

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
CAMPUS DE BAURU**

**CAIO SAMUEL FRANCISCATI DA SILVA**

**A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NO ENSINO MÉDIO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO: COMPETÊNCIAS  
CURRICULARES, ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS E  
INDICADORES DE APRENDIZAGEM**

Bauru – SP  
2012

**CAIO SAMUEL FRANCISCATI DA SILVA**

**A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NO ENSINO MÉDIO NO  
ESTADO DE SÃO PAULO: COMPETÊNCIAS  
CURRICULARES, ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS E  
INDICADORES DE APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências).

**Orientador: JAIR LOPES JUNIOR**

Bauru – SP  
2012

Silva, Caio Samuel Franciscati da.

A evolução biológica no ensino médio no Estado de São Paulo: competências curriculares, orientações didáticas e indicadores de aprendizagem / Caio Samuel Franciscati da Silva, 2012  
239 f.

Orientador: Jair Lopes Junior

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2012

1. Competências. 2. Descritores de aprendizagem. 3. Ensino de Biologia. 4. Ensino de evolução. 5. Ensino médio. 6. SARESP. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE CAIO SAMUEL FRANCISCATI DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.**

Aos 30 dias do mês de janeiro do ano de 2012, às 14:30 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-Graduação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JAIR LOPES JUNIOR do(a) Departamento de Psicologia / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. ELIO CARLOS RICARDO do(a) Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada / Universidade de São Paulo, Prof. Dr. RENATO EUGENIO DA SILVA DINIZ do(a) Departamento de Educação / Instituto de Biociências de Botucatu, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de CAIO SAMUEL FRANCISCATI DA SILVA, intitulado "A Evolução Biológica no Ensino Médio no Estado de São Paulo: Competências Curriculares, Orientações Didáticas e Indicadores de Aprendizagem". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: \_\_\_\_\_  
APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. JAIR LOPES JUNIOR



Prof. Dr. ELIO CARLOS RICARDO



Prof. Dr. RENATO EUGENIO DA SILVA DINIZ

*Aos meus pais, Maria e Abdias, pois não  
poderia ser diferente.*

## AGRADECIMENTOS

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, recebi o apoio de várias pessoas, em diferentes momentos e espaços. Algumas compartilharam seus conhecimentos e suas experiências enquanto que outras, não menos importantes, dispensaram seu carinho e sua compreensão. Por isso, sou imensamente grato:

Ao Prof. Dr. Jair Lopes Junior, pois não desempenhou apenas o papel de orientador deste trabalho: orientou também minha formação enquanto pesquisador. Agradeço pelos valiosos conhecimentos compartilhados, pelos caminhos indicados, pela compreensão e pela paciência dispensados, conforme o necessário, em cada momento desta investigação.

Ao Prof. Dr. Elio Carlos Ricardo, ao Prof. Dr. Renato Eugênio da Silva Diniz e à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luzia Marta Bellini pelos valiosos conhecimentos compartilhados e por apontarem caminhos que eu não vislumbrara.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rosemary Rodrigues de Oliveira, por orientar meus primeiros passos enquanto professor e enquanto pesquisador na área, pelas valiosas contribuições e sugestões para esta pesquisa, bem como pela sincera amizade.

Aos professores Adriana, Carla e Walter, pelo carinho e pela prontidão com que me receberam e pelo auxílio dispensado durante o período de coleta de dados desta investigação.

Aos meus pais, Abdias e Maria, e à minha irmã, Ligia, por acompanharem atenta e carinhosamente cada momento de minha vida, pelo amor incondicional, pelo conforto nos momentos tempestivos, pela compreensão e pela paciência dispensadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Camila Linhares Taxini, à Cíntia Cristina Isicawa Puga, à Thaís Benetti de Oliveira, à Taís Carmona Lavagnini e à Verônica Pereira Lebre. Sou grato pela sincera amizade, pelo amparo nas situações mais difíceis, pelas risadas, pelas conversas e pelos bons momentos em que passamos juntos. Graças ao seu apoio e à sua amizade o caminho pode ser mais suave.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente acompanharam e contribuíram com este trabalho. Muito obrigado!

