i>Durante uma aula de biologia um aluno questionou o professor: “Professor, é verdade que viemos dos macacos?” e imediatamente uma colega o corrigiu: “Claro que não, Deus criou tudo, inclusive nós!”. Como você, como professor de biologia, esclareceria estas dúvidas dos alunos?</i>	Compreender como os alunos mediarão uma divergência de opiniões em sala de aula com base numa diferença entre crenças pessoais e o conhecimento científico.
2	<i>Ao visualizar a imagem abaixo muitas pessoas, sejam crianças, jovens, adultos ou idosos, de diferentes classes sociais ou escolaridade, acabam formando um erro conceitual ou mesmo um obstáculo epistemológico sobre o conceito de EVOLUÇÃO. Como você, como aluno de um curso de Ciências Biológicas e futuro professor de</i>	Investigar a concepção dos professores em formação inicial acerca do processo evolutivo humano, a partir da mediação de um conflito entre senso comum e a ciência acerca da evolução humana.

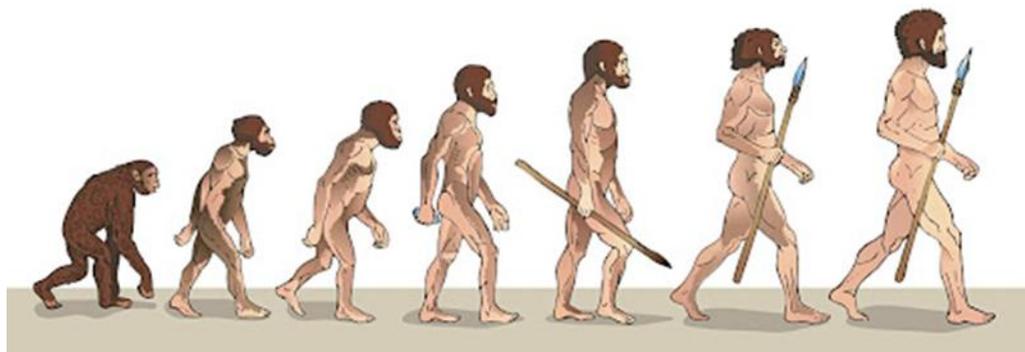
³⁴ A Plataforma Brasil trata-se de uma ferramenta *on-line* disponível para todas as instituições de ensino superior e de pesquisa brasileiras que desenvolvem suas pesquisas, as quais demandam aprovação de Comitês de Ética. Essa plataforma está disponível no endereço <http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>. O projeto, que originou este trabalho foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, no dia 09/04/2018, com Parecer Consubstanciado do CEP nº CAAE 83067718.8.0000.0107.

	<i>ciências e biologia desmistificaria os erros e confusões (do ponto de vista científico) a respeito dessa imagem: (Figura 3)</i>	
3	<i>Como você define EVOLUÇÃO? Exemplifique se necessário.</i>	Levantar qual era a concepção dos pesquisados, ao final da formação inicial em Ciências Biológicas, sobre o processo evolutivo.
4	<i>Em quais disciplinas do curso você aprendeu sobre EVOLUÇÃO? Liste-as por ano de curso se possível.</i>	Elencar em quais períodos do curso, os acadêmicos identificavam a presença de conteúdos ou temáticas de cunho evolutivo.
5	<i>Como foi a abordagem do conceito de EVOLUÇÃO nestas disciplinas: explícita (constava no Plano de Ensino da disciplina) ou implícita (não constava no Plano de Ensino, mas foi abordado por ser inerente à compreensão de outros conteúdos)? Explique cada caso que lembrar.</i>	Traçar o perfil da formação inicial dos acadêmicos participantes da pesquisa com relação à evolução biológica e seu ensino.
6	<i>Como você avalia sua formação inicial (na graduação) para ensinar evolução na biologia do nível médio? Você considera suficiente ou insuficiente? Argumente e exemplifique se possível.</i>	Compreender a opinião dos sujeitos da pesquisa sobre sua formação para o trabalho com evolução.
7	<i>Para você, qual a importância da evolução dentro da biologia (Ciências Biológicas)?</i>	Saber a importância dada pelos sujeitos da pesquisa sobre a temática da evolução dentro da ciência biologia e da sua formação.
8	<i>Analise a afirmação e depois responda: ‘A evolução é considerada por quase unanimidade dos cientistas, o conceito mais importante da biologia, pois considera o pensamento evolutivo o eixo central e unificador das Ciências Biológicas. A evolução é tipicamente entendida como um elemento indispensável para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nessas ciências (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 123)’. Você concorda ou discorda dos autores? Argumente e exemplifique se necessário.</i>	Compreender a importância dada pelos sujeitos da pesquisa a evolução para a ciência e a disciplina escolar biologia.
9	<i>Você aprendeu sobre EVOLUÇÃO no Ensino Médio? Como foram estas aulas (metodologia e/ou didática empregadas)? Comente sobre o que lembrar.</i>	Levantar informações sobre a formação no ensino médio com relação a temática evolução dos sujeitos da pesquisa.
10	<i>Analise a problemática e depois responda: “Quando se trata do ensino de evolução biológica enfrentamos diversos problemas, pois como aponta Oleques et al. (2011) este é um tema polêmico e os professores apresentam dificuldades em trabalhá-lo, que além da falta de tempo, apontam como outros empecilhos as formações iniciais e continuada ineficazes ou inexistentes, a falta de domínio conceitual, o fato do tema ser conflitante com suas crenças pessoais, entre outros”. Como você avalia o ensino de evolução no nível médio hoje em dia? Você concorda com a colocação acima? Em que pontos? Discorda em que pontos? Argumente e exemplifique se possível.</i>	Compreender como os sujeitos da pesquisa conceituam o ensino de biologia no Ensino Médio, bem como seus problemas e dificuldades.
11	<i>De que forma você, enquanto futuro professor de biologia, poderá contribuir para uma melhoria na</i>	Elencar a intencionalidade da compreensão e do uso da evolução

	<i>qualidade do ensino de biologia nas escolas públicas de nível médio e especificamente do ensino de evolução? Exemplifique se possível.</i>	biológica como um eixo organizador e/ou articulador da biologia em sua prática como docente.
12	<i>Qual a sua expectativa com esse projeto? O que espera aprender? O que poderá contribuir com a sua formação? Como você pretende participar e contribuir com seus colegas?</i>	Compreender como os professores em formação inicial encararam inicialmente o projeto e o que esperavam deste.
13	<i>Você considera possível usarmos a EVOLUÇÃO como eixo articulador/orientador/norteador do ensino de biologia no nível médio? Para sim ou não, explique como e exemplifique.</i>	Levantar suas concepções sobre a possibilidade ou não de ensinar biologia por meio da evolução.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados desta pesquisa.

Figura 3 - Imagem da evolução humana para análise da questão 2 do questionário inicial



Fonte: <https://www.timeslive.co.za/news/sci-tech/2017-12-11-humans-growth-spurt-is-over/>. Acesso em 06/02/2018.

O Questionário Inicial (QI) compôs um conjunto de dados que foi amplamente analisado e discutido, o qual propiciou alguns pontos muito relevantes para a análise posterior e dados que puderam ser cruzados com outras informações, bem como concepções a fim de uma melhor triangulação e análise empreendidas na pesquisa. É sempre muito importante, nas pesquisas em Educação em Ciências, conhecer as concepções ou ideias prévias dos indivíduos, o que pode fornecer um panorama geral do que pensam e elementos para o planejamento de ações futuras, buscando parametrizar o início das atividades de pesquisa ou mesmo de ensino em sala de aula.

A terceira etapa da pesquisa foi a execução do projeto. Essa etapa teve início conjuntamente com o início do ano letivo de 2018 da universidade campo da pesquisa, visando facilitar a concomitância das atividades do projeto com o ano letivo dos acadêmicos participantes da pesquisa. A primeira atividade realizada foi o convite aos professores em formação inicial de biologia para participarem do projeto, explicitando os critérios para a participação. Após o convite, selecionamos os participantes conforme as necessidades da pesquisa, seguindo os critérios: disponibilidade de tempo; residir na cidade onde fora realizado

o projeto; participar dos encontros presenciais e remotos da pesquisa; já ter realizado o estágio na disciplina de Ciências. Assim, obtivemos 13 indivíduos interessados e que atendiam a todos os critérios estabelecidos.

Para fins de organização, estruturação do trabalho e da manutenção do anonimato desses indivíduos, foi criada uma codificação para os participantes, de forma que serão chamados, objetivando a padronização, de professores em formação inicial. Durante as discussões, os trechos de suas falas foram identificados com a letra maiúscula “A”, seguidos dos algarismos 1 a 13, para se referir a cada indivíduo, sendo a identificação de cada um juntamente com a sua codificação conhecida apenas pelo pesquisador.

3.3. Implementação da pesquisa

Após o convite para participar do projeto, seguimos com a realização do primeiro encontro do grupo focal entre os sujeitos da pesquisa e o pesquisador, para que este explicasse o projeto, coletasse as assinaturas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e distribuísse o questionário inicial para que fosse respondido por todos os participantes.

O Grupo Focal (GF) caracteriza-se como uma ferramenta metodológica, principalmente utilizada em Ciências Sociais, que busca coletar dados por meio de interações que se estabelecem em grupos de pessoas, que discutem uma temática especial indicada pelo pesquisador, o qual também participará das discussões, guiando-a para o caminho que deseja para sua obtenção de dados ou que busque responder aos seus questionamentos iniciais (GONDIM, 2003; BOMFIM, 2009; BACKES, et al., 2011)

Foram videogravados e transcritos sete encontros do GF, sendo que, para a análise dos dados, foram utilizados apenas quatro, que apresentaram informações de interesse da pesquisa. A temática discutida no GF foi a do uso da evolução biológica como tema articulador/orientador dos conteúdos no ensino de biologia do nível médio, buscando refletir sobre como a cooperação e colaboração, no espaço social de um GF, poderia possibilitar novas compreensões e construções de pensamento acerca do ensino de biologia num enfoque evolutivo. Isso para superar as dificuldades e limitações dos acadêmicos por meio de estudos, leituras, discussões, além da construção coletiva de planos de aula e sequências didáticas, implementadas por eles durante o desenvolvimento do estágio supervisionado.

Nesse sentido, “o grupo focal representa uma fonte que intensifica o acesso às informações acerca de um fenômeno, seja pela possibilidade de gerar novas concepções ou pela

análise e problematização de uma ideia em profundidade” (BACKES, et al., 2011, p. 438). A ideia de uso do enfoque evolucionista em todas as aulas do estágio em biologia levantou uma problemática a ser analisada pelo grupo, proposta pelo pesquisador, que fez com que todos os integrantes do GF se empenhassem na busca por ideias e soluções práticas para essa questão, produzindo conhecimento sobre o tema que foi socializado por todos os participantes.

O GF ainda favorece a dinâmica desejada nos encontros visando às relações dialéticas dos indivíduos; sendo seu uso combinado com o de outras técnicas, revela-se especialmente interessante do ponto de vista da pesquisa qualitativa, pois permite “[...] a produção de conhecimentos, geralmente ligada à prática de pesquisa” (KIND, 2004, p. 127).

Desse modo, o “[...] grupo focal se constitui em um processo complexo, tendo em vista a sua dinamicidade, dialogicidade e capacidade de análise e síntese reflexivas dos envolvidos” (BACKES, et al., 2011, p. 440). Para que essa complexidade fosse superada por todos os integrantes do GF e fosse possível, por meio das relações dialógicas estabelecidas entre eles, a produção de conhecimento acerca da utilização do enfoque evolucionista no ensino de biologia no Ensino Médio, os encontros e discussões foram programados a fim de que houvessem leituras prévias, discussão de ideias e de concepções acerca das ciências, da biologia, da Evolução, etc., da produção coletiva de materiais didáticos, planejamentos e sequências didáticas.

Os encontros do GF foram realizados em horários extraclasse, ou seja, em outro horário que não fosse o de aulas regulares, para não prejudicar os professores em formação inicial nas demais atividades acadêmicas. O local escolhido para os encontros foi determinado seguindo as recomendações de Bomfim (2009, p. 781-2):

Para realização dos grupos, devem ser reservados espaços apropriados, de preferência em território neutro e de fácil acesso aos participantes. O ideal é uma sala que abrigue confortavelmente o número previsto de participantes e moderadores e que esteja protegida de ruídos e interrupções externas. Os participantes podem ser distribuídos em torno de uma mesa retangular ou oval, ou dispostos em cadeiras arrumadas em forma circular. É recomendável também disponibilizar água, café e um lanche ligeiro para os participantes.

Diante disso, o local escolhido foi o Laboratório de Ensino de Biologia da própria universidade, ao qual o pesquisador tinha acesso por fazer parte do corpo docente da instituição. Nesse ambiente, com uma sala ampla e arejada, havia uma mesa retangular grande com espaço para aproximadamente 20 pessoas e cadeiras confortáveis. Também, havia estantes com livros didáticos, livros paradidáticos, modelos e jogos didáticos, exemplares de fauna e flora

conservados, materiais de expediente, computadores e impressora, *datashow* e outros recursos tecnológicos.

Foram utilizadas as recomendações de Bomfim (2009) quanto aos instrumentos de apoio no GF para coleta de dados, como o uso de vídeo e/ou audiogravadores, que facilitam a captura da dinâmica dos diálogos e discussões para posterior análise.

Um total de 7 (sete) Encontros do Grupo Focal foram vídeo e audiogravados, compondo um conjunto de dados que nomeamos de Encontros do Grupo Focal (EGF). As videograções foram úteis para a coleta de impressões, concepções, percepções e representações dos indivíduos pesquisados. Elas foram realizadas nos encontros do GF, como forma de registrar todos os acontecimentos, sem perda de dados ou da qualidade dos diálogos.

O uso das videograções na pesquisa qualitativa consiste em instrumentos que permitem, segundo Carvalho (1996, p. 9), “uma mudança de paradigma na análise dos dados, possibilitando aos investigadores aprofundar suas reflexões teóricas numa relação dialógica com os dados empíricos”, pois a gravação possibilita que o pesquisador possa analisar e reanalisar, quantas vezes forem necessárias, uma cena ou um trecho que gera dúvidas e que, registrado de outro modo, passaria despercebido.

Para que as videograções pudessem ser analisadas, foram transcritas literalmente, sem o uso de técnicas de transcrição, ou seja, os diálogos e discussões foram transcritos *ipsis litteris* e agrupados por encontro. Todavia, nem todos os encontros do GF foram videogravados, haja vista que, em alguns, houve apenas orientações quanto ao desenvolvimento do estágio e aspectos burocráticos.

Assim, para Sadalla e Larocca (2004, p. 422): “[...] uma análise através do recurso do vídeo não é tarefa fácil para se realizar. Ela envolve um processo de tomada de consciência e reflexão simultânea de variados códigos expressivos: linguagem, metalinguagem [...]”. Entretanto, ao mesmo tempo, o uso de videograções permite ao pesquisador a captura de uma riqueza de detalhes importantes na análise qualitativa.

Nos primeiros encontros do GF, foram lidos previamente e discutidos alguns textos selecionados pelo pesquisador, que estimularam os professores em formação inicial à reflexão e ao entendimento do que era o trabalho que lhes aguardava. Uma tarefa difícil, que deveria ser superada por meio do trabalho coletivo, a qual foi premissa para o desenvolvimento das atividades da pesquisa.

Para que os professores em formação inicial partissem para a prática de regência, antes, deveriam elaborar uma sequência didática, a partir dos conteúdos que receberam da professora

supervisora da escola campo de estágio. O planejamento das Sequências Didáticas (SD) compôs outro conjunto de dados para esta pesquisa e foi constituído dos principais pontos considerados pelo pesquisador como relevantes para a análise dos resultados e discussão dos dados.

O diferencial das SD, que atendessem aos interesses da pesquisa, foi a colaboração dos colegas e do pesquisador durante o seu planejamento, uma vez que sabíamos do desafio que seria ensinar biologia num enfoque evolutivo. Para tanto, em alguns encontros do GF, havia trocas de ideias e de materiais entre os professores em formação inicial sobre os conteúdos com os quais iriam trabalhar, assim como a preocupação de como abordar seus determinados assuntos de maneira evolutiva ou como demonstrar a evolução imbricada nesse conhecimento.

Os conhecimentos biológicos abordados nas SD foram variados e incluíram: Biologia Celular (Tipos Celulares, Morfologia Celular e Metabolismo Energético), Reino *Protoctista* (Protozoários e Algas), Filos *Annelida* e *Arthropoda*, Teorias da Evolução, dinâmica dos Ecossistemas e Reino *Plantae*.

Para que houvesse uma padronização nos instrumentos utilizados pelos alunos durante a execução do projeto, as sequências didáticas de todos os professores em formação inicial seguiam um modelo padrão criado pelo pesquisador. Nesse modelo, havia informações proposicionais que buscavam entender, por parte dos professores em formação inicial, como encararam o momento de planejar as aulas, num enfoque evolutivo.

As SD apresentavam um modelo pré-determinado pelo pesquisador, que continha as seguintes informações: (i) Identificação – deveria conter: *data da aula, carga horária, disciplina, turma/ano/série/turno, estagiário, colégio, professor orientador e professor supervisor*; (ii) Conteúdo – deveria conter: *conteúdo(s) estruturante(s), básico(s) e específico(s)*; (iii) Objetivo – deveria conter: *objetivo(s) para o professor e para os alunos*; (iv) Encaminhamentos Metodológicos – deveria conter: *encaminhamentos, metodologias, técnicas e/ou recursos*; (v) Avaliação – deveria conter: *critérios e instrumentos de avaliação*; (vi) Referências – deveria conter: *as referências utilizadas para planejar a sequência didática e as que serão utilizadas nas aulas*; (vii) Reflexões acerca do planejamento – deveria conter: *as questões de reflexão durante o planejamento e depois da aplicação da aula*; (viii) Anexos – deveria conter: *todos os anexos e apêndices da aula*.

Para fins de simplificação da pesquisa, as SD não foram transcritas aqui, de igual modo que foram construídas pelos professores em formação inicial, mas adaptadas num quadro mais sintético e simplificado. Apenas as partes das SD, que foram consideradas relevantes, nas quais

foram encontrados assuntos de importância para a discussão do texto, são apresentadas nos resultados e discussão deste trabalho.

Nas reflexões acerca do planejamento das referidas SD, os professores em formação inicial foram solicitados a responder algumas questões de reflexão durante o planejamento e após a aplicação da aula. As questões eram: *Durante o planejamento das ações:* Quais as dificuldades para planejar minha aula? Minhas facilidades? Que ações eu planejo realizar? e O que pretendo com minhas ações? *Após a aula:* Como ocorreu a minha aula? Atingi meus objetivos? O que deu errado ou certo? e Como buscar melhorar em uma próxima atuação?

Essas reflexões auxiliaram a melhor elucidação de alguns pontos sobre o trabalho, que os professores em formação inicial tiveram, para articular a evolução nos assuntos que iriam abordar ou em como a evolução engendraria os assuntos. Desse modo, o pesquisador, em todas as etapas da pesquisa, requeria dos professores em formação inicial as reflexões acerca do que estavam planejando, seguindo os propósitos de uma formação crítico-reflexiva, contidos neste trabalho, principalmente, acerca do enfoque evolucionista.

Após a conclusão das etapas do estágio e ao término dos encontros do GF, todos os professores em formação inicial foram convidados a participar de uma entrevista individual com o pesquisador, que buscava entender melhor como eles haviam compreendido todo o processo, desde o planejamento até a implementação da evolução como um enfoque. Essas entrevistas também foram videogravadas e transcritas, compondo um conjunto de dados, o qual foi nominado de Entrevistas Finais (EF).

As entrevistas finais individualizadas tiveram como objetivo coletar as impressões gerais e finais acerca de todo o trabalho realizado durante a pesquisa. As entrevistas com roteiro semiestruturado (Quadro 3) permitiram que o pesquisador tivesse maior liberdade dentro das respostas dos professores em formação inicial, para aprofundar algum questionamento ou pular etapas que já haviam sido respondidas anteriormente.

A entrevista é acima de tudo uma conversa a dois, realizada por iniciativa do pesquisador, que tem por objetivo a construção de informações pertinentes para um objeto de pesquisa (MINAYO, 2009). Para Flick (2009), o foco principal das entrevistas está na experiência individual do participante, que é considerada relevante de se entender, pois, nesse momento, encontramos a reprodução ou representação do conhecimento existente e sua interação com o tema pesquisado.

As entrevistas constituem uma representação da realidade com ideias, formas de pensar, concepções, condutas, modos de vida, sentimentos, crenças e, se tomada como uma forma

privilegiada de interação social, se caracteriza como um espelho, refletindo a dinâmica que existe na própria sociedade. Segundo Minayo (2009, p. 64), a entrevista semiestruturada “[...] que combina perguntas fechadas e abertas, em que o entrevistado tem a possibilidade de discorrer sobre o tema em questão sem se prender à indagação formulada”.

Desse modo, consideramos as entrevistas um excelente instrumento para identificar essas representações dos professores em formação inicial, participantes da pesquisa, a fim de compreender como se efetivou a construção do conhecimento e de práticas docentes, durante o desenvolvimento da pesquisa. Isso para entender o papel que desempenhou a própria pesquisa e a evolução biológica durante a sua execução.

Assim, para fins específicos da pesquisa, as entrevistas finais tiveram papel fundamental para sistematizar as concepções e avaliações dos professores em formação inicial sobre todo o trabalho realizado de estudo, colaboração com os colegas, reflexão crítica dos conhecimentos, pesquisa, planejamento e implementação de sequências didáticas.

Para tanto, houve a necessidade de realização de algumas questões para todos os professores em formação inicial, que estão sintetizadas e com seus objetivos delimitados no Quadro 3, a seguir:

Quadro 3 – Questões das entrevistas finais (EF) e seus objetivos

Questão	Objetivo(s)
<i>Qual foi sua avaliação inicial da pesquisa? Como você encarou esse desafio?</i>	- Reconhecer as impressões iniciais dos professores em formação inicial acerca do projeto e de como encararam o desafio.
<i>Como você avalia a participação no GF? Ele ajudou ou dificultou o trabalho?</i>	- Identificar a relevância dos encontros do GF no trabalho dos professores em formação inicial.
<i>Quais foram as suas primeiras impressões quando pegou os conteúdos que deveria trabalhar? Como você pensou na articulação com a evolução?</i>	- Identificar as primeiras impressões dos professores em formação inicial com relação à dificuldade de articulação e planejamento do conteúdo das aulas.
<i>Como foi a experiência do planejamento em duplas ou trio? Facilitou ou atrapalhou seu trabalho?</i>	- Reconhecer a importância do planejamento coletivo no desenvolvimento das atividades.
<i>Quais foram suas primeiras impressões sobre a sua turma? Como eles encararam o desafio? Como era o clima afetivo-cognitivo da turma?</i>	- Elencar as impressões sobre os alunos e sua relação com o conhecimento e com o estagiário.
<i>Os alunos apresentavam algum conhecimento sobre evolução? Como era a relação deles com esse conhecimento?</i>	- Identificar nos alunos conhecimentos sobre evolução e a articulação deste com os conhecimentos biológicos trabalhados.
<i>Em que esse trabalho ajudou na sua formação pessoal e profissional? Como foi a sua relação com esse projeto?</i>	- Avaliar a importância do trabalho com o enfoque evolutivo na formação pessoal e profissional dos professores em formação inicial.

<i>Como você avalia o projeto? Foi positivo ou negativo? Ajudou ou atrapalhou o trabalho? Contribuiu com a aprendizagem dos alunos ou não? Contribuiu com a sua formação ou não?</i>	- Compreender a avaliação final que os professores em formação inicial fazem de todo o trabalho.
<i>Após todo esse trabalho, você considera possível dizer que dá para ensinar biologia num enfoque evolutivo? Quais os pontos positivos e negativos?</i>	- Identificar a possibilidade do ensino de biologia no enfoque evolutivo, bem como de seus limites.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados desta pesquisa.

As entrevistas também foram videogravadas, na intenção de garantir uma qualidade maior dos registros das impressões, concepções e ideias dos professores em formação inicial, as quais foram transcritas do mesmo modo que as videograções dos encontros do GF, tal qual as falas foram capturadas.

Visando facilitar a compreensão dos passos da pesquisa, construímos o esquema, a seguir (Quadro 4):

Quadro 4 – Esquema das atividades de pesquisa realizadas para coleta dos dados

Encontro	Carga Horária	Atividade de Pesquisa	Atividades de Orientação
01	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Assinatura do TCLE; – Aplicação do Questionário Inicial (QI); 	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro inicial para apresentação do projeto de pesquisa, assinatura do TCLE, orientações iniciais para o estágio e aplicação do Questionário Inicial; – Indicação de leitura para discussão no próximo encontro: (texto 1) Capítulo 1 “<i>A origem e o impacto do pensamento evolutivo</i>” do livro <i>Biologia Evolutiva</i> de Douglas Futuyma;
02	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 1 (EGF1); – Recolhimento do Questionário Inicial respondido; – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Discussão sobre o tema proposto: “<i>O ensino de biologia no enfoque evolutivo</i>”; – Discussão sobre as respostas ao Questionário Inicial; – Discussão do texto 1; – Indicação de leitura para o próximo encontro: (texto 2 e 3) Capítulo 1 “<i>Em que mundo vivemos</i>” e Capítulo 2 “<i>Quais são as evidências de que existe evolução na Terra?</i>” do livro <i>O que é evolução</i> de Ernst Mayr;
03	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 2 (EGF2); – Discussões sobre o tema; – Disponibilização do modelo de sequência didática (SD); 	<ul style="list-style-type: none"> – Discussão sobre os textos 2 e 3; – Trocas de ideias e materiais em auxílio aos colegas que iniciaram a prática pedagógica no primeiro semestre – temas: Reino Protocista (protozoários e algas); – Disponibilização do modelo de sequência didática (SD) para uso na pesquisa, reforçando a necessidade de preenchimento das reflexões antes e após as aulas; – Discussão sobre como articular os conteúdos/temas das aulas com a evolução;
04	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 3 (EGF3); – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Painel integrado do texto 4: Livro “<i>Evolução: o sentido da biologia</i>” de Meyer e El-Hani; – Discussões sobre evolução biológica e seu ensino; – Indicação de leitura para o próximo encontro: (texto 5) Artigo “<i>O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI</i>” de Tidon e Vieira;
05	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 4 (EGF4); – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Discussão do texto 5; – Relatos das primeiras aulas de regência; – Trocas de ideias e sugestões para as aulas dos colegas; – Indicação de leitura para o próximo encontro: (texto 6) Cap. 18 “<i>Um mistério revelado: como os conhecimentos evolutivos vêm sendo explorados nas aulas de biologia do Ensino Médio?</i>” do livro “<i>Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino</i>”.
06	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 5 (não utilizado); – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Relatos das aulas de regência; – Trocas de ideias e sugestões para as aulas dos colegas; – Discussão de ideias para os projetos do estágio.

07	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 6 (não utilizado); – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Relatos das aulas de regência; – Trocas de ideias e sugestões para as aulas dos colegas; – Discussão de ideias para os projetos do estágio.
08	2 h	<ul style="list-style-type: none"> – Encontro videogravado 7 (não utilizado); – Discussões sobre o tema; 	<ul style="list-style-type: none"> – Discussões sobre o material didático elaborado como parte do projeto de estágio; – Relatos das aulas de regência.
09	-	– Entrevistas Finais (EF) videogravadas;	– Encontros agendados individualmente com cada sujeito para entrevista final videogravadas.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados desta pesquisa.

3.4. Organização e análise dos dados

Para a análise dos dados, foi necessário organizá-los em conjuntos, que foram anteriormente apresentados: o Questionário Inicial (QI), as Sequências Didáticas (SD), os Encontros do Grupo Focal (EGF) e as Entrevistas Finais (EF) compuseram, separadamente, um conjunto de dados próprios. Esses conjuntos de dados, que compunham o *corpus* do trabalho, foram triangulados para análise da composição de cada metatexto.

A Análise Textual Discursiva (ATD) foi escolhida como técnica de organização e análise dos dados obtidos, pois permite ao pesquisador uma análise que “pretende aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise rigorosa e criteriosa desse tipo de informação” (MORAES, 2003, p. 191). A ATD também tem ganhado espaço nas pesquisas qualitativas na última década, em especial, as pesquisas em educação, como apontam Medeiros e Amorim (2017).

Diante dessa escolha, cabe explicar brevemente o que é a ATD e como essa funciona para entendermos melhor como foi utilizada na análise de nossos dados. A ATD, na pesquisa qualitativa em educação, pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de significados em que novas compreensões emergem da sequência de três componentes: “[...] desconstrução dos textos do *corpus*, a unitarização; estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar do novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada” (MORAES, 2003, p. 192, grifos do autor).

A análise textual discursiva corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa, com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos. Insere-se entre os extremos da análise de conteúdo tradicional e a análise de discurso, representando um movimento interpretativo de caráter hermenêutico (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 7).

No esquema da Figura 4, chamado pelos autores de ciclo de análise (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011), é possível sintetizar as etapas pelas quais o pesquisador, que deseja analisar os seus dados, aqui reconhecidos como *corpus* da pesquisa, precisa passar para chegar a uma análise textual qualitativa do material coletado.

Figura 4 – “Tempestade de Luz” – mapa conceitual da ATD



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Moraes e Galiazzi (2011).

Inicia-se o ciclo justamente com o conjunto dos dados que formam o *corpus* da pesquisa, ou seja, a matéria-prima da análise que, depois de organizado, neste caso transcrito, possibilita o segundo passo do ciclo, que é a desmontagem dos textos, a sua desconstrução e unitarização. Tal processo possibilita o terceiro passo do ciclo, que é a categorização, ou seja, o estabelecimento de relações, as quais, por fim, proporcionam o quarto passo, a captação do novo emergente, no qual se expressam as compreensões atingidas, elaborando-se os metatextos (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011).

No processo de desconstrução e unitarização da análise textual, é necessária a clara compreensão da relação entre leitura e significado, pois todo texto possibilita uma multiplicidade de leituras, entretanto, vai depender do seu leitor a construção de significados para esse texto. Parte-se do pressuposto de que a leitura não é uma interpretação em si e que não existe uma leitura única e objetiva, ainda que, dentro de um grupo, numa leitura coletiva, possam ocorrer entendimentos semelhantes; todavia, o texto possibilita inúmeras significações e diferentes sentidos podem ser lidos no mesmo texto (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011).

Dessa forma, uma análise textual é um exercício de elaborar sentidos para os textos que se lê, construindo compreensões baseadas num conjunto de textos, avaliando-os com base na análise de algumas das suas definições e sentidos que nos permitem ler. Essa polissemia de significados tem explicação nos diferentes pressupostos teóricos que cada leitor utiliza em suas leituras, pois toda leitura é feita a partir dessa perspectiva teórica, seja ela consciente ou não. Desse modo, diferentes teorias possibilitam diferentes significados (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011).

O *corpus* caracteriza-se como um conjunto de informações da pesquisa que requer uma seleção e delimitação, definindo-se uma amostra a partir do universo. Na análise textual, o *corpus* é formado basicamente por textos, derivados do discurso sobre os fenômenos que podem ser lidos, interpretados, descritos e que correspondem a uma infinidade de sentidos (BARDIN, 1977; MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011). Nesta pesquisa, o *corpus* foi delimitado a partir de quatro conjuntos de dados: (i) as respostas do Questionário Inicial; (ii) os diálogos e discussões dos Encontros do Grupo Focal; (iii) os planejamentos das Sequências Didáticas; e (iv) as Entrevistas Finais.

A partir da delimitação do *corpus*, iniciou-se o ciclo de análise da ATD, com a desconstrução dos textos e sua unitarização. A desconstrução é o processo de desmontagem ou desintegração dos textos, que propicia destaque a seus elementos constituintes e forma as unidades de análise (unidades de significado ou de sentido³⁵), que são sempre definidas em função de um sentido pertinente aos objetivos da pesquisa e podem ser definidas em função de critérios pragmáticos ou semânticos (MORAES, 2003; MORAES; GALIAZZI, 2011).