*Nada em Biologia faz sentido exceto à luz da  
evolução (DOBZHANSKY, 1973).*



## RESUMO

A teoria evolutiva desempenha papel fundamental dentro das ciências biológicas, dado que possibilita a organização e a unificação do corpo de conhecimentos desta área. Em concordância com esta perspectiva, o ensino-aprendizagem de Biologia deve salientar a centralidade e a importância da evolução para este componente curricular. Entretanto, as pesquisas brasileiras sobre ensino de evolução biológica evidenciam uma série de obstáculos para a construção de conteúdos referentes à teoria evolutiva, bem como para a adoção da evolução como eixo central da disciplina de Biologia. A constatação e o reconhecimento de tais dificuldades impõem questões sobre os subsídios oferecidos pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo e pelas pesquisas acadêmicas sobre o ensino de evolução para enfrentamento das mesmas. Nesta perspectiva, poder-se-ia demarcar correspondências entre, de um lado, os indicadores de aprendizagem derivados das pesquisas acadêmicas sobre o ensino de conteúdos relacionados ao tema origem e evolução da vida e, de outro lado, o contexto escolar no qual ocorrem os processos de ensino-aprendizagem desta temática. Considerando as diferentes dimensões em relação às quais tais correspondências poderiam ser analisadas, o presente trabalho concentrou ênfase em investigar se os indicadores de aprendizagem referentes ao tema evolução derivados das pesquisas acadêmicas seriam equivalentes ou consistentes com os descritores preconizados pelas matrizes de referência do Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP). Nestes termos, objetivamos com este estudo investigar e caracterizar as possíveis correspondências entre os descritores e as habilidades preconizadas em documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo e os indicadores de aprendizagem expostos pelas pesquisas acadêmicas representadas por dissertações e teses sobre ensino de evolução produzidas nas duas últimas décadas (1990-2010). Buscamos verificar também a possibilidade de a produção acadêmica se constituir em recurso instrucional para aprendizagens profissionais da docência no contexto de programas de avaliação de desempenho escolar no que se refere ao ensino de evolução biológica. Para tanto, empreendemos a análise dos capítulos referentes ao tema origem e evolução da vida presentes nos materiais curriculares da disciplina de Biologia distribuídos a toda rede estadual de ensino pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. Posteriormente, verificamos as possíveis correspondências entre os descritores de aprendizagem preconizados pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP e as condições de ensino de tais descritores, segundo o material oficial paulista entregue aos professores. Finalmente, verificamos quais indicadores de aprendizagem referentes à evolução biológica são oferecidos pela literatura, bem como suas equivalências com os descritores apreçados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Os resultados obtidos apontam que as competências preconizadas pelos documentos oficiais apresentam concordâncias com a literatura, mas as condições de desenvolvimento das mesmas expressas pelos cadernos do aluno e do professor se mostram desfavoráveis, uma vez que não apresentam situações de prática reflexiva e tutelada em contextos distintos a todos os indicadores de aprendizagem previstos pelos documentos oficiais. Constatamos também a existência de correspondências entre descritores e indicadores de aprendizagem, todavia as condições de desenvolvimento das competências sugeridas pelas pesquisas encontram as mesmas dificuldades daquelas identificadas para o ensino-aprendizagem das competências prescritas pelos documentos oficiais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Biologia; Ensino de Evolução; Ensino Médio; Competências; Descritores de Aprendizagem; SARESP.

## ABSTRACT

The evolutionary theory plays a fundamental role in the biological sciences, data that makes possible the organization and unification of the corpus of knowledge in this area. In agreement with this perspective, the Biology teaching and learning must highlight the centrality and the importance of the evolution for this curriculum component. However, the Brazilian researches on the teaching of biological evolution show a series of obstacles to building contents concerning to the evolutionary theory, as well as the adoption of the evolution as the central axis of the biology discipline. The fact and the recognition of these difficulties impose questions about the subsidies offered by official documents of the basic education in the State of São Paulo and by the academic researches on the teaching of evolution in order to face them. In this perspective, it could be able to demarcate correspondences between, on one hand, the learning, indicators derived from academic researches on teaching content related to the subject origin and evolution of life and on the other hand, the school context in which occur the teaching and learning processes of this subject. Considering the different dimensions on which such matches could be analyzed, this study focused emphasis on investigating whether the indicators of learning on the subject of evolution derived from academic researches would be equivalent to or consistent with the descriptors recommended by the matrices of reference of the Evaluation System of the School Performance of the State of São Paulo (SARESP). In these terms, this study aimed to investigate and characterize the possible matches between descriptors and the skills recommended in official documents of the basic education in the State of Sao Paulo and the indicators of learning exhibited by academic researchers represented by dissertations and theses on teaching evolution produced in the past two decades (1990-2010). We seek to verify also the possibility of the academic production to constitute in instructional resources for professional learning of teaching programs in the context for evaluating school performance in relation to the teaching of the biological evolution. For that, we undertook the analysis of chapters relating to the subject origin and evolution of life present in the curriculum materials of the biology discipline distributed to all state schools by the Department of Education of the State of Sao Paulo. Later, it was checked the possible matches between descriptors of learning recommended by matrix of reference SARESP and the teaching conditions of such descriptors, according to official material given to the teachers in São Paulo. Finally, it was found which indicators of learning related to biological evolution are offered in the literature, as well as their equivalence with the descriptors touted in official documents of the basic education in the State of São Paulo. The results obtained indicate that the competencies pursued by the official documents show concordance with the literature, but the conditions of their development expressed by the student and teacher's workbooks are shown unfavorable, once it does not present situations of reflective and tutored practice in distinct contexts to all indicators of learning provided by the official documents. It was also noted the existence of correspondence between descriptors and indicators of learning, yet the conditions of the development of the skills suggested by the researches found the same difficulties as those identified for teaching and learning skills prescribed by the official documents.