Nesse processo de desconstrução, cada conjunto de dados foi analisado individualmente, desconstruído, visando captar termos ou sentenças que se repetiam. Depois, foram triangulados com os demais conjuntos de dados, com o objetivo de identificar os padrões e de construir as categorias na próxima etapa. As unidades de sentido são os termos ou sentenças do texto que fazem sentido ao pesquisador ou respondem a questões por ele lançadas e que permitem a construção de categorias.

A fragmentação do texto efetiva-se à medida em que sua leitura acontece; a codificação e identificação de cada fragmento resultam nas unidades de sentido, sendo que cada unidade constitui um significado referente ao fenômeno. É preciso ficar atento à descontextualização durante a fragmentação e o pesquisador não pode perder o contexto de vista na reescrita das

³⁵ As três terminologias são sinônimos para os próprios autores e, neste trabalho, serão chamadas de unidades de sentido.

unidades, conferindo-lhes sentido e clareza. Isso pode ser feito incluindo sequências das unidades anteriores ou posteriores, ou seja, as unidades não são excludentes; evita-se, assim, o seu isolamento e dificulta-se a compreensão de seu sentido (MORAES; GALIAZZI, 2011)

O terceiro passo do ciclo de análise consiste no processo de categorização das unidades de sentido constituídas anteriormente. A categorização é o processo de análise e agrupamento de elementos semelhantes no texto, que carregam um significado único ou análogo e compartilhado (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Durante o processo de categorização, poderão se constituir categorias de diferentes níveis e derivadas de duas fontes fundamentais: *a priori* ou emergentes. As categorias *a priori* têm origem no método dedutivo e implicam a sua construção antes de se analisar o *corpus* da pesquisa, as quais, nesse caso, são as hipóteses elaboradas pelo pesquisador no momento da concepção do projeto (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Já as categorias emergentes, são originárias do método indutivo de produção do conhecimento, as quais necessitam do exame mais apurado das unidades de sentido construídas a partir do *corpus*. Constitui-se em um processo de comparação constante entre as unidades de sentido e o arcabouço teórico do pesquisador, bem como seu conhecimento tácito (MORAES; GALIAZZI, 2011). No caso desta pesquisa, todas as categorias foram do tipo emergentes, as quais foram organizadas em três níveis: iniciais, intermediárias e finais.

Por fim, a última etapa do ciclo de análise da ATD implica a captação do novo emergente e a expressão das compreensões atingidas por meio da produção de metatextos analíticos, que expressam os sentidos lidos num conjunto de textos. “Os metatextos são constituídos de descrição e interpretação, representando no conjunto um modo de teorização sobre os fenômenos investigados” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 32).

Os metatextos são produzidos pelo pesquisador a partir da unitarização e da categorização (etapas anteriores do ciclo de análise da ATD). Uma vez estabelecidas as categorias, o pesquisador cria as inter-relações entre elas, sempre buscando a maior clareza e novas compreensões acerca do fenômeno. Eles vão sendo constituídos gradativamente ao longo da análise e integrados à estrutura do texto como um todo (MORAES; GALIAZZI, 2011).

O processo de descrição na composição dos metatextos deve vir acompanhado da apresentação das categorias e subcategorias, fundamentadas e validadas a partir da interlocução com o empírico ou com a argumentação de informações do próprio texto analisado. A descrição deve estar acompanhada de citações, o que propicia ao leitor uma imagem fiel do fenômeno descrito, validando-a, desse modo (MORAES; GALIAZZI, 2011).

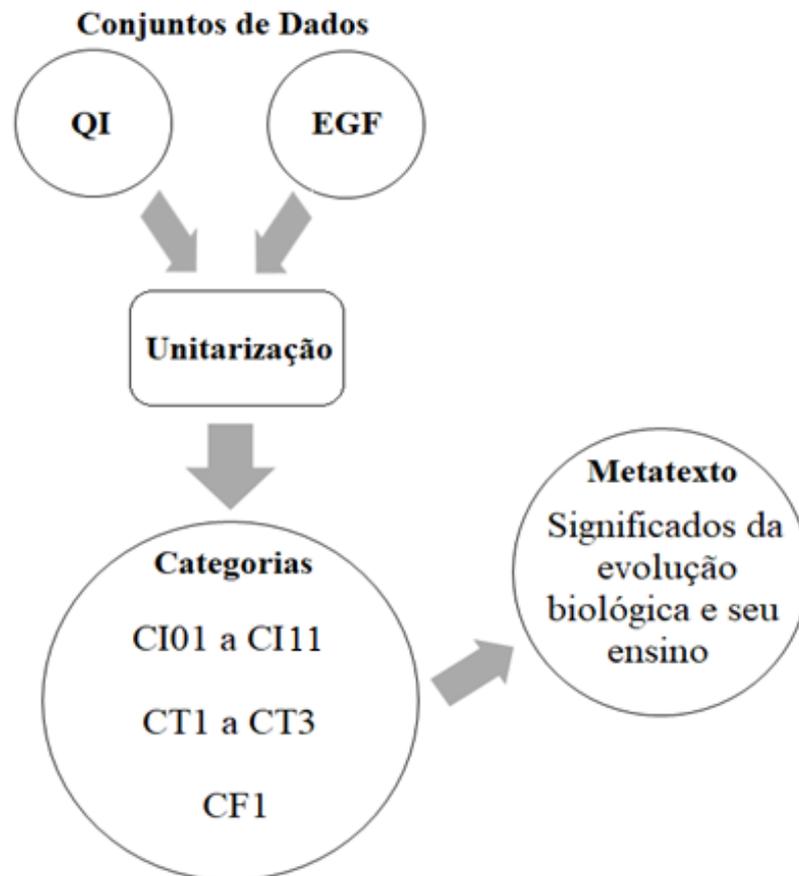
Já a interpretação, no contexto da ATD, consiste na constituição de novos sentidos e compreensões, exercitando a abstração e expressando o entendimento mais aprofundado, indo para além do descrito. Desse modo, a interpretação nada mais é que um exercício de teorização, pois, quando o pesquisador interpreta, busca sentidos em sua base teórica e constrói interlocuções com outros autores, presentes em seu referencial. Assim, amplia a compreensão sobre o fenômeno estudado, além de estabelecer pontes entre os dados empíricos e as bases teóricas em que se fundamenta (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Para a construção da validade dos metatextos, foi necessária a ancoragem dos argumentos na realidade empírica, no material que compunha o *corpus*, pois a inserção crítica de trechos selecionados dos textos originais constitui uma forma de validação dos resultados da análise. Essa validade efetivar-se-á, por fim, no percebido esforço do pesquisador em construir uma análise cada vez mais qualificada sobre seu fenômeno (MORAES; GALIAZZI, 2011).

Para a construção dos metatextos nesta pesquisa, empreendemos o ciclo descrito na Tempestade de Luz da ATD e simplificamos esse movimento nos esquemas das Figuras 5, 6 e 7. Na sequência, apresentamos os movimentos de construção de cada metatexto, com os conjuntos de dados do *corpus* que foram desconstruídos e unitarizados, além das categorias emergidas na análise.

Para compor o primeiro metatexto, foi necessária a análise dos conjuntos de dados, imbricados na Figura 5, a seguir:

Figura 5 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do primeiro metatexto



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa.

O esquema da Figura 5 sintetiza o processo de elaboração do primeiro metatexto, que foi construído com o objetivo de responder à primeira questão-problema: *Como os professores em formação inicial elaboraram significados sobre a evolução biológica e seu ensino?*

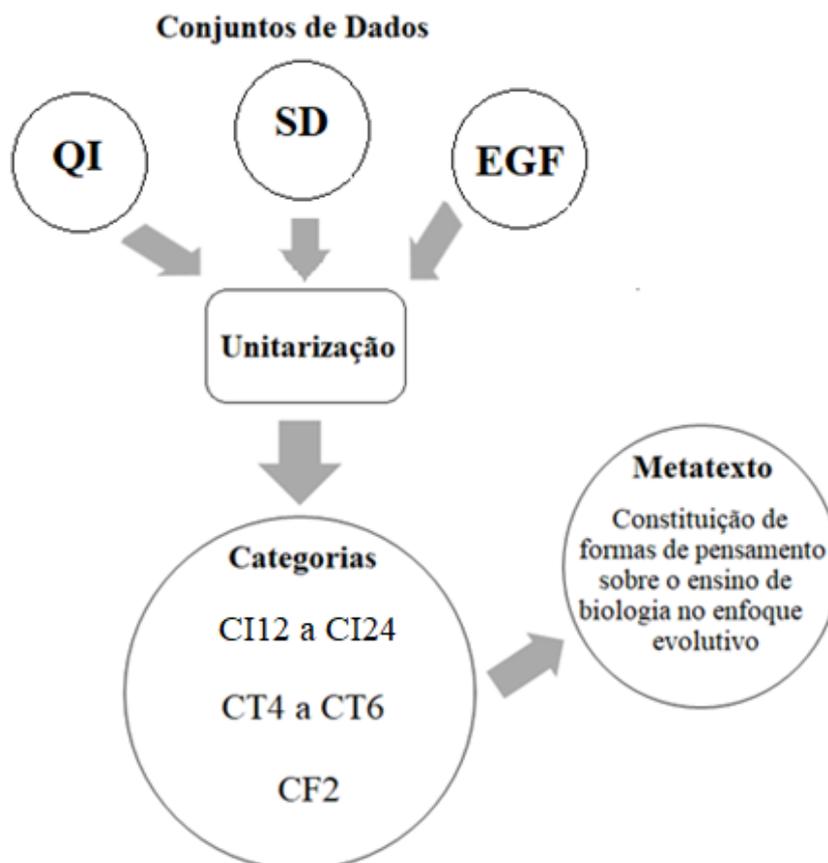
Os conjuntos de dados, que foram desconstruídos, unitarizados e permitiram a elaboração das categorias, consequentemente, do metatexto em si, foram: o Questionário Inicial (QI) e os Encontros do Grupo Focal (EGF). Assim, destacamos que o principal conjunto de dados utilizado foi o QI, fornecendo o maior número de unidades de sentido para a composição das categorias; os dados do EGF forneceram trechos dos diálogos para o reforço nas discussões das categorias no metatexto em si.

Da triangulação dos conjuntos de dados (QI + EGF), foi possível construir três quadros com as categorias iniciais (CI01 a CI11), que, posteriormente, geraram três categorias intermediárias (CT1 a CT3) e uma final (CF1). A esse trabalho, demos o nome de tempestade de luz, o que compõe a subseção 4.1. intitulada: *Tempestade de luz sobre os significados da*

evolução e seu ensino. Após a construção das categorias, chegamos ao primeiro metatexto, que se compõe na subseção 4.2., nomeado de: *Significados da evolução biológica e seu ensino*.

Já para a compreensão da composição do segundo metatexto, foi elaborado o esquema sintetizado na Figura 6:

Figura 6 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do segundo metatexto



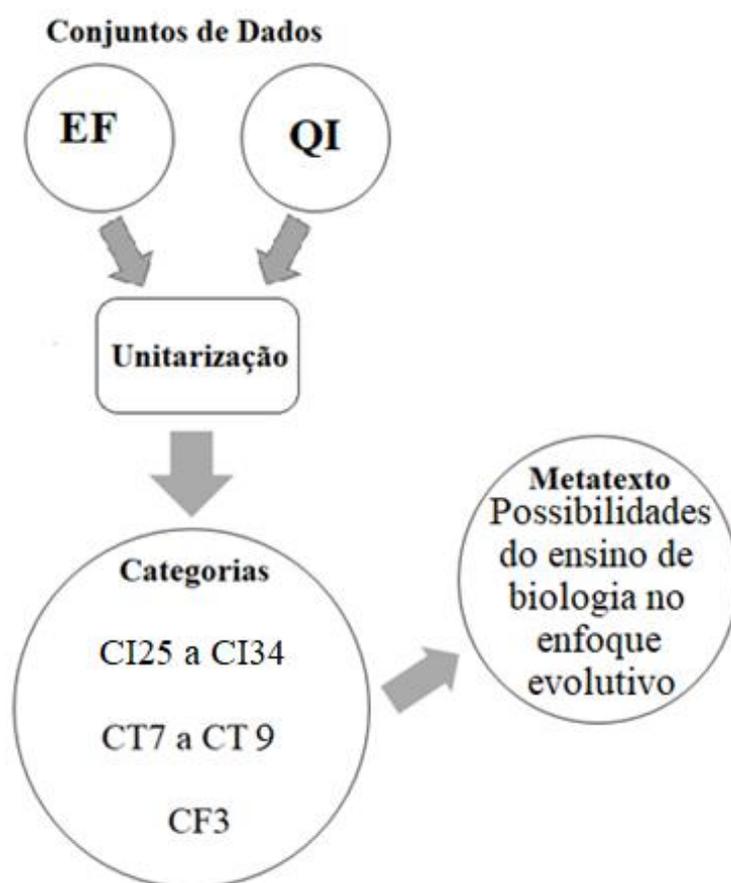
Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa.

Na composição do segundo metatexto, que buscava responder à seguinte questão-problema: *Como os professores em formação inicial construíram o conhecimento sobre evolução durante o planejamento e a prática pedagógica?*, foram triangulados os conjuntos de dados do Questionário Inicial (QI), principalmente, e das Sequências Didáticas (SD), de maneira a possibilitar trechos dos Encontros do Grupo Focal (EGF). No movimento de construção das categorias com esses dados, foi possível construir três quadros com categorias iniciais (CI12 a CI24), que gerou três categorias intermediárias (CT4 a CT6) e uma final (CF2). Esse movimento de construção das categorias está descrito na subseção 4.3., nomeada de: *Tempestade de luz sobre a constituição de formas de pensamento*.

Após a segunda tempestade de luz, apresentamos o segundo metatexto, que consta na subseção 4.4., nomeada de: *Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo*.

Já a Figura 7, a seguir, apresenta a síntese do processo de construção do terceiro e último metatexto:

Figura 7 – Esquema da triangulação dos dados na elaboração do terceiro metatexto



Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da pesquisa.

Para construir o último metatexto desta análise, que buscava responder à terceira questão-problema: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?*, foram utilizados os seguintes conjuntos de dados: as Entrevistas Finais (EF), principalmente, e o Questionário Inicial (QI). No movimento de construção das categorias com esses dados, foi possível construir três quadros com categorias iniciais (CI25 a CI34), três intermediárias (CT7 a CT9) e uma final (CF3). O movimento de construção das categorias está apresentado na subseção 4.5., intitulada de: *Tempestade de luz sobre as possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo*.

Após o movimento, apresentamos o último metatexto, presente na subseção 4.6, intitulado: *Possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo*.

Desse modo, compreendemos a ATD como uma análise qualitativa de dados textuais, tendo como ponto de partida o texto que compunha o quantitativo de dados, ou seja, o *corpus* de análise, passando por sua desconstrução, bem como reorganização em unidades de sentido e categorias, o que culminou na produção de novos sentidos e compreensões com a construção de metatextos. Durante todo esse percurso, o pesquisador precisa estar mergulhado em seus dados a fim de construir e reconstruir constantemente novos significados e conhecimentos sobre seu fenômeno pesquisado.

Veremos, no próximo capítulo, mais detalhadamente, como foram realizadas as análises e o processo de construção dos três metatextos, que emergiram dos conjuntos de dados escolhidos para esta pesquisa, e a sua devida discussão com outras pesquisas, dados e autores.

CAPÍTULO 4 – As concepções dos professores em formação inicial acerca da evolução biológica, ensino e prática pedagógica no enfoque evolucionista

Buscamos, nas respostas às questões-problema, inicialmente estabelecidas, que configuraram os diferentes conjuntos de dados utilizados, por padrões de respostas, seguindo os passos da técnica da Análise Textual Discursiva (ATD), além de acompanhar o ciclo da tempestade de luz (Figura 4), a saber: *unitarização, categorização e novo emergente*.

Identificamos, em nossa análise, o surgimento de três categorias emergentes finais: (i) *Significados da evolução biológica e seu ensino*; (ii) *Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo*; e (iii) *Possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo*, que geraram nossos três metatextos, conforme as figuras 5, 6 e 7, anteriormente apresentadas, que serviram para a organização dos resultados e das discussões.

Para facilitar a leitura, organizamos este capítulo de modo que, na primeira subseção (4.1.), apresentamos o movimento de construção das categorias e, na segunda subseção (4.2.), o primeiro metatexto construído e sua devida discussão. Utilizamos a mesma sequência para os demais movimentos de construção de categorias (nas subseções 4.3. e 4.5.) e metatextos (nas subseções 4.4. e 4.6.).

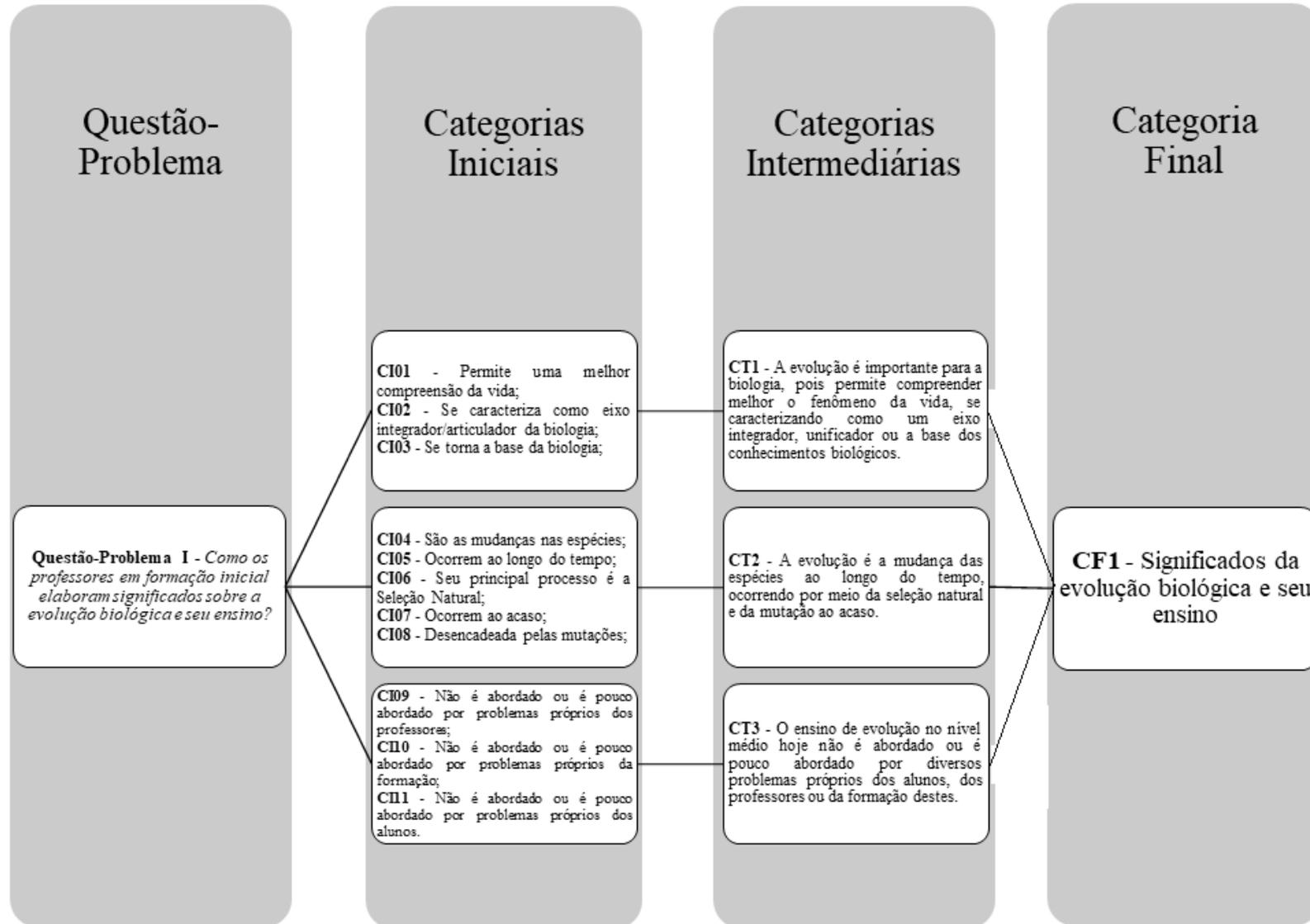
4.1. Tempestade de luz sobre os significados da evolução e seu ensino

O primeiro emergente, identificado na análise triangulada dos dados obtidos do Questionário Inicial (QI) e dos Encontros do Grupo Focal (EGF), foi chamado de “*Significados da evolução biológica e seu ensino*”, por constituírem as concepções iniciais dos professores em formação inicial. Esse emergente foi construído buscando responder à primeira questão-problema estabelecida, que foi: *Como os professores em formação inicial elaboram significados sobre a evolução biológica e seu ensino?*

Os conjuntos de dados (QI e EGF) forneceram o material textual para a desconstrução e unitarização e, a partir dessa análise, emergiram as categorias, que, conforme Moraes e Galiuzzi (2011), foram agrupadas em: *Categorias Iniciais, Categorias Intermediárias e Categorias Finais*. Nesse primeiro movimento de construção das categorias, apresentamos como emergiram a partir das unidades de sentido selecionadas e como foram sendo sintetizadas a partir das categorias iniciais até chegar à final, que nomeia o primeiro metatexto.

Visando sistematizar a compreensão desse movimento de construção das categorias, elaboramos o esquema da figura 8, na sequência:

Figura 8 – Esquema do primeiro emergente



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Nessa figura (Figura 8), podemos identificar o movimento realizado para a elaboração das primeiras categorias. Partindo da questão-problema inicial, que é “*Como os professores em formação inicial elaboram significados sobre a evolução biológica e seu ensino?*”, selecionamos, no conjunto de dados do QI, os termos ou sentenças que responderam a essa questão e que compuseram as unidades de sentido, as quais geraram as categorias iniciais.

Para estabelecer as categorias iniciais, subdividimos a questão-problema inicial em três subquestões, que são: *Por que a evolução é importante para o conhecimento biológico? O que significa evolução para você?* e *Qual a situação do ensino de evolução no nível médio hoje?* Essas subquestões são uma síntese ou ressignificação das questões do Questionário Inicial, após a leitura analítica do *corpus*, sua fragmentação e desconstrução para a identificação das unidades de sentido.

Assim, cada subquestão dessas originou um quadro com categorias iniciais e, conseqüentemente, cada quadro gerou uma única categoria intermediária na sequência. Por fim, as três categorias intermediárias são sintetizadas na categoria final, que vai nomear o nosso primeiro metatexto.

Partiremos, agora, para a análise das categorias, explicando como foram elaboradas e como se articularam na elaboração do primeiro metatexto.

- ***Por que a evolução é importante para o conhecimento biológico?***

Nesse ponto da análise, buscamos entender como os professores em formação inicial compreendiam a importância da evolução para o conhecimento biológico e, para isso, analisamos duas questões do QI, que foram as questões 7 e 8, a saber: *Para você, qual a importância da evolução dentro da biologia (Ciências Biológicas)? e Analise a afirmação e depois responda: ‘A evolução é considerada por quase unanimidade dos cientistas, o conceito mais importante da biologia, pois considera o pensamento evolutivo o eixo central e unificador das Ciências Biológicas. A evolução é tipicamente entendida como um elemento indispensável para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nessas ciências (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 123)’. Você concorda ou discorda dos autores? Argumente e exemplifique se necessário.*

As respostas a essas questões permitiram a identificação das unidades de sentido e a elaboração das categorias iniciais, conforme o Quadro 5, na sequência:

Quadro 5 – Categorias elaboradas a partir das questões 7 e 8 do QI

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
nos permite compreender as relações dos seres vivos (A2); explica a diversidade da vida (A2); entender a evolução traga mais clareza (A3); compreensão do universo e dos seres vivos (A4); facilita toda a compreensão [da biologia] (A4); fundamental para compreendermos todo o sistema funcional da planta, do animal, do ser humano (A6); torna a compreensão de outros conceitos mais clara (A8); entender diversificações e ecologia de grupos (A9); a importância de compreendê-la é indiscutível (A10); são harmônicas [informações da biologia; “conceitos”] quando explicadas a partir de aspectos evolutivos (A10);	<i>Permite uma melhor compreensão da vida</i>	CI01
a evolução como eixo integrador da biologia (A1); grande capacidade de integrar os diferentes assuntos [da biologia] (A1); a evolução integra os assuntos da biologia (A1); a evolução abrange diversos assuntos dentro das ciências biológicas (A2); compreensão de como estão interligadas todas as linhagens de seres vivos extintos ou não (A5); a evolução é o elemento que liga os conceitos (A5); uma teoria e/ou conceito que une todas as áreas da biologia (A12); essa capacidade que a Evolução possui de “unificar” dentro das Ciências Biológicas (A3); a evolução faz com que todas as áreas [das Ciências Biológicas] se comuniquem (A7); a evolução é um eixo articulador entre todas as áreas e subáreas das Ciências Biológicas (A7); um dos eixos que fazem da biologia uma ciência (A10); a evolução de certa forma unifica a biologia (A11); une todas as áreas da biologia (A12);	<i>Se caracteriza como eixo integrador/unificador da biologia</i>	CI02
a evolução é a base da Ciências Biológicas (A8); a evolução é a base da biologia atual (A13); a evolução é a base para a biologia (A13);	<i>Se torna a base da biologia</i>	CI03

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

É possível verificar que os professores em formação inicial construíram formas de pensamento, que ressaltam a importância da evolução para a biologia, a qual perpassa pela compreensão do fenômeno da vida e atua como seu eixo orientador. A categoria, com maior número de respostas, foi *CI01. Permite uma melhor compreensão da vida*, que está amparada em uma concepção de que a evolução facilita a compreensão dos fenômenos da vida.

Depois, temos a categoria *CI02. Se caracteriza como eixo integrador/unificador da biologia*, apontando que, mesmo que os professores em formação inicial ainda não tivessem uma noção de como seriam as atividades da pesquisa, eles já traziam uma ideia de que a evolução apresenta um papel fundamental, a qual é defendida por alguns autores, como o ponto chave da biologia, o eixo articulador de todo o conhecimento biológico.

Na última categoria desse quadro, temos *CI03. Se torna a base da biologia*, que se refere à evolução como o alicerce, o fundamento da biologia atual, o que se difere um pouco do

entendimento da evolução como eixo articulador. Quando os professores em formação inicial apontam para a evolução como base da biologia, estão se referindo aos fundamentos, aos alicerces da biologia, o que não coaduna, a nosso ver, com a biologia como eixo integrador/articulador.

Com estas categorias, CI01, CI02 e CI03, foi possível sintetizá-las na seguinte categoria intermediária (CT1):

CT1	<i>A evolução é importante para a biologia, pois permite compreender melhor o fenômeno da vida, se caracterizando como um eixo integrador, unificador e a base dos conhecimentos biológicos.</i>
------------	--

Desse modo, em resposta à questão-temática: *Por que a evolução é importante para o conhecimento biológico?*, temos que a evolução é importante por permitir uma melhor compreensão do fenômeno da vida, configurando-se como um eixo integrador ou articulador e, ainda, a base dos conhecimentos biológicos. Isso significa que os professores em formação inicial reconhecem inicialmente a importância do pensamento evolutivo para a compreensão do conhecimento biológico em todas as suas faces.

Vemos, com destaque, a concepção que os professores em formação inicial apresentaram inicialmente de que o pensamento evolutivo é especialmente importante para a compreensão do conhecimento biológico, haja vista que, para o desencadeamento de todas as atividades da pesquisa, que seguiram, deveriam partir dessa premissa.

Na sequência, investigamos como os professores em formação inicial conceituavam a evolução, para entendermos se suas concepções iniciais estavam alinhadas com os propósitos da pesquisa, ou se haveria a necessidade de fazer alguns ajustes.

- ***O que significa evolução para você?***

Para buscar compreender mais especificamente como os professores em formação inicial conceituavam a evolução biológica, realizamos uma questão mais direta, a questão 3 do QI, a saber: *Como você define EVOLUÇÃO? Exemplifique se necessário.* Logo, das respostas obtidas, selecionamos as seguintes unidades de sentido, que estabeleceram as categorias iniciais, elencadas no Quadro 6, a seguir:

Quadro 6 - Categorias elaboradas a partir da questão 3 do QI

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
processo de mudança (A1); não está ligado a progresso, melhora ou sucesso (A1); mudanças (A6); mudanças fenotípicas (A6); modificações aleatórias (A7); são as mudanças genotípicas (A8); mudança no caractere fenotípico (A9); descendência com modificação (A10); mudança da frequência gênica (A11) e (A12); mudanças principalmente fenotipicamente (A12);	<i>São mudanças nas espécies</i>	CI04
ao longo do tempo (A1); evoluem ao longo do tempo (A2); ocorrem ao longo do tempo (A6); ao longo do tempo (A11); ao longo do tempo (A12);	<i>Ocorrem ao longo do tempo</i>	CI05
esse processo ocorre através de seleção natural (A1); a seleção natural age (A2); diferentes caracteres que serão selecionados ou eliminados (A5); a característica é selecionada (A7); através da seleção natural (A13);	<i>Seu principal processo é a Seleção Natural</i>	CI06
os indivíduos são selecionados aleatoriamente, ou seja, ao acaso (A1); selecionados ou eliminados ao acaso (A5); aleatoriamente (A6); modificações aleatórias (A7); a característica é selecionada ao acaso (A7); mudança aleatória (A9);	<i>Ocorrem ao acaso</i>	CI07
mutação (A1); o quesito para que ocorra esse processo é a mutação (A5); são mudanças genéticas (A6); ocorre através da mutação (A8); mudança aleatória em um caractere genético (A9);	<i>Desencadeada pelas mutações</i>	CI08

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

A primeira categoria é *CI04. São mudanças nas espécies*, que se refere à conceituação mais atual e aceita na comunidade científica para definir evolução: de que ela está relacionada às mudanças que ocorrem nas populações, tanto em nível micro, nos genes, quanto em nível macro, nos organismos, populações, comportamentos etc. Ou seja, as concepções de evolução, embora vejamos, na sequência, ainda serem um pouco deterministas, vêm ao encontro da concepção de evolução esperada dos acadêmicos de biologia, que cursavam o último ano, de quem esperávamos ter uma concepção mais apropriada da evolução, mesmo que tenham aparecido algumas unidades de sentido apontando para o progresso.

A segunda categoria é *CI05. Ocorrem ao longo do tempo*, que complementa a primeira, uma vez que as mudanças nas populações ocorrem ao longo de milhares de anos, sendo de se esperar que compreendessem a longa história da vida sobre o planeta. Os conhecimentos científicos contemporâneos remontam a uma história da Terra de, no mínimo, 4,5 bilhões de anos e uma história do surgimento das primeiras formas de vida de, no mínimo, 3,5 bilhões de anos.

A terceira categoria é *CI06. Seu principal processo é a seleção natural*, que destaca um dos principais, mas não único, processo responsável por forjar toda a diversidade de vida no planeta na evolução das espécies. Entretanto, como vimos, a seleção natural, proposta independentemente por Darwin e Wallace, foi um processo evolutivo com muita rejeição no primeiro momento e depois houve a necessidade de muito tempo, além de refinamentos para ser aceito como mecanismo evolutivo.

A quarta categoria é *CI07. Ocorrem ao acaso*, a qual se refere à forma com que as mudanças nas espécies ocorrem, demonstrando novamente que a concepção desses professores, em formação inicial, estacionou na compreensão da teoria sintética da evolução, desconsiderando as discussões mais atuais da Síntese Estendida, que apontam para outros mecanismos evolutivos não-aleatórios, mas com determinado grau de orientação (não confundindo com intencionalidade).

E a última categoria, que é *CI08. Desencadeada pelas mutações*, relaciona-se ao conhecimento por parte dos professores em formação inicial de um único processo gerador de mudanças nas espécies, que serão selecionadas ou não pelo processo de seleção natural. É sabido que, mesmo dentro da Teoria Sintética, o processo de mutação não é o único que gera variabilidade genética, mas também temos a recombinação; mais contemporaneamente, na Síntese Estendida, temos a transferência horizontal de genes, a hibridização, a epigenética, dentre outros.

Essas cinco categorias (CI04, CI05, CI06, CI07 e CI08), após uma análise sintética, propiciaram a construção de uma categoria de nível intermediário (CT2), conforme segue:

CT2	<i>A evolução é a mudança das espécies ao longo do tempo, ocorrendo por meio da seleção natural e da mutação ao acaso.</i>
------------	--

Assim, buscando responder à questão, *O que significa evolução para você?*, a resposta pode ser dada como a mudança das espécies ao longo do tempo, que ocorre por seleção natural e mutações ao acaso. Como vimos, embora seja uma resposta adequada do ponto de vista do pensamento evolutivo contemporâneo, ainda assim, apresenta equívocos epistemológicos, como o de identificar a seleção natural e a mutação como únicos processos desencadeadores de toda a diversidade de vida sobre o planeta.

Diante da posse da compreensão dos professores em formação inicial acerca da evolução, seguimos investigando como eles entendiam epistemologicamente a evolução e agora

mais voltado ao seu ensino. Para tanto, foram questionados sobre como enxergavam o ensino de evolução biológica no Ensino Médio atualmente.

- ***Qual a situação do ensino de evolução no nível médio hoje?***

Buscando compreender a visão dos professores em formação inicial sobre o seu campo de trabalho, sintetizamos a questão 9 e 10 do QI, a saber: *Você aprendeu sobre EVOLUÇÃO no Ensino Médio? Como foram estas aulas (metodologia e/ou didática empregadas)? Comente sobre o que lembrar. e Analise a problemática e depois responda: “Quando se trata do ensino de evolução biológica enfrentamos diversos problemas, pois como aponta Oleques et al. (2011) este é um tema polêmico e os professores apresentam dificuldades em trabalhá-lo, que além da falta de tempo, apontam como outros empecilhos as formações iniciais e continuada ineficazes ou inexistentes, a falta de domínio conceitual, o fato do tema ser conflitante com suas crenças pessoais, entre outros”.* Como você avalia o ensino de evolução no nível médio hoje em dia? Você concorda com a colocação acima? Em que pontos? Discorda em que pontos? Argumente e exemplifique se possível.

As respostas geraram as categorias iniciais, que constam, nos Quadro 7, a seguir:

Quadro 7 - Categorias elaboradas a partir das questões 9 e 10 do QI

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
os próprios professores se sentem inseguros (A1); os professores apresentam dificuldades em trabalhar esse tema (A2); pelo fato de ser polêmico e entrar em conflito com diversas crenças (A2); medo de abordar assuntos que possam gerar discussões sobre crenças (A3); um professor apesar de ter suas crenças pessoais deve conseguir abordar a temática evolução (A4); fato do tema ser conflitante com as crenças pessoais (A5); a evolução deve estar presente na fala do professor diariamente (A5); é possível transmitir conhecimento sob um olhar evolutivo (A5); é um tema de difícil domínio conceitual e de compreensão (A6); falta de domínio por parte dos professores (A7); conflitante com as crenças dos professores (A8); o professor entenda que não existem verdades absolutas (A10); cabe ao professor buscar formas criativas de fazer o ensino (A10); o professor não precisa ser um especialista no assunto (A10); os professores de biologia muitas vezes não compreendem esse conteúdo direito (A13);	<i>Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos professores</i>	CI09
a formação do professor ser ineficaz para abordar esse assunto (A2); formações serem ineficazes (A3); falta domínio conceitual (A3); a formação de profissionais da educação encontra-se em déficit (A5); a falta de domínio conceitual é resultado dessa formação insuficiente (A5); ensino não crítico e mecânico das teorias desenvolvidas (A9); basta que o	<i>Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios da formação</i>	CI10

professor entenda que não existem verdades absolutas (A9); não ter tido uma formação satisfatória para ensinar evolução na biologia (A10); a abordagem da evolução na graduação deixa a desejar (A11); ele é pouquíssimo retratado na graduação (A12);		
os alunos [...] demonstram uma grande resistência (A1); alunos apenas aprendem mecanicamente o conteúdo (A3); é passado [...] geralmente de forma muito confusa (A6); os alunos ficam com ideias erradas de evolução (A6); professores optam por não trabalhá-lo por ser conflitante com crenças dos alunos (A7); as crenças pessoais não devem fazer parte da discussão científica sobre evolução (A10); é um tema de difícil domínio conceitual e de compreensão (A6);	<i>Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos alunos</i>	CI11

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

As categorias, elaboradas a partir das respostas dos professores em formação inicial, refletem o que as pesquisas em ensino de evolução atualmente vêm demonstrando, a saber, um quadro deficitário, recheado de problemas e dificuldades. A primeira categoria é *CI09. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos professores*, que se refere a problemas pessoais do professor, como suas crenças pessoais, que, muitas vezes, o impedem de abordar os conhecimentos científicos apropriadamente.

A segunda categoria é *CI10. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios da formação*, que está relacionada com a primeira, mas versa especificamente sobre os problemas relacionados à formação inicial e/ou continuada dos professores de biologia. Concordamos que, atualmente, a formação inicial ou continuada dos professores de biologia está repleta de lacunas, falhas, problemas e desafios nunca superados, o que gera uma prática incompleta, inapropriada e ineficiente do ensino de evolução.

A última categoria é *CI11. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos alunos*, que se refere aos problemas pessoais dos próprios alunos, como suas crenças pessoais, sua formação religiosa, os obstáculos epistemológicos, construídos ao longo da carreira escolar, as dificuldades de aprendizagem, entre outros.

O trecho de resposta de A6: *é um tema de difícil domínio conceitual e de compreensão (A6)* foi enquadrado em duas categorias diferentes (CI09 e CI11), por entendermos que, tanto para o professor de biologia quanto para os alunos, o tema evolução biológica é de difícil compreensão, uma vez que os outros problemas apresentados, como a má formação, as crenças pessoais, as dificuldades de aprendizagem, interferem na forma com que os alunos e professores vão compreender a evolução. Isso desencadeia um efeito dominó ao ensino-aprendizagem de evolução biológica, ocasionando as deficiências apresentadas.

As categorias iniciais CI09, CI10 e CI11 permitiram uma sintetização na categoria intermediária (CT3), a seguir:

CT3	<i>O ensino de evolução no nível médio hoje não é abordado ou é pouco abordado por diversos problemas próprios dos alunos, dos professores ou da formação destes.</i>
------------	---

Desse modo, tivemos um panorama deficitário na visão dos professores em formação inicial sobre o ensino de evolução biológica no Ensino Médio brasileiro atualmente. As problemáticas, apresentadas pelos professores em formação inicial, em suas respostas, vão ao encontro das informações elencadas por diferentes pesquisas sobre o ensino e aprendizagem de evolução biológica no mundo e, especificamente, no Brasil, hoje.

Como resposta a essas problemáticas, este trabalho foi idealizado, com a finalidade de contribuir para a reflexão epistemológica necessária e para a ação prática de melhoria no ensino e aprendizagem de evolução biológica na escola pública. Para tanto, os professores em formação inicial, que participaram desta pesquisa, tiveram a oportunidade de conhecer os problemas, estudá-los, construir propostas para superá-los e implementá-las, avaliando-as e refletindo sobre sua efetividade.

Ao final desse movimento de construção das categorias iniciais (CI01 a CI11), que foram posteriormente sintetizadas nas categorias intermediárias (CT1 a CT3), foi possível constituir uma única categoria, a final “*Significados da evolução biológica e seu ensino*”, que visa responder à questão-problema inicialmente colocada. Essa categoria final nomeia o primeiro metatexto, que será analisado e devidamente discutido na próxima subseção.

4.2. Primeiro Metatexto – Significados da evolução biológica e seu ensino

Nesta seção, apresentamos o primeiro metatexto, que emergiu da síntese das categorias iniciais e intermediárias, conforme é possível visualizar, na Figura 8, anteriormente explicitada. Logo, para iniciar nossa análise, buscamos discutir a importância dada pelos professores em formação inicial à evolução, de forma que recorreremos à subquestão “*Por que a evolução é importante para o conhecimento biológico?*”, seu respectivo quadro de categorias iniciais e sua categoria intermediária.

A ideia está presente no conjunto das quatro categorias do Quadro 5, que são: *CI01. Permite uma melhor compreensão da vida*, *CI02. Se caracteriza como eixo*

integrador/unificador da biologia, CI03. Se torna a base da biologia, reside na visão de que o conhecimento evolutivo tem papel central na compreensão dos fenômenos biológicos.

A primeira categoria inicial (CI01) demonstra que os professores em formação inicial compreendem a evolução como o conceito que guia o estudo da vida, a biologia. Isso corrobora a visão de autores como Meyer e El-Hani (2005, p. 77), em que “[...] a evolução pode ser vista como uma ferramenta que nos ajuda a dar sentido ao mundo natural”. E, ainda, com Mayr (2009, p. 15), ao afirmar que a evolução é o conceito mais importante da biologia; todavia, essa importância extrapola a compreensão biológica da vida, pois “o pensamento do homem moderno, quer percebamos isso ou não, é profundamente afetado – quase se tem a tentação de dizer determinado – pelo pensamento evolucionista”.

Para Meyer e El-Hani (2005, p. 123):

A maior parte da comunidade científica considera o pensamento evolutivo o eixo central e unificador das Ciências Biológicas. A evolução é tipicamente entendida como um elemento indispensável para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontrados nessas ciências.

E, para Mayr e Reichardt (1977, p. 1):

A teoria evolutiva é considerada com razão a mais unificante das teorias da biologia. Antes de terem sido interpretados pela teoria da evolução, a diversidade dos organismos, as semelhanças e diferenças entre tipos de organismos, os padrões de distribuição e comportamento, a adaptação e a interação representavam apenas um terrificante caos de fatos. Não existe área da biologia em que esta teoria tenha deixado de funcionar como um princípio ordenador.

Assim, fica evidente o ponto de partida do pensamento construído nesta pesquisa, no qual o conhecimento evolutivo se destaca por organizar e unificar o conhecimento das Ciências Biológicas. Essa ideia confirma o que apontam Meyer e El-Hani (2005, p. 114): “o pensamento evolutivo é o eixo organizador do conhecimento biológico”. A partir dessa premissa, conseguimos compreender não só os mecanismos que originaram toda a biodiversidade existente no planeta, hoje, mas também foi possível traçar sua história e remontar aos seus princípios, de maneira mais racional e objetiva, livre de dogmatismos, pois, segundo esses autores, com o que concordamos plenamente, “pensar biologicamente é pensar evolutivamente” (id.).

Esse ponto de vista, sobre a importância da evolução para a biologia, vai ser reforçado nas demais categorias do Quadro 5, em que os professores em formação inicial identificam a evolução como eixo integrador ou unificador da biologia.

A segunda categoria (CI02) perpetua a ideia de que o conhecimento evolutivo integra e unifica os conhecimentos biológicos. Os professores em formação inicial, ao se referirem à evolução como eixo integrador e articulador, estão compreendendo a evolução como um elemento que inter-relaciona as áreas diferentes das Ciências Biológicas, visando facilitar o entendimento das múltiplas-relações que se estabelecem. Referem-se à ideia de que a evolução cumpriu, durante seu surgimento e nas décadas posteriores, um papel de criar uma área única, um todo coerente das Ciências Biológicas, unindo-as numa ciência única, a Biologia.

Para Smocovitis (1992), a biologia tornou-se não só uma ciência unificada e empírica, mas uma ciência madura, segura de seus fundamentos e bem posicionada na ordenação positivista do conhecimento em meados do século XX, quando passou a configurar-se em uma ciência axiomática com os seus próprios princípios lógicos, não estando mais na era metafísica do desenvolvimento. A evolução emprestou a unidade de ciência madura à biologia e propiciou a unificação da ciência; e a biologia evolutiva emergiu como o ponto central de unificação dessa ciência.

Essas ideias de unificação provocaram a comunidade de biólogos a examinar o que poderia dar unidade a uma *ciência biologia* em meio aos diversos e fragmentados ramos dos conhecimentos biológicos. O processo originou-se em torno de uma resignificação, em bases genéticas, da teoria da Evolução proposta por Charles Darwin em 1859, quando publicou sua obra *A origem das espécies* (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 38-39, grifos das autoras).

Assim, concordamos com as autoras e com as categorias apontadas sobre a importância fulcral da evolução na emancipação e unificação do conhecimento biológico, em uma ciência da biologia, em meados do século XX. Ademais, com a evolução como eixo integrador e articulador da biologia como ciência e disciplina escolar.

Desse modo, consideramos imperativo que os futuros professores de ciências e biologia compreendam a importância epistemológica do conhecimento evolutivo na unificação e articulação dos conhecimentos biológicos, visando ao conhecimento da natureza dessa ciência e de seu objeto de trabalho nas referidas disciplinas escolares.

Por fim, a categoria CI03, mesmo que também pareça semelhante à categoria CI02, do Quadro 5, foi dela desmembrada, por possuir um sentido que entendemos ser de um conceito alicerce, fundamento dos demais conhecimentos biológicos, ou seja, aquele que deve oferecer o suporte, a base para a compreensão dos demais.

Quando avançamos para a análise das concepções dos professores em formação inicial sobre evolução, verificamos, no Quadro 6, a construção de cinco categorias iniciais, que foram:

CI04. São mudanças nas espécies, CI05. Ocorrem ao longo do tempo, CI06. Seu principal processo é a Seleção Natural, CI07. Ocorrem ao acaso e CI08. Desencadeada pelas mutações.

No geral, vemos, com esse movimento, que, embora estejam corretas do ponto de vista do conhecimento evolutivo, essas concepções estacionaram na teoria sintética, uma vez que não encontramos termos ou sentenças que remetessem a uma concepção mais completa dos mecanismos evolutivos, ou seja, não observamos argumentos ou discussões referentes à síntese estendida da evolução nas respostas dos participantes da pesquisa.

A primeira categoria (CI04), que trata da evolução como mudança nas espécies, corrobora Ridley (2007, p. 28), ao explicar que:

Evolução significa mudança, mudança na forma e no comportamento dos organismos ao longo das gerações. As formas dos organismos, em todos os níveis, desde seqüências de DNA até a morfologia macroscópica e o comportamento social, podem ser modificadas a partir daquelas dos seus ancestrais durante a evolução.

E com Futuyma (2002, p. 7), embora esse autor destaque, em sua definição, as populações:

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA (ou EVOLUÇÃO ORGÂNICA) é a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo. [...] As mudanças nas populações que são consideradas evolutivas são aquelas herdáveis via material genético, de uma geração para a outra. A evolução biológica pode ser pequena ou substancial; ela abrange tudo, desde pequenas mudanças na proporção de diferentes alelos dentro de uma população [...], às alterações sucessivas que levaram os primeiros proto-organismos a se transformarem em caramujos, abelhas, girafas e dentes-de-leão (grifos do autor).

Já as demais categorias (CI06, CI07 e CI08), são demasiadamente limitantes do ponto de vista das teorias contemporâneas da evolução. Ao apontar que a seleção natural e a mutação são os principais processos evolutivos, os professores em formação inicial desconsideraram outros processos presentes na própria teoria sintética, como a deriva e a recombinação gênicas, por exemplo, e elucidações posteriores, desenvolvidas na síntese estendida, como a epigenética, a plasticidade fenotípica e a construção do nicho, por exemplo.

Devemos nos lembrar que a própria formulação da teoria sintética da evolução foi um processo longo e conturbado, que ocorreu, principalmente, entre 1930 e 1950, após longas divergências e disputas no campo científico. Para Huxley e Mayr, houve um consenso na constituição de uma síntese, se considerarmos as duas principais tradições de pesquisa – os naturalistas e os experimentalistas –, pois não houve uma teoria que unisse à outra, mas um

consenso de que a observação metódica das populações naturais, associada à experimentação rigorosa, seria necessária e suficiente para o alcance da síntese (ARAÚJO, 2006a).

Todavia, não muito tempo após o estabelecimento dos conhecimentos da teoria sintética da evolução, construída a várias mãos, os evolucionistas modernos perceberam que existiam outros processos, que são capazes de gerar mudanças nas espécies, os quais foram excluídos ou ignorados pelos arquitetos da síntese (ARAÚJO, 2006a; ARAÚJO, 2006b). Os seus trabalhos estão sendo revistos e reinterpretados à luz do conhecimento estabelecido existente, sendo necessário aos futuros biólogos e professores de biologia:

[...] transitar epistemologicamente entre os diferentes contextos filosóficos e históricos da biologia, de forma a ressignificar os conceitos de acordo com o avanço das pesquisas empíricas e teóricas das Ciências Biológicas, características de diferentes cenários heurísticos e investigativos para readequar os conteúdos às mudanças contemporâneas e para considerar, ainda, a natureza integrada da biologia e do processo evolutivo (CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016, p. 4).

Esses conhecimentos, abandonados e desvalorizados pela Teoria Sintética, mas que permaneceram latentes nas pesquisas e nas publicações de alguns pesquisadores (evolucionistas ou não), foram nominados como Síntese Estendida da Evolução, ao final do século XX e início do século XXI, e nos fazem refletir sobre conceitos, como a plasticidade fenotípica, a biologia evolutiva do desenvolvimento, a herança inclusiva e a construção do nicho principalmente. “A incorporação de novos conceitos demonstra que a síntese moderna é uma sistematização flexível da evolução biológica e, portanto, está aberta a mudanças, desde que elas sejam comprovadamente importantes para o processo evolutivo” (MOURA; BARTOLETI; BRITO, 2016, p. 46).

Entretanto, trabalhos, como o de Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016), demonstram que há um distanciamento entre esses últimos conhecimentos incorporados ao grande paradigma evolutivo, aos livros didáticos e currículos de formação de profissionais das ciências biológicas. Esse distanciamento gera uma incompreensão da complexa rede de processos e mecanismos evolutivos, o qual pode acarretar o desconhecimento por parte dos biólogos e professores de biologia que temos formado, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que demonstrem o caráter integrador entre as teorias evolutivas antigas e atuais, incorporando-as à formação inicial desses profissionais.

Assim, buscamos, em alguns trechos dos EGF, diálogos que reforçassem esse desconhecimento dos conceitos mais atuais acerca dos processos evolutivos, contidos na síntese estendida, como vemos no primeiro encontro, **EGF 1**. Nesse encontro, mais especificamente

nesse momento do diálogo, estávamos discutindo sobre a importância da evolução para a biologia e surgiram os seguintes discursos:

(A9) Se utilizaram muito da palavra evolução que diz que ela tem duplo sentido e em se tratando de evolução biológica não existe este sentido, são mudanças aleatórias que acontecem ou não...

(P) O texto fala de direcionalidade, que as mudanças na evolução biológica não são direcionais...

(A9) Inclusive a probabilidade de você ter uma mudança que seja deletéria, ou seja, que causa um dano ao indivíduo é muito maior do que uma mudança que causa bem ao indivíduo...

Nesse trecho, em que há um diálogo entre o A9 e o pesquisador, é possível identificar o reforço da aleatoriedade dos processos evolutivos, o que demonstra um desconhecimento dos processos não-aleatórios de variação genética. Para Jablonka e Lamb (2010), desde o estabelecimento da teoria sintética, os biólogos evolucionistas adotaram quase cegamente o dogma de que as variações genéticas derivavam de um processo aleatório e acidental. Porém, a partir de 1988, iniciado com o microbiologista John Cairns (1922-2018), esse modo de pensar começou a ser posto em dúvida, quando demonstraram, por experimentos com bactérias, por exemplo, que algumas mutações são produzidas em resposta às condições de vida e de necessidades do organismo, de forma que, portanto, não eram processos inteiramente aleatórios.

As autoras ainda afirmam que “hoje há boas evidências experimentais, assim como razões teóricas para pensar que a produção de mutações e de outros tipos de variação genética não é um processo totalmente desregulado” (JABLONKA; LAMB, 2010, p. 104). Todavia, a maioria dos professores em formação inicial não manifestou conhecimento acerca desses processos não-aleatórios (e não intencionais).

Assim, concordamos com Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p. 3-4) que:

É necessário que essa articulação também seja refletida nos âmbitos epistêmicos e didáticos, uma vez que a atividade e produção científica contemporânea (tanto teórica quanto empírica) devem ser conteúdo de discussões e reflexões nos cursos de Ciências Biológicas. A importância da inserção da produção científica atual nos cursos de formação de professores é justificado por possibilitar o contato dos estudantes com questões científicas recentes e, sobretudo, por fornecer subsídio teórico consistente acerca das teorias que serão mobilizadas futuramente por eles e que, portanto, devem ser parcimoniosamente compreendidas a partir de referências nacionais e internacionais.

Entretanto, mais à frente, nas discussões dos encontros do EGF, um professor em formação inicial apresentou, à discussão, esse ponto, ou seja, de que a evolução não ocorre apenas pelos processos antes descritos. Mas, como o grande grupo e outros colegas não apresentam conhecimentos suficientes para aprofundar-se, o assunto não é aprimorado ou tomado como foco nas discussões futuras. No discurso do **EGF 1**, é possível identificar um princípio de discussão acerca dessa temática. O diálogo, que estava sendo desenvolvido, abordava os pontos incorporados ou refutados por Darwin em sua teoria evolutiva, em comparação à teoria lamarckista.

(A10)[inaudível] tem uns estudos agora, eu não cheguei a ler nada sobre, mas já ouvi falar de que o medo, tem estudos que dizem que pode ser passado de geração para geração, eles defendem essa ideia [inaudível]...

(P) Tem um nome para isso, que é a epigenética... é um ramo dentro da genética que trata dessa transmissão de fatores extra-DNA, considerados extra-DNA...

(A11) Considerados extra-DNA, que no caso na epigenética eles daí inserem no DNA, tipo como se o medo fosse genético...

(P) Não necessariamente que seria genético, mas seria algo que poderia ser transmitido... não só esse fator de comportamento, o medo... mas vários outros fatores de comportamento, são estudados hoje...

(A9) Fator comportamental entra no pensamento social coletivo, aí ele não pode ser individualizado, por exemplo, você não tem como dizer que eu adquiri o medo porque estava no DNA do meu pai, você não pode individualizar, porque esse contexto do pensamento social coletivo [...]

Vemos que a discussão recai sobre processos evolutivos de herança não relacionada com o DNA ou herança extragenética, chamada de epigenética (JABLONKA; LAMB, 2010; CESCHIM; OLIVEIRA; CALDEIRA, 2016). A epigenética é um tipo de herança não-mendeliana, por meio da qual os indivíduos parentais transmitem à sua prole características adquiridas no transcorrer do desenvolvimento e que interferem na regulação gênica por meio de mecanismos moleculares (MOURA; BARTOLETI; BRITO, 2016).

Esse tipo de herança extragenética foi conhecido a partir de 1975 por artigos de dois biólogos britânicos e um norte-americano, Robin Holliday, John Pugh e Arthur Riggs, respectivamente (JABLONKA; LAMB, 2010). Mesmo assim, mais de 40 anos depois, o desconhecimento na academia, principalmente no curso de biologia, ainda pode ser

identificado, mediante as falas dos acadêmicos. Essa ausência é criticada por Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p. 12), os quais afirmam que “a formação de professores de ciências e de biologia e de pesquisadores exige a reflexão de que a evolução não pode associar-se a explicações provenientes de uma única subárea biológica”.

Outro aspecto discutido é a herança comportamental, a qual afirma que os animais, incluindo os seres humanos, têm tradições comportamentais que são transmitidas de uma geração para a outra, por meio do aprendizado social. Ademais, isso também influencia a evolução genética, uma vez que os comportamentos dos animais, bem como dos seres humanos alteram o ambiente em que eles e seus descendentes vivem, em que seus genes são selecionados (JUNGES, 2009).

Jablonka e Lamb (2010) esclarecem que o aprendizado social, como principal mecanismo da herança comportamental, é uma mudança adaptativa no comportamento que resulta da experiência dos indivíduos nas interações sociais, geralmente, da mesma espécie. As autoras abordam três principais mecanismos de transmissão comportamental, que são: a transferência de substâncias que afetam o comportamento; o aprendizado socialmente mediado; e a imitação. Entretanto, elas salientam que essas três formas de adquirir comportamentos não são independentes umas das outras e que qualquer comportamento socialmente verdadeiro pode depender de vários tipos diferentes de aprendizado.

Diante dessa compreensão, corroboramos Ceschim, Oliveira e Caldeira (2016, p. 25), os quais afirmam que:

Os professores e pesquisadores formados a partir de uma perspectiva conceitual estagnada ou associada a um recorte de uma determinada época [...] acabam por mobilizar em suas práticas de trabalho, seja na docência ou na pesquisa, elementos provenientes de um só contexto. Nesse caso específico, o contexto é o da Teoria Sintética, que tem representado [...] um arcabouço teórico que necessita de ampliações e reinterpretções.

Uma vez que um biólogo, pesquisador ou professor se depare com fenômenos ou fatos biológicos, que demandem uma explicação evolutiva, ele precisa dispor de conhecimentos mais consistentes e atuais acerca desse fenômeno, com o intuito de melhor explicá-lo e demonstrar suas relações. Essa atualização do indivíduo permite que disponha de um arcabouço teórico moderno e robusto em momentos que se fizer necessário em sua prática.

Finalizando a argumentação, voltamo-nos à discussão sobre o ensino de evolução, que acabou sendo influenciado, diretamente, pelas duas discussões anteriores sobre a importância dada pelos professores, em formação inicial, e sua conceituação sobre a evolução.

Como já apontado pela análise das categorias e pelo diálogo com os autores, a forma com que o indivíduo, seja ele pesquisador ou professor de biologia, compreende a evolução e sua epistemologia interfere positiva ou negativamente na sua prática e na sua leitura dos fenômenos biológicos, levando-o a articulá-los por um viés evolutivo ou não. Ainda, esse viés evolutivo pode estar amparado, de acordo com as concepções desses profissionais, em uma perspectiva teórica darwinista, da Teoria Sintética ou da Síntese Estendida, de acordo com a forma com que esses arcabouços teóricos marcaram presença em seu processo formativo.

Ao analisar o Quadro 7, verificamos que emergiram três categorias iniciais, as quais foram: *CI09. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos professores*, *CI10. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios da formação* e *CI11. Não é abordado ou é pouco abordado por problemas próprios dos alunos*. Desse modo, fica evidente que, do ponto de vista dos professores em formação inicial, a evolução não é abordada no Ensino Médio, hoje, por diversos motivos.

Dentre os motivos, podemos destacar os problemas próprios dos professores: *insegurança, dificuldades (metodológicas) em trabalhar, conflito com suas crenças pessoais e falta de domínio conceitual*. Como deficiências próprias da formação desses professores, destacamos: *ausência de uma base sólida (em biologia), formação ineficaz, falta de domínio conceitual (prévio), ensino mecânico e acrítico e abordagem insatisfatória e insipiente*. Já os problemas próprios dos alunos, são: *a resistência, pré-concepções, conflitos com as crenças pessoais e a falta de domínio conceitual (básico)*. Esses motivos vão ao encontro do que apontam as pesquisas de Tidon e Lewontin (2004), Anderson (2007), Santos e Calor (2007), Bizzo e El-Hani (2009), Allmon (2011), Carvalho, Nunes-Neto e El-Hani (2011), Oleques et al. (2011) e Haydock e Arunan (2013).

Assim, para Amabis e Bitner-Mathé (2009, p. 39), que assumem uma postura mais radical em relação ao ensino de evolução na Educação Básica, devemos encarar esses problemas ao:

[...] nos opor à proposta dos fundamentalistas de ensinar nas escolas as duas visões (evolucionista e criacionista), deixando aos estudantes a decisão de qual seguir. Tal argumento é uma falácia, embora à primeira vista pareça razoável, já que dentro da própria ciência há temas controversos. Na verdade, o criacionismo ou o desenho inteligente não são alternativas ao evolucionismo simplesmente porque seus argumentos não são científicos, mas religiosos.

Já Chumbinho (2016), assumindo uma postura mais parcimoniosa, acrescenta que o ensino de biologia deve promover uma postura crítica por parte dos alunos, cabendo à escola apresentar as diferentes hipóteses científicas, bem como diferentes pontos de vista

(criacionismo, mitologia, etc.) e de proporcionar a discussão desses temas, bem como da influência deles na sociedade. O professor deve compreender o conflito de ideias que essa discussão possa gerar em seus alunos e tentar trabalhá-la de modo a discutir os assuntos polêmicos da biologia, objetivando uma formação mais crítica e uma compreensão mais profunda da ciência da vida.

Assim, para uma formação de indivíduos críticos e cidadãos e:

[...] para uma correta compreensão das ciências da vida, é necessário entender o processo evolutivo. Entretanto, o objetivo da Educação Básica transcende a formação científica, incluindo preparar o estudante para o exercício da cidadania. Compreender a complexidade da cultura humana faz parte desse objetivo. E o ensino da evolução é um terreno muito fértil para essas discussões (LIGNANI; AZEVEDO, 2015, p. 35).

A necessidade desses conhecimentos implica que os professores de biologia disponham de uma bagagem teórica acerca dos conhecimentos evolutivos muito bem estabelecidas, além dos conhecimentos acerca de técnicas e métodos de ensino apropriados para uma abordagem evolutiva da biologia. Entretanto, para Daniel e Bastos (2004, p. 96), “a ênfase na dimensão evolutiva parece bastante justificável, já que são as considerações de natureza evolutiva e adaptativa [...] que conferem algum tipo de lógica aos conhecimentos sobre processos e estruturas relacionados à vida”.

Assim, os conhecimentos de processos e teorias evolutivas ocupam posições de maior ou menor destaque nos currículos escolares da Educação Básica brasileira, principalmente, em decorrência de propostas que presumem a evolução biológica como linha unificadora, ou um enfoque evolutivo, ou um enfoque adaptativo etc., entretanto, a prática pedagógica do ensino de evolução suscita enormes dificuldades (DANIEL; BASTOS, 2004).

Um trecho do diálogo do **EGF 1** aponta para essas dificuldades de abordar o assunto evolução ou de apresentar o conteúdo de biologia no enfoque evolutivo:

(A8) Eu acho que é muito forte, através de uma questão, tentar desmistificar isso em uma única aula, então por isso eu coloquei isso dessa forma, porque talvez ali não fosse o momento de dizer “olha vou falar que é assim a teoria do criacionismo e é assim a teoria da evolução”, mas algo que fosse trabalhando ao decorrer, mas que o aluno pudesse entender que existem outras coisas, e outras teorias...

(A5) Bem porque a gente não está muito ali e não sabe bem certo o que é a teoria da evolução, e eu também acho que é um processo, não é numa discussão que você vai desconstruir...

(A3) Mas acontece que o professor não tem esse tempo em sala de aula, como eu fiz o magistério eu tive toda a biologia em um ano, não aprendi nada, só corpo humano, mas não tem tempo assim de debater, [...] dessa forma, mas o professor, ele tem que às vezes deixar de lado outra matéria que ele acha que vai valer mais a pena o aluno estudar, para tratar de evolução...

(A7) É por isso que essa articulação é importante, por que o aluno, se ele tivesse o conhecimento desde lá atrás, sobre essa articulação, mesmo que você não chegue e fale que é evolução, e se o aluno tivesse esse raciocínio evolutivo, na verdade a gente teria muito mais avançado, hoje estaríamos pensando em muitas outras coisas que na verdade para a gente é difícil pensar. Acho que facilitaria muito mais, por exemplo tem muitas doenças que a gente precisa conhecer a evolução para conseguir procurar novos medicamentos, acho que isso facilitaria muito a vida dos alunos...

Nesse momento do diálogo, era debatida, exatamente, a dificuldade que se apresentava para trabalhar o conteúdo biológico num enfoque evolutivo, de modo que a evolução fizesse a articulação dos assuntos. É possível identificar, nos trechos, as dificuldades apontadas pelos alunos para uma abordagem dinâmica e evolutiva dos conhecimentos biológicos.

Em outros trechos do **EGF 2** continuam evidenciando as dificuldades de abordar a evolução:

(A6) Por que quem estudou somente o Ensino Médio, pelo menos no meu Ensino Médio, não teve quase nada de evolução, então é inútil querer falar digamos pra minha mãe que estudou até 4º só ou pro meu pai que foi até o 3º ano falar sobre evolução, eles não viram isso, é muito difícil, até hoje no Ensino Médio é pouco visto sobre evolução, então começa daí, as pessoas não têm conhecimento sobre isso, é uma coisa muito pincelada, é uma coisa que às vezes aparece na tv...

E,

(A10) É uma questão cultural mesmo, é um conhecimento que já está arraigado nas pessoas, está incutido nas pessoas então é muito difícil então é muito difícil assim tentar quebrar essas barreiras, para as pessoas entenderem o que é evolução, é muito complicado...

(A2) É mais confortável continuar acreditando naquilo, na criação...

Nesses trechos, além das dificuldades já destacadas, podemos visualizar uma nova problemática, que está relacionada à CT3, a qual envolve a precariedade do ensino de evolução no nível médio de escolaridade, sendo que ela aponta para a mesma defasagem: *O ensino de evolução no nível médio hoje não é abordado ou é pouco abordado por diversos problemas próprios dos alunos, dos professores ou da formação destes.*

Essa categoria corrobora a pesquisa de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), também realizada com professores de biologia. Eles identificaram, nas entrevistas aos professores, que uma das dificuldades citadas é a precária formação inicial em biologia que receberam, uma vez que não havia relação da evolução com as demais disciplinas do currículo, o que pode ter gerado as dificuldades apresentadas pelas professoras, quando, no exercício da docência, necessitaram abordar tal assunto.

Ainda, nessa mesma investigação, os pesquisadores identificaram uma segunda dificuldade no ensino de evolução, que foi o surgimento de confrontos entre as concepções religiosas e científicas nessas aulas. Os professores entrevistados apontaram que, muitas vezes, consideravam que os alunos não estavam preparados para aprender evolução, uma vez que já concebiam sua concepção religiosa como uma verdade absoluta. Mesmo assim, os professores declararam que seu posicionamento em sala era de respeito em relação às manifestações alternativas dos alunos (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003).

Em outra pesquisa, realizada por Oleques et al. (2011, p. 36), que entrevistaram e aplicaram questionário a 20 professores de ciências e biologia, as autoras identificaram os seguintes problemas, que corroboram nossos dados: (i) “na prática docente dos participantes, o ensino de EB³⁶ apresenta dificuldades” (id.); (ii) “os participantes reconhecem a importância da EB como fator explicativo para os fenômenos da vida, entretanto, a maioria não insere a EB como eixo integrador no ensino de biologia” (id.); e (iii) “dificuldades como material utilizado, tempo e crenças dos professores também são fatores que podem dificultar o ensino de EB, implicando numa abordagem fragmentada, conteudista e memorística no contexto do ensino biológico” (id.).

Tidon e Vieira (2009) apresentaram dados de pesquisas compiladas, que apontam para as mesmas dificuldades no ensino de evolução por nós evidenciados. Elas referem-se a problemas com o material didático dos alunos, com o currículo escolar e com a falta de preparo dos alunos para a compreensão de conhecimentos evolutivos. Evidenciaram, também, a defasagem teórica dos professores que apresentaram concepções equivocadas dos processos e mecanismos evolutivos, como ao afirmarem que a evolução biológica é direcional, progressista e que ocorre em indivíduos ao invés de populações.

Essas autoras ainda arriscam listar algumas propostas de solução para esses problemas:

As propostas para sanar os problemas apontados, já em andamento no Brasil em diferentes estágios de maturidade, podem ser organizadas em três

³⁶ Abreviatura de Evolução Biológica, utilizada pelos autores.

abordagens complementares. A primeira é a formação contínua de professores, através do apoio a cursos e oficinas. A segunda diz respeito à revisão e reforço dos currículos de ciências e biologia, em particular, com o objetivo de melhorar, de uma forma prática, o programa curricular do Ministério da Educação. Finalmente, é de extrema importância a continuidade do Programa Nacional do Livro Didático (TIDON; VIEIRA, 2009, s/p.).

Outras propostas de soluções para as problemáticas apresentadas podem ser enumeradas e serão mais detalhadamente abordadas nos próximos metatextos. Entretanto, cabe-nos chamar a atenção do leitor para um ponto que gostaríamos de frisar, que “no caso específico do ensino de evolução, a existência de concepções alternativas de diferentes tipos e amplamente disseminadas *faz prever que as dificuldades para a prática pedagógica são grandes e não podem ser menosprezadas*” (DANIEL; BASTOS, 2004, p. 97, grifo dos autores).

Deste modo, apontamos para a necessidade de uma coesa formação inicial do professor de biologia, para que perceba essas nuances da práxis docente e saiba trabalhar o ensino de biologia o mais próximo possível daquilo que consideramos o mais adequado, que é uma abordagem evolutiva.

Por fim, destacamos que, diante dos dados analisados para a discussão deste metatexto, não podemos aferir se a formação inicial dos sujeitos da pesquisa foi suficiente para que constituam, em suas práticas pedagógicas de ensino de biologia, um enfoque evolutivo dos conhecimentos biológicos.

Assim, continuamos uma varredura nos conjuntos de dados constituídos a fim de identificar se a pesquisa gerou os resultados esperados e se os professores em formação inicial conseguiram planejar e implementar práticas de ensino de biologia, por meio de sequências didáticas, num enfoque evolutivo. Seguimos a análise dos demais dados e da discussão dos próximos metatextos.

4.3. Tempestade de luz sobre a constituição de formas de pensamento

Na construção do segundo emergente, identificado na análise triangulada dos dados obtidos do Questionário Inicial (QI), das Sequências Didáticas (SD) e dos Encontros do Grupo Focal (EGF), foi chamado de “*constituição de formas de pensamento*”, por se concentrarem nas concepções construídas pelos professores em formação inicial, antes e durante a aplicação e execução de sequências didáticas de biologia, num enfoque evolutivo. Esse emergente foi construído, buscando responder à segunda questão-problema, que foi: *Como os professores em*

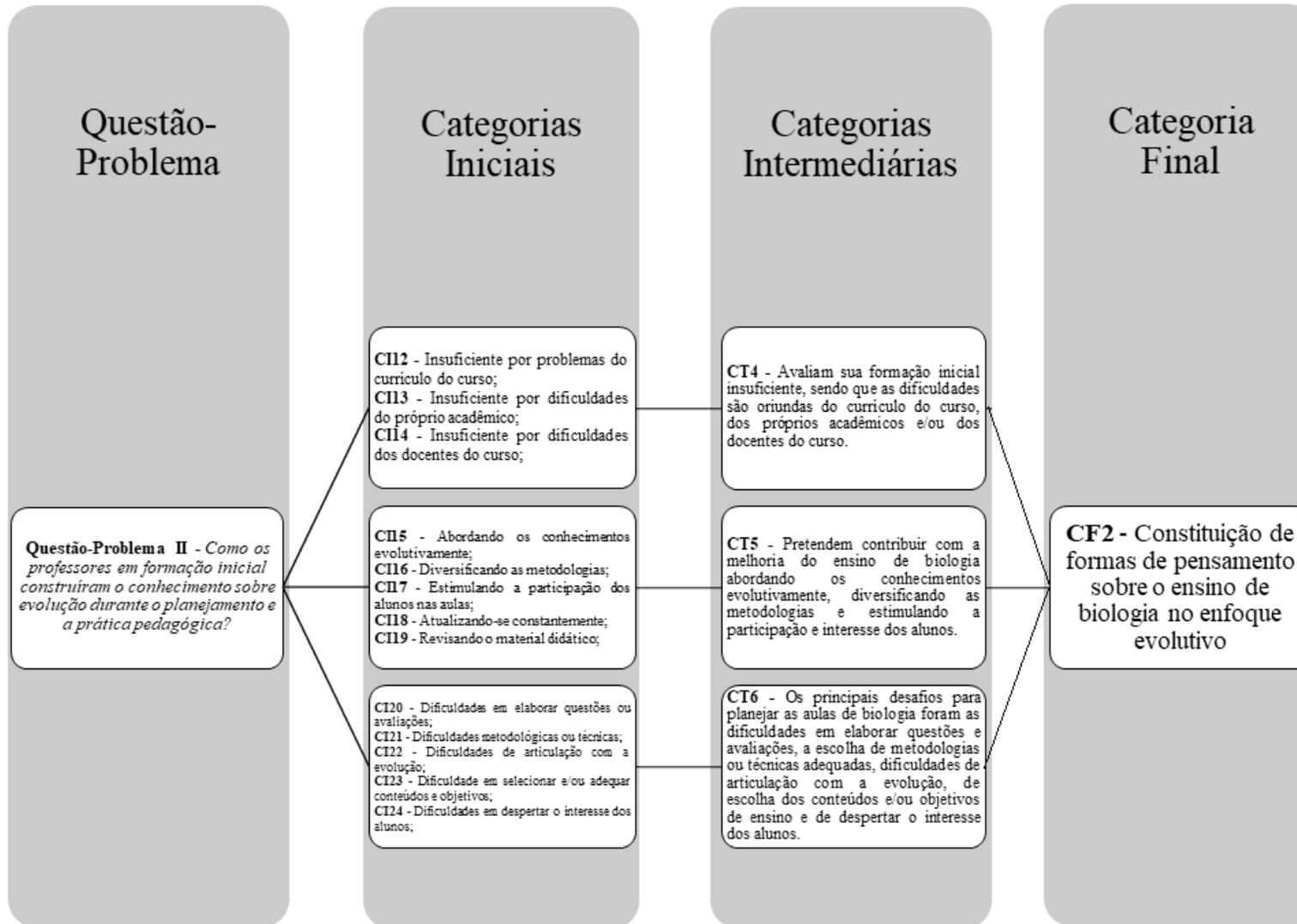
formação inicial construíram o conhecimento sobre evolução durante o planejamento e a prática pedagógica?

Na busca por respostas a essa questão, fizemos a sua divisão em três subquestões, que são: *Como você avalia a sua formação inicial? Como você pretende contribuir com a mudança desse panorama? e Quais foram as dificuldades encontradas para planejar as aulas no enfoque evolutivo?* Essas subquestões constituem uma síntese ou ressignificação das questões do Questionário Inicial e das reflexões (antes, durante e depois) na elaboração do planejamento das Sequências Didáticas; também, após a leitura analítica do *corpus* e sua fragmentação e desconstrução para identificação das unidades de sentido.

Assim, cada subquestão dessas originou um quadro com categorias iniciais e, conseqüentemente, cada quadro gerou uma única categoria intermediária na sequência. Por fim, as três categorias intermediárias são sintetizadas na categoria final, que vai nomear o nosso segundo metatexto, a saber: *Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo.*

O movimento de construção das categorias dos diferentes níveis (iniciais, intermediárias e finais) foi sintetizado, conforme a Figura 9, a seguir:

Figura 9 – Esquema do segundo emergente



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Partimos, agora, para a análise das subquestões uma a uma, bem como ao movimento de seleção das unidades de sentidos e de constituição das categorias. A primeira questão baseou-se na necessidade de compreendermos como os professores em formação inicial concebiam a sua formação inicial para o trabalho com evolução ou no enfoque evolutivo.

- ***Como você avalia a sua formação inicial?***

Para responder a essa questão, recorreremos às respostas, obtidas na questão 6 do QI, a saber: *Como você avalia sua formação inicial (na graduação) para ensinar evolução na biologia do nível médio? Você considera suficiente ou insuficiente? Argumente e exemplifique se possível.* A partir dessas respostas, foi possível elaborar o Quadro 8, a seguir:

Quadro 8 - Categorias elaboradas a partir da questão 6 do QI

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
não aborda em todas as disciplinas o eixo evolutivo (A1); não foi muito discutido (A2); significativamente baixo o resultado (A2); [necessário] uma disciplina específica (A3); necessário uma disciplina no curso (A5); individualidade em que as disciplinas são trabalhadas no curso (A10); deveria ter uma matéria específica (A12); o conteúdo é muito comprimido e assim acaba não sendo suficiente (A12); uma grande falha (no curso) (A13); a evolução no curso de biologia é citado somente em algumas disciplinas (A13);	<i>Insuficiente por problemas do currículo do curso</i>	CI12
dificuldade em compreender esse termo (A3); não tenho ainda claro (A5); é necessário sempre estar pesquisando e lendo livros e artigos científicos (A7); buscar fontes para estar ciente e atualizado (A8); necessidade do aluno estudar a fundo o assunto (A9); é necessário leitura mais aprofundada (A10);	<i>Insuficiente por dificuldades do próprio acadêmico</i>	CI13
insegurança dos professores ou mau planejamento (A1); nem todos os professores utilizam uma abordagem evolutiva (A4); apresentam os conteúdos em quantidade e sem qualidade (A13);	<i>Insuficiente por dificuldades dos docentes do curso</i>	CI14

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Todas as categorias iniciais do Quadro 8 apontam para uma formação inicial insuficiente do trabalho com a disciplina de biologia no Ensino Médio, com o enfoque evolutivo e apresentam três principais justificativas para essa insuficiência, que são: problemas do currículo do curso, dificuldades próprias dos acadêmicos ou dificuldades dos docentes do curso.

Sobre a categoria *CI12. Insuficiente por problemas do currículo do curso*, as pesquisas em ensino de biologia corroboram essa categoria, já que apontam para uma série de problemas

nos cursos de formação inicial de biólogos e professores de biologia quanto ao ensino de evolução biológica, tais como a articulação e inter-relação entre as disciplinas do currículo, a abordagem fragmentada dos conhecimentos; entre outros. O problema, como vimos, se prolonga para além do Ensino Médio, aprofundando-se na graduação.

O que esperamos de uma formação inicial em biologia é que ela seja – assim como a evolução é reconhecida por todos como o eixo, a base, o fundamento principal dessa ciência – usada como guia na articulação dos diferentes conhecimentos abordados no curso. Se a evolução é considerada por vários cientistas e filósofos da biologia como o ponto fulcral dos conhecimentos biológicos, seria necessário que ela assim fosse utilizada nos cursos de formação inicial em biologia, na inter-relação entre os conhecimentos, na articulação das diferentes temáticas.

Sobre a categoria inicial *CII3. Insuficiente por dificuldades do próprio acadêmico*, podemos destacar, assim como no Ensino Médio, que os acadêmicos também apresentam concepções não-científicas que interferem na correta assimilação do conhecimento científico. Contradições e o conflito pessoal entre ciência e religião sempre foram dificuldades para a correta construção do conhecimento científico acerca da evolução biológica e isso reflete também na formação do profissional das ciências biológicas.

Era de se esperar que, num curso de biologia, os acadêmicos se sentissem mais seguros com o conhecimento que constroem durante sua formação, mas diferentes pesquisas apontam que o panorama geral é o contrário das expectativas, corroborando os dados que obtivemos.

Por fim, a categoria *CII4. Insuficiente por dificuldades dos docentes do curso*, os professores em formação inicial identificaram deficiências no curso a partir da forma e do conteúdo com que alguns professores abordam a evolução em suas aulas. Equívocos no planejamento e execução das aulas, nas diferentes áreas da biologia, impedem que os acadêmicos construam uma sólida compreensão da evolução como eixo articulador do conhecimento biológico.

Dessa maneira, foi possível sintetizar as três categorias iniciais do Quadro 8 na categoria intermediária CT4, a seguir:

CT4	<i>Avaliam sua formação inicial insuficiente, sendo que as dificuldades são oriundas do currículo do curso, dos próprios acadêmicos e/ou dos docentes do curso.</i>
------------	---

Essa percepção dos professores em formação inicial de que sua graduação foi insuficiente para o trabalho, com a evolução como enfoque dos conhecimentos biológicos, está

presente nas pesquisas em ensino de evolução e corrobora os diferentes problemas apontados pelos pesquisadores para essa classificação da formação como “insuficiente”.

Ao afirmar que sua formação inicial era insuficiente para o trabalho com o ensino de biologia num enfoque evolutivo, buscamos compreender como eles se propuseram a buscar alternativas de mudanças para esse cenário.

- ***Como você pretende contribuir com a mudança desse panorama?***

Buscando compreender como os professores em formação inicial se incluíam na corresponsabilidade por sua formação inicial e na busca pela superação dos problemas e dificuldades do ensino de biologia, num enfoque evolutivo no Ensino Médio, questionamos, a partir da questão 11 do QI, a saber: *De que forma você, enquanto futuro professor de biologia, poderá contribuir para uma melhoria na qualidade do ensino de biologia nas escolas públicas de nível médio e especificamente do ensino de evolução? Exemplifique se possível.*; ademais, das reflexões antes, durante e depois do planejamento das SD sobre como poderiam contribuir para uma mudança nesse panorama.

As respostas foram categorizadas, no Quadro 9, a seguir:

Quadro 9 - Categorias elaboradas a partir da questão 11 do QI e das SD

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
abordar nos diferentes conteúdos a evolução biológica (A1); Elaborar esquemas que possibilitem [...] visualizar de forma clara os processos evolutivos (A1); Compreensão do papel evolucionista no desenvolvimento e diversificação dos seres vivos (A1); Reflexões evolutivas, ambientais, sociais e econômicas (A1); Compreender a definição e posição de organismos [...] a partir da análise da linha evolutiva (A1); integrar o conceito de evolução durante todo o conteúdo (A2); compreensão de que a evolução é um eixo fundamental (A2); Mostrar a importância da evolução biológica na compreensão do conteúdo (A3); Instigar os alunos a [...] compreenderem a evolução biológica (A3); Comentar sobre o processo de evolução biológica (A3); abordam os conteúdos de suas disciplinas de forma evolutiva (A4); Demonstrar como a história influenciou na Teoria Sintética da Evolução (A4); Reflexão acerca do conteúdo de evolução e seleção natural (A4); Ministrando o conteúdo sob uma visão evolucionista (A5); Atentar o aluno para a evolução como processo contínuo (A5); Levar os alunos a compreender a origem da vida sob um enfoque evolucionista (A5); Abordar a evolução não como um conteúdo, e sim como eixo estruturante para todos os outros conteúdos (A5); abordando os conteúdos com base na	<i>Abordando os conhecimentos evolutivamente</i>	CI15

evolução (A7); encaixá-lo em diversas temáticas (A8); instigando os alunos a compreender a evolução (A10); Trabalhar os conteúdos de forma a elucidar a importância da evolução biológica (A10); tentaria unificá-los em algum momento utilizando a teoria da evolução (A11); relacionar a evolução com eles sempre que possível (A12); tomar como base a evolução (A13);		
promover o questionamento (A1); Desenvolver uma discussão fundamentada (A1); Aproximar o conteúdo à realidade do aluno (A1); Estimular o aluno a pensar e elaborar [...] textos que melhor demonstrem o seu aprendizado (A1); Utilizar modelos didáticos (A2); diversificar as metodologias (A3); Desmistificar a questão de que esses seres vivos só trazem doenças para os ser humano (A3); Formem um pensamento crítico acerca das ideias (A4); investindo em metodologias diferenciadas (A5); levem os alunos ao desenvolvimento de pensamentos críticos (A9); Resgatar conhecimentos prévios e vivenciados pelos alunos (A11); Promover uma aula interessante (A11); na forma de abordar os conteúdos (A12);	<i>Diversificando as metodologias</i>	CI16
Possibilitar que os alunos participem de forma ativa e reflitam (A1); Interação dos alunos (A1); Possibilitar interação e dinâmica em sala de aula (A1); Promover vários questionamentos durante as aulas (A2); Fomentar o interesse/curiosidade dos alunos pelo tema (A3); Que os alunos questionem e participem da aula (A4); Promover a participação dos alunos (A5); Estimular a participação dos alunos (A11);	<i>Estimulando a participação dos alunos nas aulas</i>	CI17
estar atualizado e conhecer diferentes pontos de vista (A1); sempre me atualizando (A6);	<i>Atualizando-se constantemente</i>	CI18
deveria haver uma revisão do material didático utilizado (A2);	<i>Revisando o material didático</i>	CI19

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Foi possível perceber que grande parcela dos professores em formação inicial tem consciência da necessidade e da importância de o ensino de biologia ser abordado de forma evolutiva. Também, da necessidade de uma diversificação das metodologias e do estímulo para a maior participação e interesse dos alunos pelas aulas de biologia.

Assim, foi possível constituir uma categoria intermediária que sintetizasse as categorias iniciais do Quadro 9, que segue:

CT5	<i>Pretendem contribuir com a melhoria do ensino de biologia abordando os conhecimentos evolutivamente, diversificando as metodologias e atualizando-se, além de estimular a participação e interesse dos alunos.</i>
------------	---

Desse modo, foi positiva a forma com que os professores em formação inicial estabeleceram sua corresponsabilidade na construção dos conhecimentos e habilidades

necessárias para a superação dos problemas anteriormente elencados do ensino de biologia e de evolução. Isso aponta para uma consciência das suas limitações e desafios e para uma consciente e reflexiva ação à melhoria do ensino de biologia.

Interessou-nos saber, ainda, como foi o desenvolvimento das atividades da pesquisa, no que se refere ao planejamento das ações de prática pedagógica (participação e regência) dos professores em formação inicial, após sabermos que apresentavam consciência de suas responsabilidades e almejavam a melhoria do ensino de biologia, a partir do desafio de ensiná-la num enfoque evolutivo.

- *Quais foram as dificuldades encontradas para planejar as aulas no enfoque evolutivo?*

Para entender as dificuldades e desafios que os professores em formação inicial encontraram durante o planejamento e aplicação das aulas de biologia no Ensino Médio, num enfoque evolutivo, eles foram induzidos nos próprios planejamentos a refletir sobre suas intenções e proposições e, posteriormente, sobre essas dificuldades. Assim, analisando as reflexões das SD, foi possível construir o Quadro 10, a seguir:

Quadro 10 - Categorias elaboradas a partir das SD

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
Elaboração de questões (A1); Buscar exercícios (A1); Adaptação dos exercícios (A1); Elaborar uma avaliação (A2); Elaborar uma prova (A3); Elaborar perguntas que sejam adequadas (A3); Encontrar questões didáticas (A5); Elaborar perguntas (A5); Definir qual tipo de avaliação (A6); Pensar em questões (A7); Elaborar questões (A10); Elaborar uma prova (A10); Elaborar outra prova (A11);	<i>Dificuldades em elaborar questões ou avaliações</i>	CI20
Planejar a quantidade necessária de aulas (A3); Saber quais recursos utilizar (A4); Saber quais eram os conhecimentos prévios dos alunos (A4); Localizar atividades práticas (A5); Localizar modelos didáticos (A5); Encontrar vídeos (A5); Definir o tempo necessário (A6); Definir a melhor metodologia (A6); Planejar a quantidade necessária de aulas (A10); Organizar os materiais para a aula prática (A10);	<i>Dificuldades metodológicas ou técnicas</i>	CI21
Adequar o assunto ao enfoque evolutivo (A1); Utilizar uma abordagem evolutiva (A2); Resgatar meus próprios conhecimentos acerca do conteúdo de evolução (A5); Utilizar uma explicação mais evolutiva (A7); Ter domínio do conteúdo de evolução biológica (A10); Resgatar meus conhecimentos sobre o conteúdo de evolução (A11); Encontrar vídeos em que não houvesse a utilização de conceitos inadequados e equivocados sobre evolução (A11); Formular questões que	<i>Dificuldades de articulação com a evolução</i>	CI22

abordassem o conteúdo de forma integrada com a evolução (A11);		
Objetivos foram os aspectos mais difíceis de colocar no papel (A1); Trabalhar o assunto de forma que o aluno compreenda (A2); Ter domínio do conteúdo (A3); Dividir o conteúdo de acordo com as aulas disponíveis (A3); Selecionar os conteúdos (A5); Considerar o que era necessário aos alunos (A7); Selecionar quais conteúdos (A7); Ter domínio do conteúdo (A10);	<i>Dificuldade em selecionar e/ou adequar conteúdos e objetivos</i>	CI23
Encontrar aulas [...] que despertassem o interesse dos alunos (A1); Buscar uma forma de trabalhar [...] sem que os alunos fiquem desmotivados (A2); Encontrar uma aula prática interessante (A2); Revisar o conteúdo que seja atrativo e dinâmico (A2); Encontrar vídeos interessantes (A11); Encontrar uma metodologia diferenciada (A11);	<i>Dificuldades em despertar o interesse dos alunos</i>	CI24

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Com essas respostas, foi possível perceber que os professores em formação inicial conseguiram sintetizar muito bem todas as dificuldades encontradas no momento de planejamento e implementação das aulas, que abrangem desde dificuldades técnicas em elaborar questões e avaliações, passando por dificuldades metodológicas e epistemológicas, bem como dificuldades comportamentais e de estímulos.

Sendo assim, sintetizamos as categorias do Quadro 9, na categoria intermediária, a seguir:

CT6	<i>Os principais desafios para planejar as aulas de biologia foram as dificuldades em elaborar questões e avaliações, a escolha de metodologias ou técnicas adequadas, dificuldades de articulação com a evolução, de escolha dos conteúdos e/ou objetivos de ensino e de despertar o interesse dos alunos.</i>
------------	---

Esses desafios, apresentados como dificuldades para a prática de ensino de biologia no enfoque evolutivo, foram características da prática pedagógica e da experiência dos professores em formação inicial, amplamente conhecidos na literatura da pesquisa em ensino de biologia. O que cabe ressaltar é que o processo não foi solitário, autodidata, mas coletivo, de ajuda mútua e solução cooperada dos problemas por eles enfrentados.

Durante os encontros do GF, foram discutidos os problemas, as dificuldades e como poderiam solucioná-los, com criatividade e simplicidade, ou seja, aquilo que busca o professor de escola pública brasileira. Consideraram o tempo, a estrutura, os materiais disponíveis e buscaram, de maneira simples e lógica, formas de abordar esses conhecimentos para que os

alunos construíssem uma compreensão mais significativa dos conhecimentos biológicos abordados.

Assim, ao final desse movimento de construção das categorias iniciais (CI12 a CI24), que foram posteriormente sintetizadas nas categorias intermediárias (CT4 a CT6), foi possível constituir uma única categoria, a final “*Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo*”, que visa responder à questão-problema, inicialmente colocada. Essa categoria final nomeia o segundo metatexto, que será analisado e devidamente discutido na próxima subseção.

4.4. Segundo Metatexto – Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo

O segundo metatexto, que buscou responder à questão *Como os professores em formação inicial construíram o conhecimento sobre evolução durante o planejamento e a prática pedagógica?*, foi construído a partir da análise dos conjuntos de dados QI, SD e EGF, conforme a Figura 6, anteriormente apresentada. A unitarização desses dados permitiu a construção de três Quadros (8, 9 e 10), com categorias iniciais e três categorias intermediárias CT4, CT5 e CT6, conforme vimos na seção anterior 4.3., que demonstrou a tempestade de luz desse metatexto.

Quando nos aprofundamos na análise das categorias iniciais, apresentadas no Quadro 8, que são: *CI12. Insuficiente por problemas do currículo do curso*, *CI13. Insuficiente por dificuldades do próprio acadêmico* e *CI14. Insuficiente por dificuldades dos docentes do curso*, verificamos que todos os professores em formação inicial apontaram para a sua formação inicial como insuficientes ao ensino dos conhecimentos biológicos num enfoque evolutivo. Essas categorias corroboram os resultados de outras pesquisas, como as de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), Tidon e Lewontin (2004) e Sedorko e Matsumura (2011), que apontam para uma deficiência nos cursos de formação inicial de professores de biologia com relação ao ensino de evolução, dentre outras dificuldades.

As deficiências apresentadas pelos sujeitos da pesquisa podem ser descritas como: *insuficiências do currículo* (ausência de abordagem ou enfoque evolutivo, fragmentação dos conhecimentos em disciplinas estanques e falta de aprofundamento em alguns assuntos); *insuficiências dos próprios alunos* (dificuldades de aprendizagem, falta de aprofundamento e busca pelo conhecimento e conflitos epistemológicos); *insuficiências dos professores*

(insegurança, planejamento e metodologias inadequadas, excesso de conteúdos e falta de aprofundamento).

Com relação às *insuficiências do currículo*, a pesquisa de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003, p. 6) aponta que, nos relatos dos sujeitos pesquisados, “[...] ficou evidente a insatisfação quanto ao modo pelo qual as aulas da disciplina de Evolução foram conduzidas no curso de licenciatura, por serem aulas desvinculadas das demais disciplinas do currículo e distantes da realidade do cotidiano escolar”. Já nas articulações que a evolução pode fazer com as demais disciplinas do curso, foi identificada a “pouca articulação entre os conteúdos de evolução e as demais disciplinas do curso” (id.), sendo que os sujeitos entrevistados somente lembravam de relações feitas com conteúdos de genética.

A pesquisa de Tidon e Lewontin (2004) aponta que aproximadamente 60% dos professores investigados afirmaram encontrar dificuldades em ensinar os conteúdos de evolução biológica, sendo um dos principais empecilhos a falta de preparo dos professores. Já Sedorko e Matsumura (2011), em sua pesquisa sobre as dificuldades e problemas no ensino de evolução, encontraram dados de que quase 30% dos professores, entrevistados por eles, apontaram a formação inicial precária como um dos maiores empecilhos para se implementar a evolução como um eixo unificador. Nessa mesma pesquisa, quase 80% dos professores entrevistados afirmaram utilizar-se da evolução como um eixo unificador da biologia, entretanto, identificam uma contradição, uma vez que quase 50% deles afirmam não aceitar a evolução como um fato.

Desse modo, corroboramos essas pesquisas ao considerar:

[...] extremamente relevante na formação inicial do professor que os conteúdos científicos sobre evolução se articulem com as demais disciplinas do curso, tendo em vista o caráter integrador da noção de evolução biológica. A ausência desse aspecto é visto pelas professoras como um fator complicador e que dificulta o entendimento sobre os processos evolutivos, aspecto que se reproduz no momento em que vão ministrar suas próprias aulas, seja sobre evolução ou sobre outro tema dentro do ensino de Biologia (GOEDERT; DELIZOICOV; ROSA, 2003, p. 6).

Nessa mesma ótica, consideramos importante que, durante a formação inicial do professor de biologia, o ensino de evolução construa inter-relações com as demais áreas ou temas das Ciências Biológicas, funcionando como um eixo integrador e unificador dos conhecimentos biológicos. Na pesquisa de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), sobre o ensino de evolução no curso de formação de professores de biologia da UFSC, os pesquisadores perceberam a centralidade das discussões sobre evolução em uma disciplina única, isolada das

demais. Esse isolamento possivelmente provocou as defasagens e dificuldades relatadas pelos professores entrevistados quando foram questionados sobre os problemas e desafios de ensinar biologia no Ensino Médio. Desse modo, os autores chamam a atenção para o fato de que é essencial que o professor de biologia entenda os processos evolutivos como requisito para a compreensão de uma série de outros princípios e processos biológicos.

Se analisarmos essa insuficiência do currículo em face à proposta de formação de professores, que apresentamos no Capítulo 2, ficará evidente um distanciamento muito grande entre o que pretendemos para a formação de professores de biologia, numa perspectiva crítico-reflexiva, com a formação que os estudantes estão recebendo atualmente.

Sobre as *insuficiências dos próprios alunos*, foram encontradas dificuldades de aprendizagem, falta de aprofundamento e busca pelo conhecimento, bem como, principalmente, conflitos epistemológicos. Propiciaremos destaque e discutiremos este último, sem adentrar o conflito entre ciência e religião.

Os conflitos epistemológicos são de um modo geral causados por conhecimentos que o estudante traz de sua vivência cotidiana, das suas relações sociais e culturais, de sua experiência empírica com o mundo ou, ainda, as que constrói equivocadamente na escola. Esses conhecimentos apresentam diferentes denominações na literatura, mas chamaremos de concepções alternativas, embasando-nos em Pozo e Crespo (2009).

As concepções alternativas, por apresentarem foro emocional e afetivo, podem se constituir em verdadeiras barreiras para a aprendizagem dos conhecimentos científicos (POZO; CRESPO, 2009), impedindo que o aluno construa um perfil epistemológico mais adequado e rico do ponto de vista científico (MORTIMER, 2000) e/ou impedindo o aluno de construir uma aprendizagem significativa dos conhecimentos (MOREIRA, 1999; 2016).

Chamamos de conflito epistemológico o fato de o aluno, por apresentar concepções alternativas para explicar os fenômenos e acontecimentos, expressar-se de maneira a negar e/ou não assimilar, de forma significativa, o conhecimento científico, relativo ao que está aprendendo. Essa negação ou não-aprendizagem dos conhecimentos científicos relativos à evolução biológica foi relatada nas pesquisas de Santos e Calor (2007), Allmon (2011), Haydock e Arunan (2013), Mota (2013) e Ceschim e Caldeira (2020), dentre outras.

Para Santos e Calor (2007), a maior parte das concepções alternativas dos estudantes é obtida fora do espaço escolar, o que acaba se traduzindo em interpretações equivocadas pela falta de conhecimentos mínimos sobre evolução por parte do público em geral. Isso reflete na

defasagem generalizada de conhecimentos científicos, em qualquer área, da maioria da população.

Desse modo, a disseminação de interpretações incorretas ou superficiais pelos meios de comunicação e entretenimento “[...] acaba por afetar diretamente a forma como os conceitos sobre as ciências serão compreendidos na sala de aula, o que fica patente nas aulas de evolução” (SANTOS; CALOR, 2007, p. 2). Cabe ao professor, “[...] com o objetivo de desconstruir esses pré-conceitos, trabalhar o conhecimento prévio dos alunos, permitindo a eles discutir e analisar cientificamente o seu referencial” (id.).

A comparação e discussão de ambas as classes de conhecimento – o *científico*, baseado em evidências, perguntas e critérios, e o *pseudocientífico*, criado sem evidências claras ou metodologias definidas – pode lançar luz sobre o processo de construção das ciências, tornando explícita a conexão entre hipóteses científicas e as suas bases de dados e observações (SANTOS; CALOR, 2007, p. 3, grifos nossos).

Allmon (2011) realizou um estudo com base no estado da arte sobre o entendimento dos estudantes acerca da evolução biológica e seus dados demonstraram que essas concepções alternativas causam a não-aceitação das explicações evolutivas. Elas podem ser: *causas científicas*, como conhecimento insuficiente das evidências empíricas e da teoria da evolução; *causas afetivas*, como obstáculos religiosos e psicológicos; ou, ainda, o *anti-intelectualismo* generalizado; o *baixo nível de alfabetização científica* e/ou desconfiança da ciência; e um *ensino ruim* (de ciências em geral e evolução em particular) (ALLMON, 2011).

A pesquisa de Haydock e Arunan (2013), feita com alunos da Educação Básica, na Índia, aponta que os problemas na compreensão dos conhecimentos evolutivos derivam, de maneira geral, da forma com que são ensinados, que é quase sempre ouvindo o professor falar, lendo no livro didático e memorizando os conceitos. Para eles, essa metodologia de ensino tradicional não tende a motivar o envolvimento ativo dos alunos na aprendizagem, levando-os, muitas vezes, a assumirem concepções equivocadas de evolução, como: explicações teleológicas (com propósito, meta ou finalidade); que a evolução depende da herança de características adquiridas; de que não é possível observar a evolução acontecendo porque é um processo muito lento; de que os organismos evoluem se adaptando ao ambiente; de que evolução é a sobrevivência do mais apto, então, o animal mais musculoso sobreviverá e o mais fraco extinguirá; etc.

Os autores explicam as causas do pensamento teleológico ser tão presente nas concepções alternativas dos estudantes, pois, para eles, as explicações teleológicas advêm dos nossos esforços racionais e empíricos de compreender e explicar os fenômenos cotidianos. Esse esforço intuitivo ocasiona uma tendência racional em direção ao egoísmo, já que nós, seres

humanos, temos a capacidade de planejar e fazer coisas intencionalmente; assim, projetamos nos outros seres vivos e processos biológicos a mesma intencionalidade (HAYDOCK; ARUNAN, 2013).

Também, é reforçada a tese teleológica pela simplicidade das explicações que oferecemos, pois a realidade é complicada, interconectada e difícil de entender. Assim, é mais simples pensar que as aves têm asas pela necessidade de voar, do que pensar que, em um grupo de animais sem asas, surgiram alguns indivíduos com asas, o que lhes conferiu vantagem sobre seus parceiros e a característica foi transmitida para os seus descendentes. O processo de seleção natural é mais difícil de entender do que uma explicação teleológica, por isso, ela está mais presente nas concepções alternativas dos estudantes (HAYDOCK; ARUNAN, 2013).

Para Ceschim e Caldeira (2020), as concepções alternativas dos estudantes sobre evolução são complexas e contraintuitivas, então, o professor não pode esperar deles concepções muito elaboradas ou muito próximas do parâmetro científico. Assim, o professor, antes de ensinar evolução biológica, precisa reconhecer que os estudantes já têm ideias acerca da origem dos seres vivos e que, muitas vezes, essas ideias são essencialistas ou criacionistas.

Isso implica que:

[...] um importante passo para introduzir o conhecimento evolutivo é construir o conceito de variabilidade, com exemplos concretos. Outro passo importante é reconhecer que os produtos evolutivos resultam historicamente de muitas perdas (mortes) de seres vivos que não tinham bom (ou o melhor) desempenho em um dado contexto. Tais passos, em conjunto com a identificação de inúmeras imperfeições dos seres vivos (e da permanência de estruturas sem função, como órgãos vestigiais), podem esclarecer as principais contradições entre um pensamento criacionista-essencialista e o pensamento evolutivo (CESCHIM; CALDEIRA, 2020, p. 44).

Outro ponto importante para um ensino-aprendizagem adequado da evolução é a motivação e esforço intencional por parte dos estudantes para aprendê-la, uma vez que é um conhecimento de alta complexidade. Se os estudantes não estiverem dispostos ou receptivos a esse conhecimento, a aprendizagem tornar-se-á mais difícil e custosa, assim, é essencial que os estudantes não entendam as teorias evolutivas como ameaça às suas convicções religiosas (CESCHIM; CALDEIRA, 2020).

Desse modo, para que os estudantes avancem para níveis mais satisfatórios de compreensão da evolução, é preciso que a aprendizagem seja consentida, intencional e o professor precisa dispor de exemplos reais, diminuindo, de certo modo, a abstração de tais conhecimentos, considerando-o mais concreto, mais próximo da realidade dos alunos. Para isso, várias habilidades cognitivas são requeridas, a saber: formar o pensamento populacional,

identificar o conceito de variabilidade, identificar a natureza contingente da produção da variabilidade etc. (CESCHIM; CALDEIRA, 2020).

Para finalizar, as autoras sintetizam uma série de contribuições didáticas para que a evolução biológica seja resultado de uma aprendizagem significativa. São extensas, mas consideramos relevantes para essa discussão: o ensino de evolução não pode ser construído por mera exposição monóloga do professor, mas sim pela relação dialógica, assim como precisa estar atento às concepções alternativas dos estudantes acerca do tema, sendo que não pode depreciar ou ignorar as crenças dos estudantes, ao invés disso, eles poderão compatibilizá-las com o conhecimento científico; não é necessário romper com o criacionismo, pois, embora o fixismo e o essencialismo possam fazer parte do pensamento dos estudantes, eles poderão conviver harmonicamente num perfil epistemológico com o pensamento evolutivo; já a questão dos alunos entenderem evolução como progresso, perfeição ou aumento de complexidade poderá ser enfrentada apontando suas lacunas, sendo necessário que o professor proporcione situações em que os estudantes interpretem os porquês evolutivos de exemplos concretos, assegurando que eles compreendem mutação e seleção natural como processos independentes e superando a ideia de herança dos caracteres adquiridos por meio da compreensão de que as mutações se tornam herdáveis somente quando presentes em células germinativas; também, é preciso evitar afirmar que o organismo está ou é adaptado, evitar os termos vantajoso ou benéfico e diferenciar a adaptação fisiológica de adaptação evolutiva, apresentando exemplos reais de perdas de estruturas funcionais e de comparação entre estruturas mais ou menos complexas entre diferentes linhagens, evitando, assim, a ideia de que a complexidade é tendência evolutiva (CESCHIM; CALDEIRA, 2020).

Já sobre as *insuficiências dos professores*, podemos destacar a insegurança, medo de conflitos e dificuldades de planejamento e metodológicas. As pesquisas de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003), Tidon e Lewontin (2004), Goedert, Leyser e Delizoicov (2006), Corrêa et al. (2010), Silva, Silva e Teixeira (2011) e Oleques, Boer e Bartholomei-Santos (2013) discutem os problemas com relação à evolução biológica na formação inicial de professores de biologia e apresentam propostas de soluções.

A pesquisa de Goedert, Delizoicov e Rosa (2003) aponta que, num levantamento realizado por elas, em teses e dissertações sobre as problemáticas da formação de professores de biologia, encontraram, como principais limitações: (i) a *dicotomia entre teoria e prática*, decorrente do modelo de formação pautado na racionalidade técnica; (ii) o *modelo pedagógico assumido tradicional*, no qual os professores assumem o processo de ensino aprendizagem

como transmissão-recepção de conhecimentos; (iii) a uma *concepção empirista-positivista* das Ciências. Para elas, “[...] compreender o que seja evolução deveria ser parte obrigatória da formação intelectual, principalmente de todos os professores que ministram aulas de Ciências e de Biologia” (p. 3). E, por entender que esse tema é gerador de controvérsias, mas detém um caráter essencial ao conhecimento biológico, ele deve ser contemplado de maneira clara e integrada com os outros saberes biológicos, durante a formação inicial de professores de biologia (id.).

Na pesquisa de Tidon e Lewontin (2004), os autores propõem que, para superar as dificuldades apresentadas pelos professores, deve-se investir na formação inicial e continuada desses profissionais. Esses cursos devem incluir a identificação de suas concepções alternativas e a proposição de mudança conceitual, bem como atualização do conhecimento evolutivo, como também deve fornecer os instrumentos necessários para esses professores em termos de estratégias e ferramentas didáticas.

Em um trecho do **EGF 4**, é possível identificar, na discussão que ocorria, algumas dificuldades relatadas pelos professores em formação inicial que corroboram as categorias do Quadro 9. Nesse momento, discutiam-se as deficiências encontradas pelos professores em formação inicial em seu curso, o que dificultou o planejamento de suas sequências didáticas no enfoque evolutivo:

(P) Vocês lembram de quando vocês aprenderam isso na graduação? Protozoários?

(A10) Foi trabalhado na zoologia de invertebrados 1...

(A1) Mas eu acho que não com esse olhar [enfoque evolutivo] e quando falavam, por exemplo, ah isso não tem valor taxonômico, essa questão também de monofilético, parafilético...

E,

(A7) Eu lembro no primeiro ano, quando o professor falava em monofilético, parafilético, eu... pera aí o que é isso?

(A8) Eu acho que essa questão de planejamento relacionando essa questão de evolução, acho que todo mundo vai ter essa dificuldade, porque é muito complicado, entendeu, porque o conteúdo fica mais complexo ainda, a gente está com a parte de membrana plasmática, citoplasma e organelas [...] aí a gente pensou em focar a evolução na parte de mitocôndrias e cloroplasto, seria a endossimbiose [...]

Com base nesse trecho, é possível inferir que as defasagens na formação inicial dos sujeitos da pesquisa interferiram negativamente no planejamento e aplicação das sequências didáticas. Esse problema, também relatado por Goedert, Leyser e Delizoicov (2006), reforça a necessidade de haver um tratamento inter-relacionado dos conhecimentos biológicos, tendo os conceitos evolutivos um papel direcionador, norteador, ou seja, os conhecimentos das diferentes áreas das ciências biológicas deveriam ser abordados num enfoque evolutivo para que esses futuros professores possam trabalhar também desse modo, quando estiverem no exercício da profissão.

Corroboram nossas ideias Goedert, Leyser e Delizoicov (2006, p. 38), ao defenderem:

[...] que o tema de Evolução Biológica seja trabalhado de maneira integrada com os outros conhecimentos da Biologia, consideramos importante não somente o domínio dos conteúdos específicos pelo professor, mas também que este possua uma boa formação pedagógica. Esta é imprescindível para que o professor saiba lidar com possíveis situações conflituosas que decorrem da abordagem da Evolução Biológica, como aquelas envolvendo as crenças religiosas dos alunos.

Entretanto, em meio às dificuldades apresentadas pelos professores em formação inicial, tanto antes de iniciar a regência como durante o planejamento das sequências didáticas, foi possível verificar, analisando a SD de A1 (Quadro 11) e A10 (Quadro 12), que eles avaliaram como positivos os resultados. Ademais, afirmaram, em suas reflexões finais, nas referidas SD, que o trabalho no enfoque evolutivo foi satisfatório, como podemos ver nos trechos destacados em cinza das próprias reflexões das SD.

Quadro 11 – Sequência Didática de A1

Sequência Didática A1		Ano/(Série): 1º Série/EM	
Conteúdo(s)			
<ul style="list-style-type: none"> – Retomada do Reino Monera – Reino Protocista 			
Objetivo(s)	Ações (encaminhamentos, metodologias, técnicas e/ou recursos)	Avaliação	Reflexões
<ul style="list-style-type: none"> – Iniciar uma análise comparativa sobre as diferenças evolutivas entre Monera e Protocista, principalmente quanto organização celular; – Introduzir conceitos de organismos uni ou pluricelulares e teoria da endossimbiose, com o intuito de enfatizar o caminho pelo qual a ciência explica a complexidade celular; 	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciaremos com a discussão sobre as principais diferenças sobre Monera e Protocista, este considerado o primeiro grupo de eucariontes, com o intuito de que os alunos não tratem esses organismos de formas isoladas e distantes, mas que compreendam os processos evolutivos envolvidos entre os organismos que os possibilite sucesso, embora pertençam a grupos distintos por suas características próprias. – Para demonstrar essas diferenças, o quadro será utilizado para ilustração de indivíduos representativos de cada grupo, enfatizando a organização celular de cada um, no que se refere aos termos uni e pluricelulares, procarionte e eucarionte. – Cada aluno receberá um desenho esquemático, (imagem de uma célula procariótica, uma célula eucariótica animal e uma vegetal sem os nomes de suas estruturas) ilustrando as principais características a serem discutidas durante a aula para que possam fazer anotações e, posteriormente, o cole no caderno para possíveis consultas. – Para complementar as diferenças levantadas, os alunos serão questionados a respeito da diversificação dos seres vivos, a partir de células de composição simples, os Procariontes. – Para isto, farei uso da explicação da Teoria da Endossimbiose ou Simbiogênese para demonstrar o surgimento de organismos com maiores níveis de compartimentalização/organização celular e para isto também será entregue um esquema ilustrativo (imagem ilustrativa da Teoria da Endossimbiose ou Simbiogênese) para que os alunos acompanhem a explicação. – Durante este assunto, serão enfatizados conceitos como ‘evolução gradual e não direcionada’ e ‘seleção natural’, e será demonstrado em sala, um modelo didático de célula eucarionte que se encontra como material de apoio na escola para melhor demonstrar as estruturas e organização celular. 	<ul style="list-style-type: none"> – Observar a participação e compreensão dos alunos durante a aula, a partir de discussões e interpretações de esquemas ilustrativos no quadro e caderno que estimulem a interação do aluno para conclusão da atividade. – Pautadas em avaliação continuada. 	<p>Durante o planejamento das ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais as dificuldades para planejar a minha aula? – Adequar o assunto ao enfoque evolutivo, de forma que os alunos compreendessem os processos evolutivos na diversificação dos seres vivos estudados de forma clara, ainda mais por se tratar de assunto temido até mesmo pelos professores. • O que eu pretendo com as minhas ações? – Interação dos alunos em sala de aula; compreensão do papel evolucionista no desenvolvimento e diversificação dos seres vivos, a partir de eventos graduais selecionados pelo meio (biótico e abiótico). <p>Após a aula:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atingi meus objetivos? – Sim. Os alunos compreenderam a evolução no contexto biológico, a partir das diferenças apresentadas entre os procariontes e eucariontes.

Fonte: Dados da pesquisa. Adaptado pelo autor da sequência didática elaborada pelo sujeito da pesquisa A1.

Quadro 12 – Sequência Didática de A10

Sequência Didática A10		Ano/(Série): 1º Série/EM	
Conteúdo(s)		<ul style="list-style-type: none"> – Retomada do Reino Monera – Reino Protocista 	
Objetivo(s)	Ações (encaminhamentos, metodologias, técnicas e/ou recursos)	Avaliação	Reflexões
<ul style="list-style-type: none"> – Diferenciar organismos do reino Monera e do reino Protocista; – Compreender a origem do reino Protocista e relacioná-la ao momento geológico em que o planeta Terra se situava; – Identificar a existência dos termos Protista ou Protocista, mas perceber que ambos remetem ao mesmo grupo; – Compreender a Teoria da Endossimbiose e sua importância na evolução e diversificação das espécies; – Reconhecer a importância econômica e ambiental deste reino. 	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciar a aula retomando brevemente as características principais do reino Monera, trabalhado anteriormente pela professora, que tenham relação com o reino Protocista, verificando assim os conhecimentos prévios dos alunos; – Na sequência, comentar então sobre o reino que será estudado, o reino “Protista”, conversando sobre o significado do termo protista (do grego, “primeiro de todos”), demonstrando também que há consenso sobre a ideia destes organismos terem sido os primeiros organismos eucariontes na história evolutiva; – Distribuir trecho impresso do livro didático que discute a problemática existente entre os termos protista ou protocista, enfatizando que ambos não possuem valor taxonômico, sendo somente um termo para designar coletivamente os organismos; – Retomar a questão histórica do reino. Mencionar brevemente sobre o cenário primitivo da Era/Éon Pré-cambriana(o), em que se acredita que estes organismos tenham iniciado sua trajetória, podendo mostrar imagens da época na Tv pen-drive; Durante a explicação, montar uma linha evolutiva com os alunos, colocando no quadro as informações fornecidas sobre data, ocorrência do fato, colocando também a informação, por exemplo 	<ul style="list-style-type: none"> – Avaliar a participação dos alunos durante as aulas na medida em que sejam abertos momentos de discussão. 	<p>Durante o planejamento das ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Quais as dificuldades para planejar a minha aula? <p>Planejar a quantidade necessária de aulas para cada conteúdo e ter domínio do conteúdo em questão, visto que o assunto está constantemente sofrendo alterações.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Minhas facilidades, minhas dificuldades? <p>Facilidades: acesso a diversas fontes de informação, principalmente a Internet, e familiaridade com parte do conteúdo. Dificuldades: distribuir o conteúdo para cada aula de forma satisfatória e, principalmente, relacionar todo o conteúdo com a evolução biológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Que ações eu planejo realizar? <p>Trabalhar os conteúdos de forma a elucidar a importância da evolução biológica.</p> <ul style="list-style-type: none"> – O que eu pretendo com as minhas ações? <p>Instigar os alunos a pensarem sobre questões intrínsecas à existência dos seres vivos.</p> <p>Após a aula:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como ocorreu a minha aula? <p>Iniciei a primeira aula me apresentando aos alunos e destacando a importância do estágio supervisionado para os alunos de licenciatura. Questionei quantos deles gostavam da disciplina de Biologia e somente alguns se pronunciaram. Expliquei que a Biologia explicava, por exemplo, qual a origem dos seres vivos, incluindo nós os seres humanos. Levantei os conhecimentos prévios dos alunos acerca de todos os conceitos que trabalhei, buscando utilizar termos que já lhes eram comuns. Ambas as aulas foram expositivas dialogadas, buscando sempre a interação dos alunos. Três alunos saíram no início da aula alegando que iriam fazer avaliação de outra disciplina, retornando na metade da aula. Em comparação com outras turmas, a turma de regência possui claramente</p>

	<p>da data que os dinossauros estavam presentes sobre a Terra, mostrando o grande espaço de tempo existente.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Continuando nesse “gancho” evolutivo, trazer a questão da Teoria da Endossimbiose, utilizada para explicar a grande diversificação dos protistas, utilizando para isso um esquema no quadro (esquema impresso ou imagem) que simplifique o processo. Explicar de forma simplificada essa teoria, bem como o que ela resultou (na maior eficiência dos processos realizados pela célula). – Enfatizar a diferença entre organismos unicelulares e pluricelulares, além das formas coloniais encontradas em algumas algas; – Finalizar questionando os alunos sobre a importância econômica e ambiental do reino Protoctista, se os mesmos têm ideia de alguma situação em que os integrantes deste reino são importantes (tanto benéfica como maleficamente). Se houver tempo, falar com eles sobre o assunto. Caso não dê, solicitar que tragam exemplos para a próxima aula. – Obs.: Caso haja sobra de tempo, distribuir imagem que ilustra a árvore da vida constituída por inúmeros galhos ramificados, comentando com os alunos que a diversidade biológica é extremamente grande, e nós humanos somos somente uma parte dela. 	<p>maior número de alunos que conversam paralelamente a explicação. A professora supervisora estava presente na maior parte do tempo das aulas, e chamou a atenção dos alunos somente uma vez.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Atingi meus objetivos? <p>Haviam sido planejadas duas horas/aula para o conteúdo descrito no roteiro, entretanto, o conteúdo de Protoctistas foi remanejado para a semana seguinte, pois senti a necessidade de utilizar uma aula para explicar detalhadamente a Teoria da Endossimbiose. Considerei de extrema importância que os alunos compreendessem o assunto, visto que explica a diversidade de grande parte dos seres vivos. Acredito que o objetivo de trabalhar os conteúdos com enfoque evolutivo foi alcançado com sucesso. Durante as aulas reforcei aos alunos que a evolução biológica não é direcional, não tendo um propósito, e ocorre constantemente.</p> <ul style="list-style-type: none"> – O que deu errado ou certo? <p>A maioria dos alunos não participava verbalmente durante as aulas e tive dificuldade em incentivá-los a participar. Porém, uma das alunas que fez inúmeros questionamentos afirmou ter compreendido o conteúdo da forma que expliquei. Notei também uma progressão da participação dos alunos da primeira para a segunda aula. Apesar de ter imaginado as aulas como descrito no roteiro, modifiquei sua ordem de acordo com o andamento das aulas, ponto que considero positivo, uma vez que demonstra a contribuição dos alunos com seus conhecimentos prévios. Além disso, as imagens passadas na TV pen drive ficaram em tamanho muito reduzido, dificultando sua visualização e interpretação pelos alunos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como buscar melhorar em uma próxima atuação? <p>Instigar maior participação dos alunos, o que pode ser alcançado por substituir a aula expositiva dialogada por atividades práticas, jogos, trabalhos, etc. Controlar com maior eficiência conversas paralelas durante a aula, as quais atrapalham a construção de uma linha de raciocínio pelos demais alunos.</p>
--	---	--

Fonte: Dados da pesquisa. Adaptado pelo autor da sequência didática elaborada pelo sujeito da pesquisa A10.

Analisando essas sequências didáticas (Quadro 11 e 12), é possível perceber que, mesmo diante das fragilidades de uma formação insuficiente em questão de conhecimentos evolutivos, que lhes foi proporcionada, os professores em formação inicial, ao planejarem e aplicarem suas SD sobre os conhecimentos dos Reinos *Monera* e *Protoctista*, conseguiram encontrar soluções adequadas e atingiram seus objetivos, que era ensinar esses conhecimentos num enfoque evolutivo.

Essa percepção começa a nos oferecer indícios de que não é impossível ensinar os variados conhecimentos biológicos num enfoque evolutivo. Outra percepção é a de que, mesmo diante de uma formação inicial precária, que não integra os conhecimentos biológicos num enfoque evolutivo, não os inter-relaciona, os futuros professores conseguiram buscar, aprender, planejar e pôr em prática uma sequência de ensino de biologia evolutivamente.

Todavia, tanto as categorias iniciais quanto os trechos dos EGF 4 corroboram a ideia da deficiência na formação inicial para o planejamento e implementação de sequências de ensino num enfoque evolutivo. Desse modo, as categorias iniciais do Quadro 9 culminaram na categoria intermediária CT4, que foi: *Avaliam sua formação inicial insuficiente, sendo que as dificuldades são oriundas do currículo do curso, dos próprios acadêmicos e/ou dos docentes do curso.*

Por fim, destaca-se que a evolução biológica tem sido considerada um eixo unificador dos conhecimentos biológicos e, mesmo assim, as pesquisas na área de ensino de Biologia evidenciaram que os alunos têm apresentado diferentes dificuldades para compreender as teorias, processos e mecanismos evolutivos. Nesse sentido, “[...] os cursos de licenciatura em Ciências Biológicas devem estar atentos para a formação de professores com conhecimento sobre a teoria evolutiva e sobre o processo de ensino e aprendizagem desta temática” (CORRÊA et al., 2010, p. 234).

Quando avançamos a análise para o Quadro 10, verificamos que emergiram dos dados as seguintes categorias iniciais: *CII5. Abordando os conhecimentos evolutivamente*, *CII6. Diversificando as metodologias*, *CII7. Estimulando a participação dos alunos nas aulas*, *CII8. Atualizando-se constantemente* e *CII9. Revisando o material didático*. Essas categorias se referiam à forma com que os professores em formação inicial pretendiam contribuir com a mudança no panorama deficitário do ensino de biologia atualmente.

Podemos compreender dessas categorias que os professores em formação inicial buscaram justamente formas intuitivas e criativas de superar as dificuldades, que apresentamos na discussão anterior. Consideramos que essas atitudes foram positivas para a construção de

uma formação inicial mais crítica e reflexiva, pois pesquisaram ativamente soluções para os problemas com que se depararam: formação ineficiente, dificuldades apresentadas pelos alunos e suas próprias concepções.

Em outro trecho do **EGF 2**, é possível perceber as dificuldades e, ao mesmo tempo, o empenho dos professores em formação inicial em aprender, buscar para poder construir propostas de ensino no enfoque evolutivo com qualidade:

(P) Será que é muito difícil ensinar para as crianças, os maiores e até os pequenos, as evidências da evolução, por exemplo?

(A4) Eu acho que não, porque cada vez que você olha para uma criança de quatro anos e ela sempre pergunta ali dos bichinhos [...] eu meio que tentei fazer uma simulação de como seria um cladograma [...] ela me perguntou de um bichinho e de outro e outro, eu meio que disse olha esse bichinho aqui é parente daquele... eu acho que dá para trabalhar, mas requer conhecimento...

(A3) Talvez vá de o professor estudar mais, buscar, elaborar material, mas eu acho que tem como...

(A10) É uma questão de como trabalhar, como que a gente pode mudar isso, ah ensinando eles a serem mais críticos, porque fica sempre no como...

E, em outro trecho, mas do **EGF 3**:

(A10) O que eu acho legal, até fui atrás dessas informações assim, que você começa a pesquisar e cada vez achar mais coisas, mais coisas, mas o legal é que por mais que esses organismos sejam muito diferentes não é só por isso que você vai dizer que são evolutivamente próximos, você tem que ter toda essa parte de genética todos os estudos, o porquê...

(A4) É a molecular, foi um grande avanço nesse sentido e dá pra fazer uma analogia evolutiva com as organelas, basicamente vai mostrar a evolução, a maior complexidade desses seres, frente a evolução das organelas...

E,

(A10) Eu trouxe o livro se quiser dar uma olhada...

(P) Isso fica mais didático, o livro traz essa nova classificação...

(A10) Na verdade esse não é o livro que os professores de biologia usam, esse é o livro que o professor encontrou... mais atualizado...

(P) Mais atualizado, então essa aí é uma árvore filogenética dos eucariontes...

(A10) E assim dá para ver ali que tem uns asteriscos vermelhos que significa que os grupos são aparentados, pode ver que cada linha evolutiva você tem um grupo que é aparentado, então isso significa que eles são polifiléticos...

(A4) Todos têm asteriscos, porque na verdade eles são grupos irmãos, não são?... eles são grupos irmãos, mas não são monofiléticos... E está atualizado já né?

Com esses trechos, é possível perceber também que o trabalho coletivo pode proporcionar maior envolvimento dos sujeitos nas atividades por eles realizadas. Para Malucelli (2007), seria ideal que o trabalho do professor fosse um trabalho coletivo do início ao fim, em todo o processo ensino e aprendizagem, começando na preparação das aulas e culminando na avaliação.

Dessa forma, a complexidade da atividade docente deixa de ser vista como um obstáculo à eficácia e um fator de desânimo, para tornar-se um convite a romper com a inércia de um ensino monótono e sem perspectivas e, assim, aproveitar a enorme criatividade potencial da atividade docente. Trata-se, portanto, de orientar tal tarefa docente como um trabalho coletivo de inovação, pesquisa e formação permanente (MALUCELLI, 2007, p. 115).

Essa perspectiva do trabalho coletivo, adotada intencionalmente durante a execução da pesquisa, buscou integrar os professores em formação inicial, estimulá-los na busca por soluções para os problemas enfrentados e diminuir a sensação de impossibilidade, de fracasso. Com isso, os sujeitos da pesquisa sentiram-se estimulados e foram em busca de diferentes propostas, recursos e alternativas para conquistar os objetivos de ensinar biologia num enfoque evolutivo.

Esse entusiasmo pode ser verificado na diversidade de recursos, técnicas e instrumentos didáticos utilizados pelos professores em formação inicial na construção das SD. Encontramos alguns trechos, que demonstram o interesse dos professores em formação inicial por buscar e propor atividades, técnicas e recursos diferenciados para tornar suas aulas mais atraentes. No **EGF 3:**

(P) Eles são muito desinteressados então tem que pensar nisso também...

(A7) Verdade...

(A10) Ano passado eu levei um vídeo de cnidários, do ciclo, é bem simplificado assim...

(A7) É o visual que ajuda...

E,

(A1) Tem uma prática que é bem legal, mas acho que vai demandar muito tempo, lembra aquela que a gente fez? Que preparamos?

(A3) Que tinha o fungo, que a gente fez?

(A10) Ah tá a de microincubação que você está falando?

(A1) É tem a microincubação, a gente ia trazer aqui, preparar lá...

(A10) É uma prática muito legal...

(A1) Só que eu acho que não ia dar tempo...

(A7) Tem a prática do balão também...

Também,

(A10) Eu falei para eles sobre um site que era bem completo e na outra semana os alunos: ah eu vi lá naquele site e tal...

(A4) Se tivesse um aplicativo para eles estudarem certos conteúdos eles estariam estudando em casa...

(A7) Pode trazer uma notícia atual, sobre doenças, que eu acho que é bem legal essa parte de notícias de divulgação. Eu tenho um módulo inteiro de fungo, mas é muita coisa para trabalhar...

E, no **EGF 4**:

(A8) Ah... fala da prática da membrana...

(P) A prática da membrana, lembra? Eu achei bem interessante...

(A13) É para demonstrar que a membrana não é algo sólido [...] a membrana não é rígida, ela é algo maleável, então pega um vidro grande transparente, coloca água e em cima coloca bolinhas de isopor coloridas de azul, outras de vermelho para representar as proteínas de transporte, as bombas e para demonstrar como que é algo tridimensional [...]

E,

(A13) A gente vai fazer uma aula prática, uma aula com jogos e vai falar sobre a imagem de uma organela, sobre as funções de uma organela e sobre o nome de uma organela e mais uma outra coisa...

(P) Um jogo?

(A13) É o jogo das organelas... cada aluno recebe quatro cartas e a gente vai fazer também uma apresentação, que eles façam em uma noite [...]

Também,

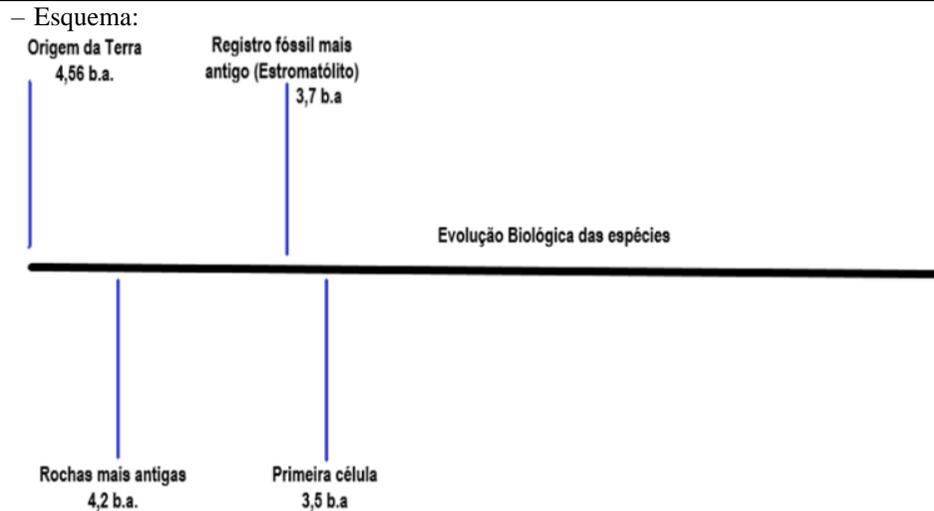
(A7) Tem uma revista bem legal de materiais didáticos que é aquela revista Genética na Escola, ela tem vários materiais didáticos, não é só de genética... é de várias coisas, é uma revista com várias coisas, igual uma revista de periódicos, ela tem várias edições, vários volumes, bem legal, é basicamente isso, só que ela tem vários jogos assim, tem jogos de evolução, tem jogos de genética...

Diante desses trechos, que corroboram o proposto, nas categorias iniciais do Quadro 9, podemos identificar que a proposta do trabalho coletivo funcionou bem para o grupo de professores em formação inicial, incentivando-os a buscar meios de ensinar os conteúdos de biologia no pretendido enfoque. Identificamos também que, assim como se propuseram inicialmente, utilizaram diferentes instrumentos e técnicas didáticas para diversificar suas aulas e torná-las mais atrativas aos alunos para além de uma abordagem evolutiva.

Nas SD de A2 (Quadro 13) e A5 (Quadro 14), apresentadas na sequência, é possível identificar tanto as dificuldades e angústias, durante o planejamento, como as alternativas que encontraram para trabalhar e superar esses problemas. Ao final, podemos ver que consideraram satisfatórios os resultados que obtiveram e que alcançaram seus objetivos com as aulas, da forma que planejaram.

Quadro 13 – Sequência Didática de A2

Sequência Didática A2		Ano/(Série): 1ª Série/EM	
Conteúdo(s)		– Tipos celulares e sua morfologia;	
Objetivo(s)	Ações (encaminhamentos, metodologias, técnicas e/ou recursos)	Avaliação	Reflexões
<ul style="list-style-type: none"> – Compreender a organização de uma célula em formato tridimensional e os tipos celulares; – Reconhecer a existência dos diferentes tipos celulares; 	<ul style="list-style-type: none"> – Iniciar a aula com uma pergunta para o levantamento de conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de células, as perguntas serão: <i>O que vocês lembram sobre o conteúdo de células já visto em outros anos? Como vocês as definem? Onde elas estão presentes? Quais são os tipos básicos de células?</i> A partir disto, as respostas dos alunos darão início ao conteúdo sobre estrutura celular; – Células são as menores unidades de um ser vivo, são consideradas unidades da vida. As células são constituídas por inúmeras substâncias orgânicas, distribuídas e combinadas de forma organizadas. Estão presentes em organismos celulares, compondo os tecidos em seres pluricelulares. As células também possuem um metabolismo próprio, além de possuir capacidade de se dividir e ser originada apenas de outra célula. Estes pressupostos compõe a teoria celular. Os tipos celulares são: Procariótica, célula sem a presença de núcleo e com DNA circular, embora alguns procariotos tenham sido descritos recentemente com DNA linear; Eucariótica, com delimitação de membrana nuclear e DNA associado a proteínas, e que podem ser de dois tipos: animais e vegetais (que será visto na aula posterior). – Para isto, será citado como as células surgiram, a partir do questionamento aos alunos: <i>Mas como a primeira célula surgiu?</i> – Após as possíveis respostas dos alunos se dará continuidade a explicação: A terra possui aproximadamente 4,56 bilhões de anos; as rochas mais antigas são datadas em 4,2 bilhões de anos e o primeiro fóssil de uma célula, ou algo próximo a uma célula, tem 3,7 bilhões de anos, como exemplo temos os estromatólitos na Groenlândia, eles são então considerados o registro fóssil mais antigo. Os pesquisadores sobre a origem da vida têm como objeto de seus estudos, o período de transição entre o que não tinha vida para o que possuía vida, ou seja, de 3,9 a 3,7 bilhões de anos, tentando identificar os processos que ocorreram neste período para a evolução molecular e o surgimento da primeira célula, através de formulação de hipóteses e desenvolvimento de pesquisas e experimentos. – Será desenhado no quadro um esquema de linha tempo para exemplificar em que momento se sugere que tenha surgido a primeira célula; 	<ul style="list-style-type: none"> – Avaliar o conhecimento prévio dos alunos e a participação dos mesmos durante as aulas. 	<p>Durante o planejamento das ações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais as dificuldades para planejar a minha aula? – Utilizar uma abordagem evolutiva para o conteúdo de células. • Minhas facilidades? – Minha facilidade em planejar foi dominar o conteúdo de célula. • Que ações eu planejo realizar? – Promover vários questionamentos durante as aulas, utilizando uma linha do tempo fazendo relações com o início da vida na Terra, a Terra primitiva, para que o aluno tenha uma visão dos acontecimentos até o surgimento dos primeiros seres celulares. • O que eu pretendo com as minhas ações? – Que os alunos compreendam a origem da célula, relacionando todos os seus acontecimentos e como se originaram os demais tipos celulares.



Fonte: Elaborado pelas estagiárias.

– O surgimento da primeira célula será contextualizado também com o ambiente presente na Terra na época citada e a teoria da sopa primordial: A atmosfera primitiva, segundo hipóteses de pesquisadores, era composta por hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio que se interagiam formando compostos como a amônia (NH_3), metano (CH_4), formaldeído (HCHO), ácido cianídrico (HCN) e vapor d'água. As intensas atividades vulcânicas seguidas de um intenso resfriamento do planeta certamente contribuíram para a mudança na composição da atmosfera primitiva original. Esta sucessão de eventos adicionou outros compostos à atmosfera, como o dióxido de carbono (CO_2) e dióxido de enxofre (SO_2), e diminuiu a concentração de metano. O oxigênio não é proposto nestas hipóteses pelo fato de que, este gás é resultado dos processos de fotossíntese dos primeiros seres fotossintetizantes, que se estima que tenham surgido há cerca de 2,7 bilhões de anos. Após o surgimento desses primeiros seres, se calcula que um rápido acúmulo de oxigênio ocorreu em torno de 2 bilhões de anos, fato este que se deve a proliferação de cianobactérias fotossintetizantes. Este resfriamento do planeta, fez com a água transitasse para o estado líquido, pois a água até então estava presente apenas em seu estado gasoso, tornando possível a formação de lagos, lagoas e oceanos. Foi nessas águas que moléculas como ácidos cianídrico e formaldeído, interagiram para formar compostos cada vez mais elaborados, em meio aquoso e aquecido, sendo chamado de "sopa primordial". Ao longo do tempo existiram vários estudiosos que tentaram explicar a origem da vida. As primeiras explicações sugeriam que a vida se originava espontaneamente, esta teoria ficou conhecida como Teoria da Abiogênese. Nesta

Após a aula:

- Como ocorreu a minha aula?
- A aula teve bastante participação da parte dos alunos, acharam interessante o uso da linha do tempo, reconheceram que algumas informações eles não tinham conhecimento, como os estromatólitos.
- Atingi meus objetivos?
- Sim.
- O que deu errado ou certo?
- Houve um pouco de indisciplina na sala, porém dentro da normalidade.
- Como buscar melhorar em uma próxima atuação?
- Levar imagens que reforcem o aparecimento de estruturas celulares durante o tempo.

	<p>teoria, era proposto que certos tipos de organismos se originavam de lama, madeiras e outros seres em decomposição e alguns animais surgiam por transformação de outros animais. Por exemplo, os gansos poderiam se originar de crustáceos. Na época essa ideia era aceita por todos, visto que este pensamento era frequente até meados de 1860. A teoria da biogênese, por sua vez, surgiu para contrapor a ideia de que a matéria bruta poderia originar um novo ser. Segundo a biogênese, todos os seres vivos são originados de outros seres vivos preexistentes, ou seja, um rato não pode nascer a não ser de outro rato. Espécies de anfíbios e répteis só podem nascer de espécies preexistentes desses animais. Essa ideia hoje é bem entendida por todos, entretanto, para refutar a teoria da abiogênese, diversos pesquisadores dedicaram anos de estudo para a compreensão dessa questão. Os estudos mais marcantes realizados para explicar a biogênese foram feitos por Francesco Redi e Louis Pasteur.</p> <p>– Outro questionamento será realizado em seguida: <i>Mas quem descobriu as células? O pesquisador tinha o objetivo de descobrir a célula?</i> Após será descrito o experimento de Robert Hooke, tendo como objetivo descrevendo seu experimento, o que ele tinha intenção de observar e o nome que ele deu a estrutura observada no microscópio, assim como os posteriores reconhecimentos de seu trabalho; Robert Hooke (1635-1703), é comumente conhecido como precursor da descoberta da célula. Esta afirmação feita inúmeras vezes é um pouco equivocada. Robert Hooke analisou uma fina fatia de cortiça com seu microscópio. Em suas observações, assemelhou a estrutura da cortiça a favos de abelha, explicou também sua leveza, compressibilidade e impermeabilidade, como também fez com outros materiais e objetos como areia, flocos de neve, cinzas e outras coisas. Ao analisar outros vegetais também observou as mesmas estruturas porosas nas quais ele tinha observado e esquematizado. O objetivo de Hooke não era observar uma célula, pois ele observava tudo o que tinha interesse. Mesmo ele sendo o primeiro a observar uma estrutura e denominar como célula, embora este também não seja o nome dado por ele, ele não deve ser considerado como fundador da citologia. Ele apenas descreveu a forma através de desenhos, não contribuindo assim para a teoria celular.</p> <p>– Será descrito os tipos celulares, ou seja, a célula procariota e eucariota com mais detalhes, pois no início da aula a intenção era somente relembrar. Para isto será utilizado um modelo didático de célula eucariótica presente na escola e de célula procariótica, este último elaborado pelas estagiárias; Célula procariota: Como já dito, a célula procariótica não contém núcleo delimitado por membrana, seu material genético fica disperso no citoplasma, linear (não se associa a proteínas, não formando cromossomos), no citoplasma é possível encontrar ribossomos, pois são fundamentais, visto que são responsáveis pela síntese de proteínas. Célula Eucariótica: A célula eucariótica possui DNA, associado a proteínas, formando os cromossomos, este material está presente no núcleo delimitado por duas membranas, possui diferentes compartimentos responsáveis por diversas funções na célula; O tipo celular que se</p>		
--	---	--	--

	<p>acredita que seja o mais ancestral é o da célula procariota do domínio archaea (de antigo); veremos mais adiante como surgiram as células eucariotas e em qual período ela se originou;</p> <p>– Para explicar a estrutura celular, será citado seus principais componentes: a membrana celular, citoplasma e o núcleo, descrevendo suas estruturas basicamente e funções. Os componentes serão apenas descritos simplificada, pois o objetivo é aprofundar a explicação, posteriormente, sobre cada uma destas estruturas: A membrana plasmática é formada por uma bicamada fosfolipídica, têm como funções: mediar o transporte de substâncias, coordenar a síntese de microfibrilas, receber e transmitir sinais hormonais; O citoplasma é o espaço intracelular entre a membrana plasmática e o envoltório nuclear, preenchido por substância semilíquida denominada hialoplasma, onde as organelas celulares ficam suspensas. É um local de armazenamento de substâncias e onde ocorrem reações metabólicas vitais. O núcleo é uma estrutura delimitada por uma bicamada fosfolipídica denominada carioteca e possui um nucléolo (região rica em RNA e proteínas). No núcleo está contido o material genético associado a proteínas, formando os cromossomos.</p> <p>– Ao final os alunos desenharão uma célula procariótica e uma célula eucariótica no caderno e farão uma descrição simples sobre cada tipo de célula.</p>		
--	---	--	--

Fonte: Dados da pesquisa. Adaptado pelo autor da sequência didática elaborada pelo sujeito da pesquisa A2.

Quadro 14 – Sequência Didática de A5

Sequência Didática A5		Ano/(Série): 2ª Série/EM	
Conteúdo(s)		– Filos <i>Annelida</i> e <i>Arthropoda</i>	
Objetivo(s)	Ações (encaminhamentos, metodologias, técnicas e/ou recursos)	Avaliação	Reflexões
<p>– Realizar uma revisão acerca da teoria evolucionista e como ocorre a evolução em populações;</p> <p>– Resgatar conhecimentos que os alunos possuem sobre evolução;</p>	<p>– Questionar os alunos se já ouviram falar sobre evolução e o que ouviram. Após os relatos, questionar sobre qual ideia possuem sobre as primeiras formas de vida. Para responder a essa pergunta, construir junto com os alunos um cladograma contendo as linhagens evolutivas, apomorfias e sinapomorfias relacionadas à <i>Annelida</i> e <i>Arthropoda</i>, enfatizando a ancestralidade comum entre todos os táxons, sob um viés evolucionista.</p> <p>– Explicar que a vida na Terra começou, há cerca de 3,5 bilhões de anos, com o surgimento de seres aquáticos</p>	<p>– Avaliar durante a aula a interação da sala com o professor e com os questionamentos, observando a participação dos alunos e identificando se a turma aceita a aula</p>	<p>Durante o planejamento das ações:</p> <p>– Quais as dificuldades para planejar a minha aula?</p> <p>Resgatar meus próprios conhecimentos acerca do conteúdo de evolução, em certos momentos tive receio de estar utilizando conceitos incoerentes relacionado a esse conteúdo, pois foi um eixo pouco trabalhado durante a graduação.</p> <p>– Minhas facilidades?</p>

<ul style="list-style-type: none"> – Identificar conceitos incorretos em relação aos processos evolutivos; – Estabelecer uma relação de parentesco entre anelídeos, artrópodes e outros organismos sob um ponto de vista evolutivo; 	<p>extremamente simples, unicelulares, semelhantes a bactérias - que deram origem a todos os outros seres vivos ou já extintos. Apenas em torno de 600 milhões de anos atrás, surgiram organismos mais complexos, resultados de organismos unicelulares que se juntaram a princípio formando colônias, visando maiores chances de sobrevivência, mas que mais tarde resultou na formação de tecidos, os quais compõem a estrutura de organismos complexos. Desses organismos complexos, mais tarde, surgiram animais invertebrados, alguns que permaneceram em ambientes aquáticos e outros que colonizaram ambientes terrestres, enfrentando diversos desafios na realização da osmorregulação, excreção, balanço hídrico e trocas gasosas, visto que são ambientes muito menos estáveis que ambientes aquáticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ao surgirem respostas e comentários sobre o Criacionismo, reforçar a ideia de que durante as aulas de Biologia, os alunos devem procurar se ater a visão evolucionista, e que qualquer ideia relacionada a religiões ou crenças será respeitada, mas não será aplicada nesta disciplina. – Trazer a informação de que segundo um estudo publicado em 2011, atualmente estima-se que existem 8,7 milhões de espécies, entre as que são identificadas ou não; sendo espécies animais, vegetais, uni e pluricelulares. Questionar os alunos então, como eles imaginam que surgiu essa biodiversidade. – Abordar a ideia de que todas as espécies viventes e extintas possuem um grau de parentesco próximo ou distante, pois compartilham um ancestral comum, explicando assim a como existem espécies diferentes que são semelhantes entre si. Explicar também que um único ancestral, deu origem a todas as outras espécies, por meio do processo de evolução, que esse processo ainda hoje pode ser observado, pois é um processo constante de mudança nas populações por meio da evolução gradual (onde uma população inteira se modifica em uma nova espécie) ou da especiação (surgimento de duas ou mais espécies novas a partir de uma espécie preexistente). 	<p>dialogada, e participa da mesma.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Na próxima aula, fazer uma breve revisão no início da aula, questionando os alunos sobre os conceitos discutidos na aula anterior, para: – Avaliar se a forma como o conteúdo foi abordado trouxe significância para o aprendizado dos alunos, e se funcionou bem com o perfil da turma. 	<p>Facilidades: há muitas fontes de pesquisa de metodologias relacionadas a essa temática, então desenvolver uma aula dinâmica foi fácil.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Que ações eu planejo realizar? <p>Promover o aprendizado do conteúdo em sala de aula envolvendo maior número possível de alunos; Abordar o conteúdo de forma visual, auditiva e cinestésica, permitindo que o processo de ensino aprendizagem ocorra de forma similar para todos os alunos, mesmo se tratando de uma turma heterogênea; Resgatar conhecimentos prévios e vivenciados pelos alunos, que podem contribuir para o seu aprendizado do conteúdo trabalhado; Esclarecer as dúvidas dos alunos referente ao conteúdo, quando surgirem durante a aula; Ministrar o conteúdo sob uma visão evolucionista;</p> <ul style="list-style-type: none"> – O que eu pretendo com as minhas ações? <p>Ministrar o conteúdo onde a teoria não seja a única protagonista da aula; chamar a atenção dos alunos para o conteúdo a ser trabalhado, bem como sua importância; Promover a participação dos alunos, durante o processo de construção do conhecimento, através do diálogo e conversação aluno x professor, aluno x aluno.</p> <p>Após a aula:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Como ocorreu a minha aula? <p>Ocorreu de forma satisfatória, os alunos participaram durante a aula e a aula se deu de forma dialogada, conforme havia previsto.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Atingi meus objetivos? <p>Em grande parte, sim. Devido à falta de tempo, parte do que foi planejado teve que ser remanejado para a próxima aula, para conclusão da atividade.</p> <ul style="list-style-type: none"> – O que deu errado ou certo? <p>Falta de tempo para conclusão do cladograma, a atividade relacionada à charge não pode ser realizada também devido ao tempo. Os alunos contribuíram significativamente, fornecendo uma ideia inicial dos</p>
---	---	---	---

	<p>– Entregar para os alunos a charge impressa de Calvin & Hobbes (1988), que traz de forma descontraída uma visão antropocêntrica de evolução, e discutir com os alunos porque conceitos como “seres mais desenvolvidos”, “seres mais evoluídos”, não devem ser utilizados, reafirmando que a evolução não é um processo linear, visando o melhoramento; significa apenas mudança, sem nenhum juízo de valor. Podem ser mudanças de diversos tipos: moleculares (surgimento de uma enzima), fisiológica (alteração metabólica provocada por essa nova enzima), morfológica (surgimento de penas nas aves), comportamentais (cuidado parental em aves e mamíferos).</p>		<p>conteúdos que eles possuem acerca do conteúdo, criando uma base para planejamento das próximas aulas. Tive dificuldade em elaborar um exemplo de seleção natural, no momento da explicação, então é possível que tenha deixado a desejar.</p> <p>– Como buscar melhorar em uma próxima atuação? Através do desenvolvimento desta aula, pude observar quais minhas limitações quanto ao conteúdo abordado, bem como o tempo que deverei destinar para as próximas aulas, considerando a participação dos alunos, os momentos em que se faz necessário realizar uma pausa para que os alunos retomem a atenção, momentos de realização da chamada, etc.</p>
--	---	--	--

Fonte: Dados da pesquisa. Adaptado pelo autor da sequência didática elaborada pelo sujeito da pesquisa A5.

Para finalizar esse metatexto, analisamos as categorias do Quadro 10, em busca de respostas para a dúvida sobre as dificuldades que os sujeitos da pesquisa encontraram, durante o planejamento das SD, num enfoque evolutivo. Para tanto, emergiram as seguintes categorias iniciais: *CI20. Dificuldades em elaborar questões ou avaliações*, *CI21. Dificuldades metodológicas ou técnicas*, *CI22. Dificuldades de articulação com a evolução*, *CI23. Dificuldade em selecionar e/ou adequar conteúdos e objetivos* e *CI24. Dificuldades em despertar o interesse dos alunos*.

Podemos inferir, com essas categorias, que as dificuldades foram todas de ordem metodológica ou técnica; exceto a categoria CI22, que já havia sido apontada como dificuldade em outros momentos, acima citados, e se refere, especificamente, a esta pesquisa. As demais categorias nos parecem habilidades que os professores em formação inicial do último ano do curso já deveriam ter construído, principalmente, após a realização do estágio curricular na disciplina de Ciências, mas que deveriam ressignificar essas habilidades, movimentar e trazer outros obstáculos.

Esperava-se que os sujeitos, que já tivessem conseguido construir, conceitual e metodologicamente, vários aspectos da didática, sobremaneira, após a realização de disciplinas que, tradicionalmente, abordam esses conhecimentos – como é o caso das metodologias e didáticas –, soubessem minimamente realizar elaboração de questões e avaliação; seleção de conteúdos e objetivos; e a produção de atividades que envolvam e despertem o interesse dos alunos.

Um ponto que merece destaque, na análise da SD de A5 (Quadro 14), é que, no momento das reflexões após a aula, o professor em formação inicial destaca que encontrou dificuldade de apresentar um exemplo de seleção natural:

(A5) Tive dificuldade em elaborar um exemplo de seleção natural, no momento da explicação, então é possível que tenha deixado a desejar.

Essa constatação vai ao encontro da discussão que implementamos no sentido das dificuldades que os professores em formação inicial encontraram para pôr em prática seus conhecimentos teóricos e práticos. Tais dificuldades são advindas de diversas fontes, mas podem se constituir como barreiras para a construção de uma prática de ensino com mais qualidade. Não há relato de como essa dificuldade apontada por A5 foi sanada.

Reforçamos a necessidade de a formação inicial fornecer os saberes teóricos e práticos necessários para uma boa formação desses profissionais. Para Pimenta (2005, p. 18): “[...] espera-se da licenciatura que desenvolva nos alunos conhecimentos e habilidades, atitudes e

valores que lhes possibilitem permanentemente irem construindo seus saberes-fazer docentes a partir das necessidades e desafios que o ensino como prática social lhes coloca no cotidiano”.

Retomando as dificuldades do Quadro 10, algumas ficam evidentes nos trechos do **EGF**

2:

(A10) É uma questão cultural mesmo, é um conhecimento que já está arraigado nas pessoas, está incutido nas pessoas então é muito difícil tentar quebrar essas barreiras, para as pessoas entenderem o que é evolução, é muito complicado...

(A2) É mais confortável continuar acreditando naquilo, na criação...

(A4) Assim como o homem acreditar que esse século que ele vive é o melhor...

(P) Mas como que vocês acham que a gente pode mudar isso, trabalhar esse aspecto de modo que o aluno possa enxergar através da evolução de modo útil, aplicável?

(A4) Acho que o material didático que o professor utiliza, acho que as escolas também não têm tantos argumentos para fazer com que eles pensem sobre isso...

(A3) Eu acho que hoje em dia o ensino não está formando pessoas críticas, eu acho que pra conseguir entender evolução você tem que instigar o teu aluno a ser crítico, eu participei de uma formação em que o professor simplesmente falava lá na frente, ele não instigava você a procurar, saber o porquê, então eu tenho muita dificuldade em evolução, então a gente deveria mudar desde o básico, o ensino fundamental, ensinar a criança a ser crítica desde cedo...

E no trecho do **EGF 4**:

(P) Quais dificuldades vocês encontraram no planejamento das aulas?

(A1) Acho que o problema foi a questão da evolução mesmo... que a gente fica muito inseguro de abordar esse assunto, porque a gente acaba não tendo muita propriedade sobre ele, então ter que ministrar uma aula com enfoque evolutivo é uma preocupação [...]

(P) E a que fatores você acredita que influenciaram nessas dificuldades? A sua formação? A prática?

(A1) Eu acho que não ter tido uma base, fundamentada mesmo, porque querendo ou não a gente está vendo esse processo todo e entendendo tudo no último ano, sempre se fala em evolução, dos processos evolutivos ao longo de cada disciplina, mas tudo é muito superficial, então eu não me sentia segura para falar sobre isso [...] eu senti bastante insegurança para usar alguns termos, por exemplo, a palavra

adaptação, eu prefiro não usar a palavra adaptação pelo fato de as vezes criar aquela confusão que a gente tem, [...] como a evolução direcionada para um fim [...]

E,

(A10) Foi legal quando a gente estava planejando isso, a gente pensou em retomar essa parte que a professora já tinha trabalhado do reino monera por causa dessa dificuldade, até pra gente, pra mim foi difícil, um dos aspectos, foi o domínio desse conteúdo até para saber explicar isso, primeiro a gente, eu tive que entender pelo menos como acontece, então ficou muito mais claro [...]

(P) Quais foram suas dificuldades durante o planejamento?

(A10) Concordo com a A1 na parte de não saber como abordar evolução, até quando a gente começou a pensar como trabalhar, ah eu não sei ainda evolução direito, pra ensinar, a gente fica meio assustado, quando a gente começa a pesquisar, a gente vê que a gente sabe, acho que essa é uma questão a gente não vê isso durante a graduação, acho que isso é uma falha também [...]

(P) Do curso?

(A10) É uma lacuna que fica, primeiramente a gente fica meio assustado, depois vê que tem como trabalhar, que é possível trabalhar [...]

Com esses trechos, ficam evidentes os conflitos epistemológicos ao trabalhar com o evolucionismo e dificuldades metodológicas e práticas. Diante disso, consideramos que o trabalho coletivo crítico e reflexivo (SCHÖN, 2000; PIMENTA, 2012; OLIVEIRA, 2013; FERRAZ, 2018), tanto na formação inicial como no exercício da profissão, pode incentivar os professores a buscar alternativas para os problemas encontrados, assim como os sujeitos desta pesquisa fizeram e que foi relatado anteriormente.

Por fim, chegamos a uma categoria intermediária CT6, que sintetizou toda a ideia presente no Quadro 10, que foi: *Os principais desafios para planejar as aulas de biologia foram as dificuldades em elaborar questões e avaliações, a escolha de metodologias ou técnicas adequadas, dificuldades de articulação com a evolução, de escolha dos conteúdos e/ou objetivos de ensino e de despertar o interesse dos alunos.*

Assim, após resumirmos as categorias intermediárias em mais um nível, chegamos a uma categoria final, que nomeia esse metatexto, que é *Constituição de formas de pensamento sobre o ensino de biologia no enfoque evolutivo*. Essa categoria sintetiza o que foi discutido nesse metatexto, no sentido em que apresenta as formas de pensamento constituídas pelos

sujeitos da pesquisa, que foi a detecção de que sua formação inicial foi insuficiente por conta dos problemas curriculares e epistemológicos dos professores e dos alunos; isso desencadeou problemas ou dificuldades de planejar e desenvolver as aulas no enfoque evolutivo, sendo que, para superá-los, propuseram-se a alternar as metodologias e técnicas, a fim de despertar o interesse dos alunos com objetivo de abordar o conteúdo evolutivamente.

A forma com que os professores em formação inicial desenvolveram seus planejamentos concretizados nas SD e a forma com que refletiram sobre eles, bem como sobre a sua aplicação em suas regências, permitiram identificar as dificuldades, os desafios e as possibilidades do ensino de biologia no Ensino Médio, num enfoque evolucionista, bem como sua formação inicial para essa atuação.

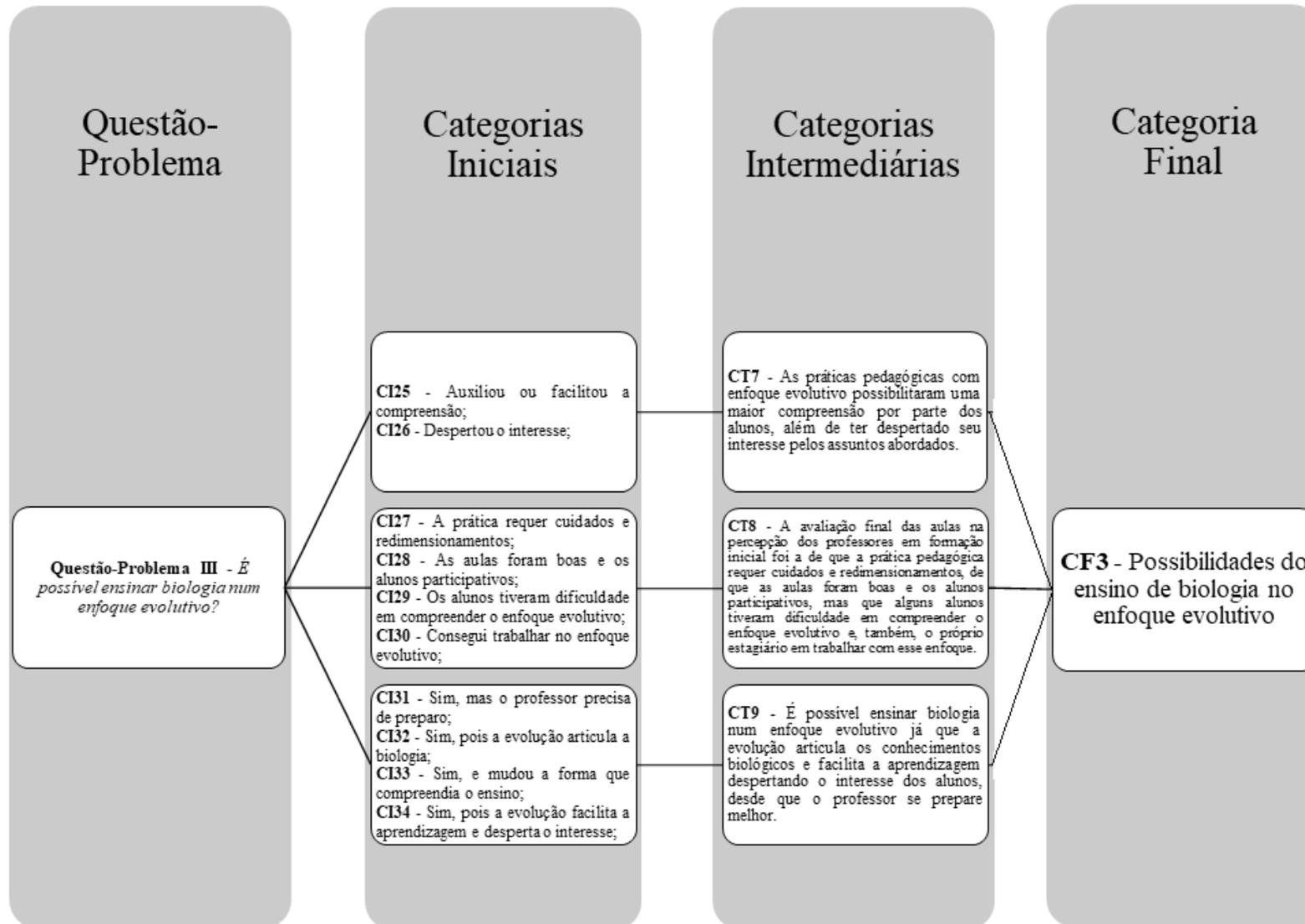
4.5. Tempestade de luz sobre as possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo

No terceiro emergente, agrupamos as concepções finais dos professores em formação inicial acerca de todo o trabalho que desenvolveram, ao longo do ano letivo, durante a pesquisa. Nesse momento da análise, apresentamos as concepções sobre a avaliação de todo o trabalho e o resultado final da pesquisa, sendo que os instrumentos analisados para a construção das categorias do último emergente foram, principalmente, as EF; no último quadro (Quadro 17), um comparativo entre as concepções do QI e das EF com relação à mesma questão.

Para estabelecermos essa dinâmica, partimos da questão-problema: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?* e com base nessa questão, desdobramo-la em outras 3 subquestões que foram: *Quais foram os pontos positivos do trabalho no enfoque evolutivo?*, *Qual foi a avaliação final das aulas de biologia no enfoque evolutivo?* e *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?*

A partir das respostas a essas subquestões, que expressavam a síntese dos instrumentos utilizados, construímos três quadros de categorias iniciais, que, após sintetizadas, geraram três categorias intermediárias e, por fim, uma única categoria final, que nomeou o último metatexto desta pesquisa. Todo esse movimento foi desenhado na Figura 10, a seguir:

Figura 10 – Esquema do terceiro emergente



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Agora, partimos para o movimento de construção das categorias, chamado pelos autores da ATD de tempestade de luz. A primeira subquestão analisada buscava compreender quais foram os pontos positivos encontrados pelos sujeitos da pesquisa durante o trabalho de planejamento e regência das aulas de biologia no enfoque evolutivo.

- *Quais foram os pontos positivos do trabalho no enfoque evolutivo?*

Nessa subquestão, buscamos compreender como os professores em formação inicial avaliaram todo o trabalho no enfoque evolutivo. Para isso, foram questionados os pontos positivos do trabalho nas EF e suas respostas foram categorizadas, no Quadro 15, na sequência:

Quadro 15 - Categorias elaboradas a partir das EF

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
eles entenderam que ali estava ocorrendo a teoria da evolução (A1); essa evolução que aconteceu ali no ambiente, eu acho que isso deu um caminho pra eles entenderem o resto (A3); eu acho que talvez a abordagem evolutiva, ela tenha ajudado a mostrar a importância daquele conhecimento (A4); de alguma maneira foi mais fácil para eles entenderem que de alguma forma existe uma lógica (A4); acho bem mais fácil entender o conteúdo quando você realmente compreende o que tá acontecendo ali (A13);	<i>Auxiliou ou facilitou a compreensão</i>	CI25
a gente imaginou uma linha do tempo que seria interessante (A2); achei que eles demonstraram bastante interesse na teoria da endossimbiose (A2); trabalhando nessa abordagem evolutiva eu acho que foi super interessante (A4); quando a gente aprende assim a gente fica mais entusiasmado pra saber (A6);	<i>Despertou o interesse</i>	CI26

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

É possível estabelecer, a partir das respostas dos sujeitos da pesquisa, que o ensino de biologia no enfoque evolutivo auxiliou ou facilitou a compreensão do conteúdo trabalhado pelo professor em formação inicial e que despertou o interesse dos alunos pelo conhecimento abordado.

Por fim, emergiu a seguinte categoria intermediária:

CT7	<i>As práticas pedagógicas com enfoque evolutivo possibilitaram uma maior compreensão por parte dos alunos, além de ter despertado seu interesse pelos assuntos abordados.</i>
------------	--

Na percepção dos professores em formação inicial, todo o trabalho desenvolvido ao longo da pesquisa, ou seja, ensinar biologia num enfoque evolutivo, permitiu que as aulas se tornassem mais atrativas e que os conhecimentos biológicos fossem assimilados mais facilmente pelos alunos.

- ***Qual foi a avaliação final das aulas de biologia no enfoque evolutivo?***

Após o apontamento dos desafios e dificuldades, buscamos compreender qual foi a avaliação final dos professores em formação inicial acerca da aplicação prática de aulas de biologia no enfoque evolutivo. Para responder a essa questão, buscamos, nas reflexões antes, durante e depois do planejamento das SD, as respostas necessárias para construirmos as categorias, conforme o Quadro 16, abaixo:

Quadro 16 - Categorias elaboradas a partir das SD

Unidades de Sentido	Categorias Iniciais	Código
Senti necessidade de retomar alguns conceitos (A1); Promover mais práticas durante as aulas (A1); Outras formas de avaliação, além da escrita (A1); Buscar modelos didáticos (A2); Formar grupos para que um aluno ajude o outro (A2); Levar algumas atividades para os alunos responderem durante a aula (A3); O tempo direcionado a aula foi insuficiente (A3); Buscar meios de diversificar os métodos e recursos utilizados (A3); Utilizar-se mais vezes desses ambientes diferenciados na escola (A3); A avaliação precisa ser diversificada (A3); Utilizar recursos diferentes como a tv-pendrive e/ou multimídia (A4); Buscar outros filmes como opção (A4); Falta de tempo (A5); Minhas limitações quanto ao conteúdo abordado (A5); Requer domínio e controle de si mesma (A5); Trazer instrumentos diversificados (A5); Trazer para mais próximo da realidade deles (A6); Dificuldade em definir perguntas adequadas (A6); Levar imagens (A7); Escolher atividades mais interativas com os alunos (A7); Os alunos tiveram [...] dificuldade em compreender o que era metabolismo (A7); Substituir a aula expositiva dialogada por atividades práticas (A10); Ter trazido vídeos sobre o conteúdo (A11); O insetário gerou um pouco de tumulto no início pela euforia dos alunos (A11); Melhorar nos métodos de ensino (A12);	<i>A prática requer cuidados e redimensionamentos</i>	CI27
Minha aula superou o que eu esperava (A1); Os alunos participaram da aula (A1); Alguns alunos conseguiram expressar suas próprias experiências (A1); Dialogaram durante toda a correção, eles estavam interessados (A1); Teve bastante participação [...] dos alunos (A2); Acharam interessante o uso da linha do tempo (A2); Na aula prática todos os alunos participaram (A2); Os alunos demonstraram interesse e entusiasmo na dinâmica em sala (A2); A turma mostrou-se participativa (A3); O uso de imagens e vídeos chamou a atenção dos alunos (A3); Os alunos são participativos e	<i>As aulas foram boas e os alunos participativos</i>	CI28

simpáticos (A4); Fácil utilizar metodologias que dependam da tecnologia (A5); A aula se deu de forma dialogada (A5); Os alunos participaram das aulas (A7); Quanto à aula prática os alunos estavam muito interessados (A10); Os alunos participaram da aula e demonstraram compreender as explicações (A11); Por ser uma aula prática eles acabaram demonstrando mais curiosidades e dúvidas (A12);		
Apresentaram um pouco de dificuldade em compreender (A2); Não foi fácil a compreensão de alguns conceitos evolutivos (A4); Dificuldade em elaborar um exemplo de seleção natural (A5); Os alunos não conseguiam compreender o eixo evolutivo (A6); Relacionar os conteúdos de metabolismo com a evolução biológica (A7); As questões (da avaliação) não possuíram um enfoque evolutivo como teve na aula (A7); Realizar exercícios com enfoque evolutivo em sala de aula (A7); Por uma série de aspectos, nem todos os alunos compreenderam tal pensamento (evolutivo) (A10); Muitos alunos não responderam à questão referente à evolução biológica durante o processo de endossimbiose (A10); Os alunos demonstraram não possuir conhecimentos prévios sobre evolução (A11);	<i>Os alunos tiveram dificuldade em compreender o enfoque evolutivo</i>	CI29
Os alunos compreenderam a evolução no contexto biológico (A1); O objetivo de trabalhar os conteúdos com enfoque evolutivo foi alcançado com sucesso (A10); Reforcei aos alunos que a evolução biológica não é direcional (A10); A evolução biológica foi enfatizada como processo fundamental no surgimentos e diversificação dos seres (A10); Foram trabalhadas as relações da evolução biológica com os conteúdos (A10); O estágio foi baseado na ideia de evolução biológica como um eixo norteador dos conteúdos de biologia (A10); Alguns que responderam souberam dizer que este processo (evolução) deu origem a diversidade de organismos (A10); Continuar priorizando o ensino de evolução biológica associado a todos os conteúdos da biologia (A10);	<i>Consegui trabalhar no enfoque evolutivo</i>	CI30

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

É possível, por meio da análise dessas categorias, estabelecer que houve um certo equilíbrio nas respostas, embora o lado negativo da avaliação teve um maior número de respostas. Essas categorias demonstram que é possível o trabalho de conteúdos de biologia num enfoque evolutivo, desde que haja alguns cuidados por parte do professor, visando que o planejamento seja vivo, maleável para ser alimentado, modificado e adaptado a todo o momento e que o professor consiga, de maneira mais efetiva, a melhor articulação entre os conhecimentos biológicos e a evolução.

Como síntese, elaboramos a seguinte categoria intermediária:

CT8	<i>A avaliação final das aulas na percepção dos professores em formação inicial foi a de que a prática pedagógica requer cuidados e redimensionamentos, de que as aulas foram boas e os alunos participativos, mas que alguns alunos tiveram</i>
------------	--

dificuldade em compreender o enfoque evolutivo e, também, o próprio estagiário em trabalhar com esse enfoque.

Assim, podemos afirmar, em resposta à questão temática inicial, que, resguardados os devidos cuidados, em relação ao planejamento e à prática pedagógica, e garantindo a correta articulação, extremamente necessária, entre os conhecimentos biológicos e a evolução, é possível o trabalho de conteúdos da biologia num enfoque evolutivo. O professor precisa se aprofundar nos estudos acerca de como realizar o trabalho nesse enfoque e garantir uma correta articulação e inter-relação entre os assuntos que irá abordar e o conhecimento evolutivo.

Para finalizar o trabalho, analisamos uma última questão, que foi realizada aos professores em formação inicial antes e depois de todo os trabalhos do projeto, que buscava saber, então, de um modo geral, se o ensino de biologia num enfoque evolutivo é possível.

- ***É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?***

Para responder a essa síntese final, recorreremos às respostas dos professores em formação inicial à questão 13 do QI, a saber: *Você considera possível usarmos a EVOLUÇÃO como eixo articulador/orientador/norteador do ensino de biologia no nível médio? Para sim ou não, explique como e exemplifique.* e das EF, o que gerou as categorias do Quadro 17, a seguir:

Quadro 17 - Categorias elaboradas a partir da questão 13 do QI e das EF

Unidades de Sentido extraídas do Questionário Inicial (Antes)	Unidades de Sentido extraídas das Entrevistas Finais (Depois)	Categorias Iniciais	Código
a evolução é o princípio ordenador dos conceitos biológicos (A2); pode articular as diversas áreas da biologia, integrando os conhecimentos (A2); permite explicar a diversidade dos seres vivos (A2); a evolução articula o conjunto de disciplinas da biologia (A6); a evolução é capaz de explicar todas as lacunas presentes no ensino de biologia (A7); é possível trabalhar toda a matéria com um enfoque evolutivo (A9); utilizando a evolução como eixo norteador (A12); todos os seres vivos são frutos da evolução (A13);	internamente para eles de alguma maneira foi mais fácil para eles entenderem (abordagem evolutiva) que de alguma forma existe uma lógica (A4); a abordagem evolutiva trouxe muito isso pra mim, essa obrigatoriedade de mostrar que está tudo entrelaçado de alguma maneira (A4); esse enfoque evolucionista vai ajudar a gente a conectar as coisas (A6);	<i>Sim, pois a evolução articula a biologia</i>	CI31

<p>permite que o aluno construa uma visão de ciência como um processo em constante movimento (A2); a evolução pode auxiliar os alunos a entender os mais diversos assuntos (A3); esse tipo de abordagem pode facilitar o aprendizado ou desenvolver o interesse do alunado (A9); ensinar evolução na biologia desde o Ensino Médio terá efeitos decisivos na formação de futuros biólogos (A10); acho que será possível incluir a evolução no ensino de uma forma ou de outra (A11);</p>	<p>eu acho que talvez a abordagem evolutiva tenha ajudado a mostrar a importância daquele conhecimento (A4); trabalhando nessa abordagem evolutiva eu acho que foi super interessante (A4); quando a gente aprende assim (ênfase evolutivo) a gente fica mais entusiasmado para saber (A6);</p>	<p><i>Sim, pois facilita a aprendizagem e desperta o interesse dos alunos</i></p>	<p>CI32</p>
<p>não identificado</p>	<p>essa coisa de falar sobre a evolução de como foi, acho que ajudou bastante (A3); levar essa coisa da evolução me ajudou até para eu entender (A3); a abordagem evolutiva pra mim foi uma coisa nova, reconhecer ela como uma abordagem, reconhecer ela como uma ferramenta, não só como um pensamento (A4); é uma ideia inovadora (ênfase evolutivo) porque até então a gente nunca tinha trabalhado nenhum conteúdo com enfoque evolutivo (A7); eu acho importante (ênfase evolutivo) porque a gente tem essa falha em relação à evolução (A8); a gente começou o estágio de biologia sem muita noção do que era evolução (A8); mudou minha ideia de como dar as aulas (A13); os professores da escola não tem acesso a esse conteúdo (ênfase evolutivo) (A13); eu acho possível que todos os conteúdos sejam trabalhados dentro de um enfoque evolutivo (A13);</p>	<p><i>Sim, e mudou a forma que compreendia o ensino</i></p>	<p>CI33</p>
<p>é necessário que o professor reflita e esteja em constante busca de aprofundamento (A4); cabe ao professor buscar na literatura e dominar o conteúdo (A8); alguns temas serão encontrados maiores dificuldades (A11); precisa de um forte embasamento para podermos relacionar os conteúdos com a evolução (A12);</p>	<p>nem todos os conteúdos talvez você consiga trabalhar com esse enfoque (A2); leva tempo, é uma construção, mas acho que é possível sim (A2); eu acho que é possível sim (trabalhar no enfoque evolutivo), desde que tenha um pouco menos de conteúdo (A7); quase todos os conteúdos de biologia são passíveis de trabalhar no enfoque evolutivo (A9); é legal que você tira os compartimentos</p>	<p><i>Sim, mas demanda preparo do professor</i></p>	<p>CI34</p>

	das disciplinas (A9); o professor precisa ter um pouco de estudo para conseguir fazer isso (A13);		
--	---	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em dados desta pesquisa.

Em análise às categorias, é possível perceber que, em todas elas, as respostas são positivas, embora cada uma carregue consigo uma ressalva. Diante disso, podemos concluir com propriedade que o ensino de biologia num enfoque evolutivo é possível, sim, de acordo com o ponto de vista dos sujeitos da pesquisa, desde que resguardados os cuidados, conforme nos indicam as categorias.

Por fim, emergiu, desta análise, a seguinte categoria intermediária:

CT9	<i>Sim, é possível ensinar biologia num enfoque evolutivo já que a evolução articula os conhecimentos biológicos e facilita a aprendizagem despertando o interesse dos alunos, desde que o professor se prepare melhor.</i>
------------	---

Desse modo, respondemos à nossa questão-problema inicial com sucesso, uma vez que todos os participantes da pesquisa (os professores em formação inicial) apontaram que é possível ensinar biologia num enfoque evolutivo. Isso porque a evolução articula e inter-relaciona os conhecimentos biológicos, facilitando o trabalho do professor e a aprendizagem dos alunos, bem como despertando o interesse desses alunos para as questões biológicas.

Mesmo que houvesse ressalvas ao trabalho com a evolução como eixo, acreditamos que não somente essas respostas, mas todo o estudo realizado são indícios da possibilidade de se desenvolver um trabalho de qualidade no ensino de biologia, superando as dificuldades inicialmente apontadas. Isso para propiciar uma nova oportunidade para a evolução agir, articulando os conhecimentos das Ciências Biológicas e demonstrando aos alunos que a biologia é uma ciência autônoma, mais unificada e integrada em relação ao que estão acostumados a ver em suas aulas.

4.6. Terceiro Metatexto – Possibilidades do ensino de biologia no enfoque evolutivo

Finalizando o trabalho, apresentamos a análise e discussão do terceiro emergente, que se configura nesse metatexto. Para ser construído, partimos para a análise do conjunto de dados

EF e QI, tendo como norte a questão: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?* Com isso, foi possível construir as categorias iniciais, apresentadas na subseção 4.5., nos Quadros 15, 16 e 17 e suas respectivas categorias intermediárias CT7, CT8 e CT9, que serão analisadas e discutidas aqui.

Quando nos debruçamos para analisar o Quadro 15, buscamos compreender quais foram as vantagens de se ter trabalhado os conhecimentos biológicos, por meio das SD, num enfoque evolutivo. Para tanto, conseguimos extrair das EF as unidades de sentido que compuseram duas categorias iniciais, a *CI25. Auxiliou ou facilitou a compreensão* e a *CI26. Despertou o interesse*.

Isso nos leva a perceber que, do ponto de vista dos professores em formação inicial, a abordagem dos conhecimentos biológicos num enfoque evolucionista pode proporcionar a construção de significados e despertar o interesse dos alunos pelo que está sendo abordado. Segundo Meghioratti (2004, p. 18), os conceitos provenientes do pensamento evolutivo fornecem um sentido aos conhecimentos biológicos “[...] e permitem compreender como organismos aparentemente muito diferentes entre si possuem unidade na organização celular e código genético similar”.

Para Cicillini (1991, p. 14), “[...] se a ciência Biologia não pode prescindir da concepção de Evolução na construção dos conhecimentos biológicos, se ela se constitui em seu princípio ordenador [...]”, não podemos admitir que, no ensino de biologia, outra forma de abordagem dos conhecimentos seja implementada, se objetivarmos uma aprendizagem significativa por parte dos alunos.

[...] Assim, o estudo dos conhecimentos biológicos deve deixar claro as forças e os caminhos que conduziram os sistemas vivos à fauna e à flora atuais. A Teoria da Evolução, na medida em que responde pela história dos seres vivos explicando a diversidade dos mesmos; suas semelhanças e diferenças; os padrões de distribuição, o comportamento, a adaptação e a interação entre os vários grupos de organismos, esclarece o dinamismo da rede de relações na qual o conhecimento biológico foi e é produzido (CICILLINI, 1991, p. 17-18).

Para Cicillini (1997, p. 35), “a Teoria da Evolução articula as informações biológicas aparentemente soltas evidenciando uma coerência nas relações existentes entre os organismos e integra os conhecimentos produzidos por diferentes áreas da Biologia [...]”. Assim, esse conhecimento atua como um verdadeiro eixo articulador dos conhecimentos biológicos, permitindo uma análise mais completa e a construção das inter-relações entre eles.

Partindo das duas categorias iniciais do Quadro 15, conseguimos sintetizá-las em uma categoria intermediária, que foi CT7. *As práticas pedagógicas com enfoque evolutivo*

possibilitaram uma maior compreensão por parte dos alunos, além de ter despertado seu interesse pelos assuntos abordados.

Quando analisamos o Quadro 16, buscamos apreender a avaliação final dos professores em formação inicial sobre o trabalho com o enfoque evolutivo. Para tanto, organizamos as unidades de sentido em quatro categorias iniciais, que são: *CI27. A prática requer cuidados e redimensionamentos*, *CI28. As aulas foram boas e os alunos participativos*, *CI29. Os alunos tiveram dificuldade em compreender o enfoque evolutivo* e *CI30. Consegui trabalhar no enfoque evolutivo*.

Isso demonstra que, das quatro categorias, duas foram positivas, *CI28* e *CI30*, e duas apresentam ressalvas, *CI27* e *CI29*. Inclusive, a categoria *CI29* contradiz a categoria *CI25*, analisada anteriormente, e a própria categoria *CI30*. Vemos essa contradição com certa naturalidade, uma vez que essas dificuldades e facilidades, apresentadas pelos professores em formação inicial, seriam um processo aleatório, próprio da ação humana. Em alguns momentos, tiveram facilidade; em outros, dificuldades, como vimos até aqui.

Com relação às categorias *CI28* e *CI30*, que apresentaram resultados positivos, isso nos aponta para um horizonte de possibilidades, no trabalho com a evolução como um enfoque da biologia. Esse resultado nos mostra, com cautelas, que é possível, sim, buscarmos meios para implementar um ensino de biologia com enfoque evolutivo, o que corrobora Cicillini (1997, p. 21):

[...] Um dos meios para que o aluno do Ensino Médio possa assumir uma postura mais crítica e transformadora é estudar o conteúdo biológico tendo na Teoria da Evolução a linha unificadora desse conteúdo por ser esta teoria um dos princípios ordenadores do conhecimento de Biologia. Dessa forma, o aluno poderá perceber a inter-relação entre as várias áreas de estudo e compreender, de forma mais abrangente, o mundo vivo e a dinâmica de suas transformações.

Já com relação às categorias *CI27* e *CI29*, reforçam os aspectos das dificuldades e ressalvas ao desenvolver o trabalho no enfoque pretendido. Cabe, aqui, retomar os cuidados que o professor deve tomar ao utilizar-se da evolução como enfoque para os conhecimentos biológicos: (i) *partir de situações problema* – buscando desenvolver o raciocínio dos alunos, apresentando situações problema reais e incentivando a busca pelas respostas; (ii) *valorizar os conhecimentos prévios dos alunos* – tratando esses conhecimentos como ponto de partida para a construção de um perfil epistemológico mais adequado do ponto de vista científico e, ao respeitar o senso comum ou concepção religiosa dos alunos e ouvi-los, o professor certamente terá uma maior atenção deles; (iii) *ter cuidado com o uso de exemplos e analogias* – usando-os

com cautela, a fim de evitar uma interpretação equivocada ou tornar ainda mais complexos os conceitos que já são; (iv) *selecionar o livro e outros materiais didáticos* – buscando com cautela os materiais que mais se adequem às suas necessidades e que possuam linguagem e abordagem dos temas de modo evolutivo (DIEGUES, 2017).

Para Anderson (2007), ensinar a evolução adequadamente requer uma soma de fatores, que abrangem o contexto intelectual, pedagógico e social. Esses contextos são multifacetados, complexos e muito influentes à formação do contexto educacional, caracterizando-se como um desafio para professores e alunos.

Uma vez que a maior parte do discurso público, relacionado ao ensino de evolução, se concentra no contexto intelectual, ou seja, no conteúdo, abandona-se o contexto pedagógico e social. Isso proporciona uma abordagem em que é rara a atenção dada às ideias filosóficas, ligadas ao pensamento evolutivo ou, ainda, aos conhecimentos prévios dos alunos, seus preconceitos, crenças, visões de mundo etc. Dessa forma, torna-se equivocada a maneira de abordar esse conhecimento; assim, se quisermos uma aprendizagem significativa dos conhecimentos biológicos e evolutivos, devemos nos atentar a esses aspectos (ANDERSON, 2007).

Após essa análise, chegamos a uma categoria intermediária, que sintetiza as quatro categorias iniciais, que foi: CT8. *A avaliação final das aulas na percepção dos professores em formação inicial foi a de que a prática pedagógica requer cuidados e redimensionamentos, de que as aulas foram boas e os alunos participativos, mas que alguns alunos tiveram dificuldade em compreender o enfoque evolutivo e, também, o próprio estagiário em trabalhar com esse enfoque.*

Por fim, consideramos reiterar a questão principal desse metatexto, que foi: *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?* Assim, a partir de uma comparação entre as respostas à mesma pergunta, realizada no início da pesquisa, com base no QI, e no final de todo o processo, realizando-a, novamente, nas EF, chegamos ao Quadro 17, com suas quatro categorias iniciais: CI31. *Sim, pois a evolução articula a biologia*, CI32. *Sim, pois facilita a aprendizagem e desperta o interesse dos alunos*, CI33. *Sim, e mudou a forma que compreendia o ensino* e CI34. *Sim, mas demanda preparo do professor.*

Quando se analisa a categoria CI31, podemos afirmar que ensinar biologia no enfoque evolutivo reforça a compreensão de que a evolução atua como um eixo articulador e integrador dos conhecimentos biológicos das diversas áreas das Ciências Biológicas, como já afirmado em CI02. Não encontramos, em uma busca breve, nenhuma outra pesquisa que verificou na prática

a aplicação de sequências didáticas ou propostas de ensino de biologia num enfoque evolutivo, por isso, não conseguimos contestar ou corroborar nossas informações. Esperamos que, em breve, novos estudos supram essa lacuna na pesquisa em ensino de evolução.

Para que o pensamento evolutivo tenha um papel mais central e organizador do conhecimento biológico, torna-se urgente o estabelecimento de uma visão integrada do processo evolutivo numa abordagem sistêmica, articulada e emergente dos conhecimentos biológicos, pois os fenômenos da vida não podem ser reduzidos a interações unidirecionais controladas ou que pertençam a um único nível de organização, o que, certamente, comprometerá o ensino dessa temática (GANIKO-DUTRA; CESCHIM; CALDEIRA, 2020).

“Se a evolução é conhecida por ser uma área que funciona como um eixo integrador do conhecimento biológico, ela deve ser compreendida a partir da integração dessas diversas áreas” (SEVILLA; FERNANDEZ, 2020, p. 225). Para ajudar a solucionar o problema da fragmentação do conhecimento, é que uma abordagem no enfoque evolucionista se torna ferramenta fundamental para o professor.

As categorias CI33 e CI34 demonstram que houve um amadurecimento dos professores em formação inicial, após o desenvolvimento da pesquisa, em relação às suas concepções iniciais. Eles reconheceram que houve aprendizado e crescimento pessoal na construção e aplicação das sequências didáticas e, certamente, o foco da pesquisa auxiliou esse desenvolvimento. Ao se deparar com a proposta, demonstraram-se preocupados e inseguros, mas, com o passar do tempo, com a realização dos encontros do Grupo Focal, o planejamento coletivo, as leituras, estudos, discussões e trocas de ideias, houve uma maior segurança e habilidade na prática pedagógica dos sujeitos da pesquisa.

Esse panorama pode ser retrato de uma formação crítica-reflexiva que lhes foi oportunizada por meio de situações concretas de aprendizagem, tanto teórica como prática. Para que pudessem construir as suas propostas de ensino, caracterizadas nas sequências didáticas, os professores em formação inicial precisaram mobilizar e construir diferentes conhecimentos inerentes à práxis do professor de Biologia. Acreditamos que, ao propor o problema inicial, *É possível ensinar biologia num enfoque evolutivo?*, os sujeitos da pesquisa se empenharam individual e coletivamente para fazer com que a proposta se concretizasse.

A vivência prática do ensino de biologia num enfoque evolutivo, por esses 13 professores em formação inicial, lhes proporcionou, para além de uma boa formação, a experiência de vivência da pesquisa científica, uma vez que eles puderam pensar, planejar, buscar, propor, aplicar, vivenciar e avaliar uma sequência de aulas de biologia, sobre os

diferentes assuntos biológicos. Consideramos como positiva a proposição inicial e, como resposta, obtivemos, em síntese, a categoria intermediária CT9, que foi: *Sim, é possível ensinar biologia num enfoque evolutivo, já que a evolução articula os conhecimentos biológicos e facilita a aprendizagem despertando o interesse dos alunos, desde que o professor se prepare melhor.*

III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, além da pesquisa empírica com a qual acompanhamos, durante um ano letivo inteiro, o desenvolvimento do estágio curricular de biologia de 13 professores, em formação inicial, de uma universidade pública do estado do Paraná, priorizamos também abordar, de forma substancial, a parte histórica e epistemológica do conhecimento escolhido, que foi a evolução. Essa forma de constituir a tese foi escolhida por considerarmos muito relevante a abordagem epistemológica do conhecimento biológico e, em especial, o conhecimento evolutivo para uma boa formação inicial dos professores de biologia.

Assim, nossa preocupação inicial foi a de propiciar um debate epistemológico sobre o pensamento evolutivo, visando contextualizar a pesquisa e apresentar ao leitor um panorama mais enriquecedor na análise que se empreendeu. Desse modo, consideramos primordial o trabalho com o objeto de estudo do professor de biologia, que é o conhecimento biológico e evolutivo, além da estreita relação com o ensino e aprendizagem dessa disciplina escolar. Portanto, a compreensão da natureza da ciência biologia esteve presente em todos os momentos de constituição desta pesquisa.

Com isso estabelecido, ponderamos que os objetivos foram alcançados, uma vez que, após uma complexa e demorada coleta de dados, acompanhando os professores em formação inicial, realizando reuniões coletivas quinzenais e, muitas outras vezes, individuais, conseguimos constituir um *corpus* de dados robusto e consistente, que nos permitiu triangulá-los e analisá-los substancialmente. Esses dados nos mostraram que, diante de uma série de dificuldades e problemas relacionados ao ensino de evolução, mais especificamente, há maneiras de se construir o conhecimento biológico com os alunos do Ensino Médio, de forma mais articulada, integrada e/ou inter-relacionada.

Considera-se que, por meio da análise empreendida, foi possível identificar os desafios e possibilidades do uso da evolução biológica como um enfoque nos conteúdos de biologia. Isso porque as sequências didáticas, desenvolvidas pelos professores em formação inicial, foram todas planejadas, estruturadas e trabalhadas sob esse enfoque evolutivo, sendo que os mais diferentes conteúdos de biologia foram abordados nos três anos do Ensino Médio de escolas públicas da cidade, por exemplo: artrópodes, briófitas e pteridófitas, anelídeos, protozoários e algas, teorias evolutivas e ecologia, membranas celulares e metabolismo celular, entre outros.

Como ficou evidente, nas categorias construídas, os professores em formação inicial consideraram que é possível ensinar os diferentes conteúdos de biologia num enfoque evolutivo, ressaltadas as adaptações e articulações necessárias, bem como os cuidados, estudos, leituras e aprofundamentos que os professores precisam fazer. Esses professores de biologia em formação inicial destacaram também a importância do ensino de biologia num enfoque evolutivo para os alunos do Ensino Médio; assim, é conhecimento necessário e inerente a uma boa formação de indivíduos críticos e cidadãos conscientes sobre os aspectos que envolvem os conhecimentos biológicos.

Outra importância, destacada pelos professores em formação inicial, foi a da participação no projeto como espaço de oportunidade de formação inicial e direcionamento do olhar deles para um aspecto de sua formação, que consideravam não estar bem constituído, a saber, o preparo para trabalhar os conteúdos de evolução e os conhecimentos biológicos num enfoque evolucionista. Eles consideraram sua formação ineficiente nesse quesito, de maneira que perceberam o projeto como uma oportunidade de aprendizado, troca de ideias e conhecimentos sobre as experiências nessa área.

No primeiro metatexto, foi possível identificar a importância dada pelos professores em formação inicial à evolução para as Ciências Biológicas. Demonstramos, também, suas concepções de evolução e de ensino da evolução, sendo que a consideraram como um importante eixo articulador do conhecimento biológico, de forma que apresentaram uma concepção moderna da definição de evolução. Todavia, também demonstraram possuir uma concepção estacionada na teoria sintética da evolução, o que pode prejudicar a prática pedagógica desses futuros professores de biologia. Por fim, eles destacaram a importância do ensino de evolução no nível médio, ressaltando os diversos problemas com o ensino desse conhecimento atualmente.

Assim, a questão, a qual pretendíamos responder, no primeiro metatexto, pode ser expressa do seguinte modo: uma compreensão de evolução estacionada na Teoria Sintética pode ser considerada atual, mas, ainda, desconsidera as pesquisas e temas da Síntese Estendida como construções teóricas contemporâneas. Essa compreensão permite um novo olhar sobre os conhecimentos biológicos, sobre os fenômenos da vida, articulando-os e integrando-os. Torna-se extremamente relevante o ensino de biologia no Ensino Médio, num enfoque evolutivo, a fim de se superar as lacunas e dificuldades identificadas atualmente, que são próprias dos professores, dos alunos e da sua formação, superando-as.

No segundo metatexto, foi possível destacar que, mesmo diante de inúmeras dificuldades encontradas pelos sujeitos da pesquisa para planejar e aplicar suas sequências didáticas com enfoque evolutivo, os resultados foram positivos, uma vez que alcançaram com êxito, no seu ponto de vista, o objetivo principal de ensinar os diferentes conteúdos biológicos num enfoque evolutivo. Identificamos, nas categorias constituídas, que os professores de biologia em formação inicial apontaram que sua formação era insuficiente para lhes proporcionar o conhecimento necessário à produção e aplicação das sequências didáticas no pretendido enfoque. Mas isso não os impediu de fazer e, a partir das trocas de ideias, de materiais e da pesquisa, conseguiram superar as dificuldades e obtiveram com entusiasmo os benefícios que o trabalho nesse enfoque pode lhes garantir.

Assim, a segunda questão foi dirimida do seguinte modo: embora os professores de biologia em formação inicial tenham avaliado a sua formação inicial como insuficiente e precária para o ensino de biologia num enfoque evolutivo, eles buscaram, por meio dos estudos, pesquisas e das trocas de ideias com os colegas, superá-las. Então, planejaram e aplicaram sequências didáticas no enfoque pretendido, visando contribuir com a mudança no panorama deficitário do ensino de biologia no Ensino Médio brasileiro. Desse modo, os conhecimentos, construídos ao longo do processo acerca da evolução biológica e seu ensino, permitiram aos sujeitos da pesquisa superar as dificuldades e problemas, além de qualificarem sua prática pedagógica nas diferentes temáticas da biologia.

Por fim, o terceiro metatexto nos mostrou que a avaliação final de todo o processo de investigação foi vantajosa e enriqueceu a formação inicial dos professores de biologia, que era até então deficitária. Já sobre o ensino de biologia num enfoque evolutivo, no Ensino Médio das escolas públicas, os participantes evidenciaram que é uma possibilidade viável e que, se tomados os cuidados e precauções, valendo-se de um apoio coletivo no planejamento e aplicação das aulas, os alunos são capazes de construir um conhecimento biológico mais integrado e/ou articulado com as premissas e processos evolutivos, o que garante uma visão sistêmica dos seres bióticos e dos elementos abióticos que compõem nosso planeta.

Assim, a terceira questão-problema, a qual nos propusemos a elucidar nesta pesquisa, foi respondida do seguinte modo: foi possível ensinar biologia num enfoque evolutivo por meio de sequências didáticas planejadas, a partir de uma perspectiva crítico-reflexiva e com o apoio, pesquisa e trocas de ideias com os colegas; dessa forma, atingiram resultados satisfatórios, ressalvados os cuidados que foram percebidos na prática pedagógica.

Acreditamos que esta pesquisa serviu como uma provocação na tentativa de aproximação da biologia acadêmica com a biologia social, no sentido de que buscamos propiciar aos professores de biologia em formação inicial uma proposta de trabalho que respeita os conhecimentos biológicos e requer deles uma compreensão apurada, sistêmica e articulada. A pesquisa também serviu como uma oportunidade ímpar de formação inicial, preocupada com a construção dos conhecimentos biológicos, numa perspectiva crítico-reflexiva que os aproximou da práxis como fundamento primordial da profissão docente.

Por fim, cabe destacar as contribuições pessoais e profissionais que esta investigação nos proporcionou, pois acreditamos que uma sólida formação como pesquisador nas Ciências Humanas perpassa pela construção de propostas que almejam a aproximação entre a pesquisa e o ensino, ou seja, a ruptura da dicotomia teórico-prática. Por considerar que uma pesquisa epistemológica em si não ofereceria resultados práticos imediatos, demorando a atingir o ensino, decidimos que, mesmo que trabalhosa e dispendiosa, esta investigação buscaria ir além da simples identificação de problemas, mas partiria para a constituição de uma proposta prática e ativa. Assim, quando os sujeitos desta pesquisa construíram e aplicaram suas sequências didáticas, nos aproximamos daquilo que consideramos o ideal das pesquisas em ensino de biologia ou de ciências no geral.

Esperamos, com isso, que novas pesquisas se inspirem a não se contentar em apenas apontar os culpados e enumerar as dificuldades, mas que busquem ir além, a fim de romper com a tradição da crítica pela crítica, implementando investigações que realmente contribuam para uma melhoria significativa do ensino de biologia na Educação Básica brasileira.

Assim, numa perspectiva de continuidade deste trabalho, pretendemos, em nossa carreira como formador de professores de biologia, como pesquisador em ensino de biologia e, especialmente, em ensino de evolução, implantar novas investigações que verifiquem, na prática da sala de aula, como se efetiva a aprendizagem de biologia num enfoque evolutivo. Sem abandonar a perspectiva epistemológica e histórica, pretendemos continuar testando propostas didáticas com a evolução biológica como enfoque, tanto na Educação Básica como na formação inicial de professores de biologia e ciências.

IV. REFERÊNCIAS

- ALLGAYER, H. O conceito darwiniano de espécie: um argumento favorável à seleção natural na Origem das Espécies. Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 8, n. 2, p. 151-166, 2013.
- ALLMON, W. D. Why Don't People Think Evolution Is True? Implications for Teaching, In and Out of the Classroom. Revista... **Evolution: Education and Outreach**, v. 4, n. 4, p. 648, 2011.
- AMABIS, J. M.; BITNER-MATHÉ, B. C. Darwin e a teoria da evolução. Revista... **Ciência Hoje**, v. 44, n. 261, São Paulo, jul./2009.
- ANDERSON, R. D. Teaching the theory of evolution in social, intellectual, and pedagogical context. Revista... **Science Education**, v. 91, n. 4, p. 664-677, 2007.
- ARAÚJO, A. M. Estará em curso o desenvolvimento de um novo paradigma teórico para a evolução biológica? In: MARTINS, L. A. P.; REGNER, A. C. K. P.; LORENZANO, P. (orgs.). **Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos**. Campinas-SP: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), pp. 1-27, 2006a.
- _____. Síntese evolutiva, constrição ou redução de teorias: há espaço para outros enfoques? Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, pp. 5-19, 2006b.
- ARAÚJO, M. F. F.; MENEZES, A.; COSTA, I. A. S. **História da Biologia**. 2. ed. Natal, RN: EDUFRN, 2012. 214 p.
- ARIZA, F. V.; MARTINS, L. A. C. P. A *scala naturæ* de Aristóteles no tratado *De Generatione Animalium*. Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 21-34, 2010. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-05-1-02-Fabiana-Ariza-Lilian-Martins.pdf> Acesso em 11/04/2019.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. Y.; HANESIAN. H. **Educational Psychology: A Cognitive view**. New York: Holt Rinehalt and Winston, 1978.
- BACON, F. **Novum Organum**. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979. 231 p.
- BACKES, D. S.; COLOMÉ, J. S.; ERDMANN, R. H.; LUNARDI, V. L. Grupo Focal como técnica de coleta e análise de dados em pesquisas qualitativas. Revista... **O mundo da saúde**, v. 35, n. 4, São Paulo: 2011. Disponível em: http://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/88/10_GrupoFocal.pdf. Acesso em 10/01/2018.
- BASTOS, F. Formação de professores de Biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (orgs.) **Introdução à Didática da Biologia**. Coleção Educação para a Ciência. São Paulo: Escrituras Editora, 2009.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BEIGUELMAN, B. **Genética de Populações Humanas**. Ribeirão Preto: SBG, 2008. 235p.

BIZZO, N.; EL-HANI, C. N. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 235-257, 2009. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-08-Nelio-Bizzo-Charbel-El-Hani.pdf> Acesso em 10/01/2018.

BIZZO, N. Ciências Biológicas. In: BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2004. pp. 148-169.

_____. **Mais Ciência no Ensino Fundamental**: metodologia de ensino em foco. São Paulo: Editora do Brasil, 2009.

_____. **Metodologia de ensino de biologia e estágio supervisionado**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2012. 168 p.

BOMFIM, L. A. (trad.). Grupos focais: conceitos, procedimentos e reflexões baseadas em experiências com o uso da técnica em pesquisas de saúde. Revista... **Physis Revista de Saúde Coletiva**, v. 19, n. 3, p. 777-796, Rio de Janeiro: 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/4008/400838224013/>. Acesso em 10/01/2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. 138 p.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000. 109 p.

_____. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. 144 p.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Área de Ciências da Natureza**. Brasília: MEC, 2017.

BRITO, A. P. O. P. M.; MARTINS, L. A.-C. P. Preformação versus epigênese no século XX: Morgan e a hipótese cromossômica (1900 – 1910). In: CHIBENI, S. S.; ZATERKA, L.; AHUMADA, J.; LETZEN, D.; SILVA, C. C.; MAR-TINS, L. A.-C. P.; BRITO, A. P. O. P. M. (ed.). **Filosofia e historia de la ciencia en el Cono Sur**: selección de trabajos del X Encuentro de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur. 1 ed. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2018.

CALDEIRA, A. M. A.; ARAÚJO, E. S. N. N. (orgs.) **Introdução à Didática da Biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2009. Série Educação para a Ciência 10.

CARDOSO-SILVA, C. B.; OLIVEIRA, A. C. Como os livros didáticos de biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? Revista... **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 169-180, 2013.

CARMO, R. S.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Teleologia, função e ensino de Biologia. Revista... **Acta Scientiae**, v. 18, n. 3, 2016.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**: tendências e inovações. Coleção Questões da Nossa Época. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

CARVALHO, A. M. P. O uso do vídeo na tomada de dados: pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. Revista... **Pro-Posições**, v. 7, n. 1[19], pp. 5-13, mar. 1996.

_____. (org.). OLIVEIRA, C. M. A.; SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SEDANO, L.; SILVA, M. B.; CAPECHI, M. C. V. M.; ABIB, M. L. V. S.; BRICCIA, V. **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

_____. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P.; (org.). **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. pp. 1-20.

CARVALHO, Í. N.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? Revista... **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 1, n. 1, ago/dez, 2011. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/viewFile/1588/774>. Acesso em 10/01/2018.

CARVALHO, A. J.; GUSMÃO, F. A. F. Os aspectos históricos da criação do curso de licenciatura em Ciências Biológicas no Brasil. Anais... **10 Encontro Internacional de Formação de Professores e 11 Fórum Permanente Internacional de Inovação Educacional**. Aracaju-SE, v. 10, n. 1, 2017.

CESCHIM, B.; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A. Teoria Sintética e Síntese Estendida: uma discussão epistemológica sobre articulações e afastamentos entre essas teorias. Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 1, p. 1-29, São Paulo, 2016.

CESCHIM, B.; CALDEIRA, A. M. A. É caminhando que se faz o caminho: a natureza contingente da evolução como objeto de ensino. In: CALDEIRA, A. M. A. (org.). **Didática e Epistemologia da Biologia**. São Paulo: Espelho D'Alma, 2020. pp. 17-52.

CHUMBINHO, S. A. **Análise do conflito entre ciência e religião durante o ensino de evolução**: propondo estratégias de mediação. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

CICILLINI, G. A. **A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no 2º grau**: análise da concepção de evolução em livros didáticos. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. 1991.

_____. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio**: a teoria da evolução como exemplo. Tese. Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, 1997.

COUTINHO, F. A.; MARTINS, R. P. Uma Ciência Autônoma. Revista... **Ciência Hoje**, nov. 2002, pp. 65-67.

CNE. Brasil. Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002. Institui **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica**, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Brasília, 2002a.

_____. Resolução CNE/CP 2, de 19 de fevereiro de 2002. **Institui a duração e a carga horária dos cursos de licenciatura, de graduação plena, de formação de professores da Educação Básica em nível superior**. Brasília, 2002b.

_____. Resolução CNE/CP 2, de 1º de julho de 2015. **Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada**. Brasília, 2015.

_____. Resolução CNE/CP 2, de 20 de dezembro de 2019. **Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação)**. Brasília, 2019.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 248 p.

DANIEL, E. A.; BASTOS, F. Concepções de futuros professores da Escola Básica sobre evolução dos seres vivos: implicações para a prática docente. In: NARDI, R.; BASTOS, F.; DINIZ, R. E. S. **Pesquisas em ensino de ciências: contribuições para a formação de professores**. 5 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. pp. 95-110.

DARWIN, C. R. **On the origin of species by means of natural selection: or the preservation of favoured races in the struggle for life**. 1. ed. London: John Murray, Albemarle Street, 1859. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/> Acessado em: 27/08/2020.

_____. **The variation of animals and plants under domestication**. London: John Murray, Albemarle Street, 1868. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/> Acessado em: 27/08/2020.

DAVIS, T. H. Meselson and Stahl: The art of DNA replication. Revista... **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 52, p. 17895-17896, 2004.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. Coleção Magistério 2º Grau. Série Formação do Professor. São Paulo: Cortez, 1994.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 432 p.

DEWITT, T. J.; SCHEINER, S. M. Phenotypic Variation from Single Genotypes: A Primer. In: DEWITT, T. J.; SCHEINER, S. M. (ed.). **Phenotypic Plasticity: Functional and Conceptual Approaches**. Oxford University Press, 2004.

DIEGUES, C. S. Um mistério revelado: como os conhecimentos evolutivos vêm sendo explorados nas aulas de biologia do Ensino Médio? In: ARÁUJO, L. A. L. (org.) **Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino**. Porto Alegre, RS: Editora Fi, 2017. pp. 445-453.

DOBZHANSKY, T. **Genetics and the Origin of Species**. 1 ed. Columbia University Press, 1937.

_____. Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. Revista... **The American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, mar., 1973, pp. 125-129.

DRESSINO, V.; LAMAS, S. G. La necesidad de un marco multiteórico para la biología evolutiva. In: MARTINS, L. A-C. P.; REGNER, A. C. K. P.; LORENZANO, P. (ed.). **Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos**. Campinas-SP: AFHIC – Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2006.

DUARTE, A. J. C. Evolução Biológica. In: GUERRA, R. A. T. (org.). **Ciências Biológicas: Cadernos CB Virtual 6**. João Pessoa: Ed. Universitária, 2010. 358 p.

EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Livros didáticos de biologia do ensino médio: resultados do PNLEM/2007. Revista... **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 27, n. 01, p. 211-240, abr. 2011.

FARIA, F. O Atualismo entre uniformitaristas e catastrofistas. Revista... **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 101-109, 2014.

FERRAZ, D. F. **Os desdobramentos teóricos e práticos do desenvolvimento de subprojetos Pibid na formação inicial de professores de ciências biológicas no estado do Paraná**. Tese. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2018.

FERREIRA, M. S.; SELLES, S. E. Entrelaçamentos históricos das Ciências Biológicas com a disciplina escolar biologia: investigando a versão azul do BSCS. Atas... **V ENPEC. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, n. 5, 2005.

FLICK, U. **Desenho da Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FREIRE-MAIA, N. **Teoria da evolução: de Darwin à teoria sintética**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

FREITAS, I. A. História natural, história da natureza e história ambiental: três histórias sobre uma grande ideia. Revista... **Espaço e Cultura**, n. 35, p. 153-176, 2014.

FREITAS, D.; VILLANI, A. Formação de professores de ciências: um desafio sem limites. Revista... **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, pp. 215-230, 2002.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002.

GABRIELY, M. Como chegamos a uma Síntese Estendida da Evolução? **Blog UFABC Divulga Ciência**, v. 3, n. 8, p. 2, 2020. Disponível em:

<https://proec.ufabc.edu.br/ufabcdivulgaciencia/2020/08/05/como-chegamos-a-uma-sintese-estendida-da-evolucao-v-3-n-8-p-2-2020/> Acessado em: 27/08/2020.

GABRIELY, M.; SANTOS, C. M. Em direção a uma síntese estendida da teoria evolutiva: estado da arte e perspectivas futuras. Revista... **Rev. Bras. de Iniciação Científica (RBIC)**, Itapetininga, v. 6, n.5, p. 60-76, 2019.

GANIKO-DUTRA, M.; CESCHIM, B.; CALDEIRA, A. M. A. Nem só de seleção natural se constrói uma teoria evolutiva. In: CALDEIRA, A. M. A. (org.). **Didática e Epistemologia da Biologia**. São Paulo: Espelho D'Alma, 2020. pp. 53-86.

GIACOMINI, H. C. Os mecanismos de coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. Revista... **Oecologia Australis**, v. 11, n. 4, p. 521-543, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/5692/4279>. Acessado em 25/06/2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2008.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. Revista... **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

GOEDERT, L.; DELIZOICOV, N. C.; ROSA, V. L. A formação de professores de Biologia e a prática docente: o ensino de evolução. Atas... **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IV ENPEC**. Bauru-SP: ABRAPEC, 2003.

GOEDERT, L.; LEYSER, V.; DELIZOICOV, N. C. A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica. Revista... **Editora Unijuí**, v. 21, n. 76, jul/dez, 2006.

GONÇALVES, S. R. V.; MOTA, M. R. A.; ANADON, S. B. A Resolução CNE/CP n. 2/2019 e os retrocessos na formação de professores. Revista... **Formação em Movimento**, v.2, i.2, n.4, p. 360-379, jul./dez. 2020.

GONDIM, S. M. G. Grupos focais como técnica de investigação qualitativa: desafios metodológicos. Revista... **Paidéia**, v. 12, n. 24, p. 149-161, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/paideia/v12n24/04>. Acesso em 10/01/2018.

GOULD, S. J. **Lance de Dados**: a idéia de evolução de Platão a Darwin. Trad. Sérgio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2001.

GUERRA, E. L. A. **Manual Pesquisa Qualitativa**. Belo Horizonte: Grupo Anima Educação, 2014. Disponível em: http://disciplinas.nucleoad.com.br/pdf/anima_tcc/gerais/manuais/manual_quali.pdf. Acesso em 26/01/2018.

HAYDOCK, K.; ARUNAN, M. C. Teaching and Learning about Evolution and Natural Selection: Problems and Solutions. Revista... **Mathematics Education**, p. 106-112, 2013.

HULL, D. L. **Filosofia da Ciência Biológica**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life. Revista... **Science in School**, Issue 1, Spring, 2006.

_____. **Evolução em quatro dimensões: DNA, comportamento e a história da vida.** São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

JACOB, F. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade.** Rio de Janeiro: Edições Graal, 1983.

JUNGES, M. Epigenética e teoria da evolução: suas compatibilidades. Revista... **Rev. do Instituto Humanitas Unisinos IHU on-line**. e. 300, Jul., 2009. Disponível em: <http://www.ihuonline.unisinos.br/artigo/2673-eva-jablonka> Acessado em 02/05/2020.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** 2 ed. São Paulo: Editora HARBRA, 1986.

_____. **O professor e o currículo das ciências.** São Paulo: EPU/USP, 1987.

_____. Biologia – ensino prático. In: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAUJO, Elaine S. Nicolini Nabuco. (Orgs.) **Introdução à Didática da Biologia.** São Paulo: Escrituras Editora, 2009. pp. 249-258.

KIND, L. Notas para o trabalho com a técnica de grupos focais. Revista... **Psicologia em Revista**, Belo Horizonte, v. 10, n. 15, p. 124-136, jun. 2004.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

LALAND, K. N.; ULLER, T.; FELDMAN, M. W.; STERELNY, K.; MÜLLER, G. B.; MOCZEK, A.; JABLONKA, E.; ODLING-SMEE, J. The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions and predictions. Revista... **Proceedings B**, The Royal Society Publishing, v. 282, 2015.

LICATTI, F.; DINIZ, R. E. S. Concepções de professores de Biologia sobre o ensino de Evolução Biológica em nível médio. Atas... **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – V ENPEC.** Bauru-SP: ABRAPEC, 2005.

LIGNANI, L. B.; AZEVEDO, M. J. C. Aceitar o fato e questionar as teorias: desafios para o ensino da evolução. Revista... **Ciência Hoje**, n. 326, v. 55, jun./2015.

MACEDO, E. C.; MENOLLI-JR, N. Análises de livros didáticos de biologia: estudo qualitativo de alguns artigos publicados em periódicos nacionais. Anais... **XII Congresso Nacional de Educação EDUCERE.** Paraná: 2015, pp. 9669-9685.

MALUCELLI, V. M. B. Formação dos professores de ciências e biologia: reflexões sobre os conhecimentos necessários a uma prática de qualidade. Revista... **Estud. Biol.**, n. 29, v. 66, jan/mar. 2007, pp. 113-116.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia**: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2009. Coleção Docência em Formação. Série Ensino Médio.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, L. A.-C. P. **A teoria da progressão dos animais de Lamarck**. Dissertação. Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Programa de Pós-Graduação em Genética. São Paulo: UNICAMP, 1993.

_____. **A teoria cromossômica da herança**: proposta, fundamentação, crítica e aceitação. Tese. Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas. Programa de Pós-Graduação em Genética. São Paulo: UNICAMP, 1997.

_____. August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção. Revista... **Revista da SBHC**, v. 1, n. 1, 2003, p. 53-74.

_____. Weldon, Pearson, Bateson e a controvérsia mendeliano-biometricista: uma disputa entre evolucionistas. Revista... **Filosofia Unisinos**, v. 8, n. 2, pp. 170-190, mai/ago, 2007.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (org.) **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: Subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. pp. xvii-xxx.

MATTHEWS, M. R. History, philosophy, and science teaching: The present rapprochement. Revista... **Science & Education**, v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992.

_____. Science, Worldviews and Education: An Introduction. Revista... **Science & Education**, v. 18, pp. 641-666, 2009.

_____. **Science Teaching**: The Contribution of History and Philosophy of Science. 20th Anniversary Revised and Expanded Edition. New York: Routledge, 2015.

MAYR, E.; REICHARDT, H. **Populações, espécies e evolução**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Ivo Martinazzo (trad.). Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107 p.

_____. **Biologia, Ciência Única**: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

_____. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

_____. **O que é Evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.

MEDEIROS, E. A.; AMORIM, G. C. C. Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. Revista... **Laplage em Revista**, v. 3, n. 3, p. 247-260, 2017.

MEGLHIORATTI, F. A. **História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de biologia.** Dissertação. Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru. São Paulo: Unesp, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/90876>. Acesso em 25/07/2017.

MEGLHIORATTI, F. A.; BRANDO, F. R.; ANDRADE, M. A. B. S.; CALDEIRA, A. M. A. A integração conceitual no Ensino de Biologia: uma proposta hierárquica de organização do conhecimento biológico. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (orgs.). **Introdução à Didática da Biologia.** São Paulo: Escrituras Editora, 2009.

MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da idéia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sócio-cultural. Revista... **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 107-123, 2006.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Revista... **Ciência & Educação** (Bauru), v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MELLINI, C. K.; SIVIERI-PEREIRA, H. O. A formação do professor de Ciências Biológicas: o que tem sido pesquisado? Revista... **Evidência**, Araxá, v. 14, n. 14, p. 159-170, 2018.

MENEZES, O. B. A origem do termo “biologia”. Revista... **Revista Sitientibus**, Feira de Santana-BA, n. 3, v. 6, 1986, pp. 63-69.

MENDES, R.; MUNFORD, D. Dialogando saberes: pesquisa e prática de ensino na formação de professores de ciências e biologia. Revista... **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 202-219, set-dez, 2005.

MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia.** São Paulo: Editora UNESP, 2005.

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade.** 28. ed. Petrópolis-RJ: Vozes, 2009.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. Revista... **Ciência & Educação** (Bauru), v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva.** 2. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011. 224 p.

MORAES, C. L. B. **Os Documentos Orientadores Nacionais e Estadual (Goiás) no contexto da Biologia para o Ensino Médio: Teorias de Currículo e Ensino de Evolução Biológica.** Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás. Goiânia: UFG, 2016.

MORAES, C. L. B.; GUIMARÃES, S. S. M. A Evolução Biológica para o Ensino Médio nos Documentos Orientadores Nacionais e no Currículo Referência do Estado de Goiás. Anais...

XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017. Currículos e Educação em Ciências.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

_____. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências:** a teoria da aprendizagem significativa. Porto Alegre, 2016.

MOTA, H. S. **Evolução Biológica e Religião:** atitudes de jovens estudantes brasileiros. Tese. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo: FAE/USP, 2013.

MOURA, R. R.; BARTOLETI, L. F. M.; BRITO, V. L. G. Novas fronteiras da Teoria da Evolução. Revista... **Ciência Hoje**, n. 343, v. 58, dez., 2016. pp. 44-49.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. 383 p.

OLEQUES, L. C.; BOER, N.; TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Evolução biológica como eixo integrador no ensino de biologia: concepções e prática de professores do ensino médio. Atas... **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VIII ENPEC**, 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1066-1.pdf> Acesso em 10/01/2018.

OLEQUES, L. C.; BOER, N.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Reflexões acerca das diferentes visões sobre a natureza da ciência e crenças de alunos de um curso de Ciências Biológicas. Revista... **Rev. Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, 2013, pp. 110-125.

OLIVEIRA, A. L. **Um estudo sobre a formação inicial e continuada de professores de ciências:** o ensino por investigação na construção do profissional reflexivo. Tese. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2013.

PESCE, M. K.; ANDRÉ, M. E. D. A.; HOBOLD, M. S. Formação do professor pesquisador: procedimentos didáticos. Atas... **XI Congresso Nacional de Educação EDUCERE, II Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação SIRSSE e IV Seminário Internacional sobre Profissionalização Docente – SIPD/Cátedra UNESCO.** Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

PIGLIUCCI, M. An Extended Synthesis for Evolutionary Biology. Revista... **The Year in Evolutionary Biology 2009.** Ann. New York Academy of Sciences, n. 1168, pp. 218–228, 2009.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, S. G. (org.). **Saberes pedagógicos e atividade docente.** 4. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

_____. **O estágio na formação de professores:** unidade teoria e prática? 11 ed. São Paulo: Cortez, 2012.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. **Estágio e docência**. 7 ed. São Paulo: Cortez, 2012. Coleção Docência em Formação, Série Saberes Pedagógicos.

PINHEIRO, F. L. P. **Influência das Leis de Escala sobre a Dinâmica de Populações**. Dissertação. Instituto de Física da UnB. Brasília: UNB, 2010.

POLINARSKI, C. A. **Formação Inicial do Professor**: caracterização de um Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais. Tese. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática. Universidade Estadual de Maringá. Maringá-PR: PCM/UEM, 2013.

PORTELINHA, A. M. S.; SBARDELOTTO, V. S. Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores (RES.2/2015): princípios e concepções. Revista... **Temas & Matizes**, Cascavel, v. 11, n.21, p. 39–49, jul./dez.2017.

POZO, J. I. **Aquisição de conhecimento**: quando a carne se faz verbo. Porto Alegre: Artmed, 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Tradução de Naila Freitas. 5. ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRESTES, M. E. B. **Teoria Celular**: de Hooke a Schwann. São Paulo: Scipione, 1997.

_____. O whiggismo proposto por Herbert Butterfield. Revista... **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, v. 4, n. 3, pp. 2-4, set. 2010. Versão online disponível em: <http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2009.pdf>. Acesso em 05/06/2020.

PROVINE, W. B. El progreso en la evolución y el significado de la vida. In: MARTÍNEZ, S.; BARAHONA, A. (Org.). **Historia y explicación en Biología**. México: Ediciones Científicas Universitarias, 1998. P. 168-196.

RÁDL, E. **The history of biological theories**. Trad. E. J. Hatfield. Oxford University Press. London: Humphrey Milford, 1930.

RICHARDS, R. A. Philosophical Challenges in Teaching Evolution. Revista... **Evolution: Education and Outreach**, v. 1, n. 2, p. 158, 2008.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

ROSA, S. R. G.; SILVA, M. R. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: uma análise do conteúdo sobre o episódio da transformação bacteriana. Revista... **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.3, n.2, p.59-78, jul. 2010.

ROSE, M. R. **O espectro de Darwin**: a teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2000.

SADALLA, A. M. F. A.; LAROCCA, P. Autoscopia: um procedimento de pesquisa e de formação. Revista... **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 419-433, 2004.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – II. Revista... **Ciência & Ensino**, v. 2, n. 1, dez., 2007.

SANTOS, C. G. **Da teoria sintética da evolução à síntese estendida**: o papel da plasticidade fenotípica. Tese. Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. São Paulo: FFCL/USP, 2015.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula**: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado. Lisboa: Livros Horizonte, 1998. 262 p.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. Revista... **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, Dez, 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. Revista... **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, pp. 59-77, 2011.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P.; (org.). **Ensino de Ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. pp. 129-152.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

SEDORKO, D.; MATSUMURA, W. M. K. Evolução como eixo articulador da biologia: enfoque e dificuldades de professores da rede estadual de Ponta Grossa-PR. Atas... **V Mostra de Laboratório de Ensino**. Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG. 2011.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Daniel_Sedorko/publication/295813592_Evolucao_com_o_eixo_articulador_da_biologia_enfoque_e_dificuldades_de_professores_da_rede_estadual_d_e_Ponta_Grossa-PR/links/56cdba3008aA85c8233A666f.pdf. Acessado em 11/04/2019.

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia**: conhecimentos e valores em disputa. Niterói: Eduff, p. 50-62, 2005.

SEVILLA, G.; FERNANDEZ, F. R. B. O ambiente muda, fato. Mas quem muda o ambiente? In: CALDEIRA, A. M. A. (org.). **Didática e Epistemologia da Biologia**. São Paulo: Espelho D'Alma, 2020. pp. 203-230.

SILVA, A. C.; MENOLLI JUNIOR, N. Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio. Revista... **Ciências & Ideias**, V.7, N.3, Set./Dez., 2016, pp. 235-273.

SILVA, M. T.; SANTOS, C. M. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à síntese estendida da Evolução. Revista... **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.11, n. 22, Jan-Jun 2015, p.46-61.

SILVA, M. G. B.; SILVA, R. M. L.; TEIXEIRA, P. M. M. A evolução biológica na formação de professores de biologia. Atas... **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - VIII ENPEC**, 2011.

SILVA, C. A. G.; STUCHI, A. M. Dificuldades encontradas por professores de Biologia para planejar aulas envolvendo questões sociocientíficas no Ensino Médio. Atas... **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - XI ENPEC**, v. 11, 2017.

SIMPSON, G. G. **O significado da evolução**: um estudo da história da vida e do seu sentido humano. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1962.

SMOCOVITIS, V. B. Unifying biology: The evolutionary synthesis and evolutionary biology. Revista... **Journal of the History of Biology**, v. 25, n. 1, p. 1-65, 1992.

SOUSA, J. O. **Análise de livros didáticos de biologia da 1ª série do Ensino Médio**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2020.

SOUZA, R. A. L. **A viagem de Alfred Russel Wallace ao Brasil**: uma aplicação de história da ciência no ensino de biologia. Dissertação. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências. USP. São Paulo, 2014.

STENHOUSE, L. **Investigación y desarrollo del curriculum**. 3.ed. España: Ediciones Morata, 1991.

TIDON, R. Sistemas de Herança: as múltiplas dimensões da evolução. Revista... **Rev. De Filosofia Moderna e Contemporânea**. Brasília, v. 6, n. 1, jul. 2018, p. 209-220.

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. Revista... **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 1, pp. 124-131, 2004.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. Revista... **ComCiência Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**. SBPC, 2009.

Disponível em:

<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=45&id=535>. Acessado em: 06 de Maio de 2019.

TOMITA, N. Y. De história natural a ciências biológicas (1934-1989). **Revista Ciência e Cultura**, n. 42, v. 12, dez. 1990.

UCMP. **Understanding Evolution**. 2019. University of California Museum of Paleontology. Disponível em: <http://evolution.berkeley.edu/>. Acessado em 06 de Maio de 2019. Traduzido ao Português em: <http://www.ib.usp.br/evosite/>.

ULIANA, E. R. Histórico do curso de Ciências Biológicas no Brasil e em Mato Grosso. Anais... **VI Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade"**. Sergipe, dez. 2012.

VIEIRA, A. B. **A evolução do darwinismo**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

VILLELA, M. M.; FERRAZ, M. L. **Dicionário de Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Atheneu, 2007. 295 p.