**KEYWORDS:** Biology Education; Teaching of Evolution; High School; Skills; Learning Descriptors; SARESP.

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – GÊNESIS 1:1-12 (400 A. C.) (SÃO PAULO, 2009B, P. 10-11).....	211
ANEXO B – TEORIA DA SOPA ORGÂNICA (SÃO PAULO, 2009B, P. 11) .....	212
ANEXO C – CINQUENTA ANOS DE “VIDA” NO LABORATÓRIO (SÃO PAULO, 2009D, P. 6-8, 2010B, P. 2-3) .....	213
ANEXO D – O PENSAMENTO EVOLUCIONISTA E AS RELAÇÕES DE PARENTESCO (SÃO PAULO, 2009B, P. 21-22). .....	215
ANEXO E – NO TEMPO EM QUE AS COBRAS TINHAM PERNAS (SÃO PAULO, 2009B, P. 22-23) .....	216
ANEXO F – OS DINOSSAUROS DE UBERABA (SÃO PAULO, 2010B, P. 7-8, 2010D, P. 15-16). .....	217
ANEXO G – PESQUISA INDIVIDUAL (SÃO PAULO, 2010B, P. 11-12, 2010D, P. 21-22).....	219
ANEXO H – A HISTÓRIA DA VIDA NA TERRA. (ADAPTADO DE SÃO PAULO 2009B, P. 38-39).....	220
ANEXO I – AS NOVIDADES EVOLUTIVAS E A HISTÓRIA DA VIDA NA TERRA (SÃO PAULO, 2009B, P. 39).....	221
ANEXO J – LUCY E OS ANCESTRAIS HUMANOS (SÃO PAULO, 2009C, P. 15-16, 2009E, P. 9-11, 2010C, P. 4).....	222
ANEXO K – O HOMEM DE PILTDOWN (SÃO PAULO, 2009C, P. 17, 2009E, P. 11-12, 2010C, P. 4).....	224
ANEXO L – A INTERVENÇÃO HUMANA NA EVOLUÇÃO (SÃO PAULO, 2010C, P. 9-10, 2010E, P. 18-20) .....	225
ANEXO M – A DOMESTICAÇÃO DO MILHO (SÃO PAULO, 2010B, P. 10, 2010E, P. 20-22).....	227
ANEXO N – VOCÊ JÁ VIU UMA DESSAS GRANDES AVES QUE SE COME NO NATAL? (SÃO PAULO, 2009C, P. 29-30) .....	229
ANEXO O – COMO OCORRE A EVOLUÇÃO (SÃO PAULO, 2010C, P. 8-9, 2010E, P. 17-20).....	230
ANEXO P – O EXEMPLO DOS TENTILHÕES É UM CASO DE SELEÇÃO NATURAL? (SÃO PAULO, 2010C, P. 9-10, 2010E, P. 20-21).....	233
ANEXO Q – RECONSTRUINDO FILOGENIAS: UMA ÁRVORE EM TRANSFORMAÇÃO (SÃO PAULO, 2009E, P. 13-14).....	234

ANEXO R – EVOLUÇÃO E RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS (SÃO PAULO, 2010C, P. 11-12, 2010E, P. 24-26).....	235
ANEXO S – HEMOFILIA E FENILCETONÚRIA (SÃO PAULO, 2009C, P. 32-33, 2009E, P. 27-28) .....	237
ANEXO T – INFLUENZA A (H1N1) (SÃO PAULO, 2009C, P. 33-34, 2009E, P. 29-30) .....	238
ANEXO U – EVOLUÇÃO CULTURAL (SÃO PAULO, 2009E, P. 15) .....	239

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Esquema de um possível resultado da evolução dos palitos (SÃO PAULO, 2009B, p. 27)..... 95
- Figura 2. A. Hipótese de árvore filogenética: das algas às plantas. B. Hipótese de árvore filogenética: dos poríferos aos cordados. C. Novidades evolutivas a serem relacionadas aos números destacados na filogenia das plantas e dos animais. (SÃO PAULO, 2009B, p. 40-41). ..... 103
- Figura 3. A. Evolução humana a partir de um modelo do século XIX (SÃO PAULO, 2009C, p. 10, 2009E, p. 3, 2010E, p. 3). B. Hipótese de árvore filogenética dos antropóides (SÃO PAULO, 2009C, p. 11, 2010C, p. 4, 2010E, p. 4)..... 108
- Figura 4. Relações entre habilidades, conteúdos e competências avaliadas e expressas nos níveis de desempenho da Escala de Proficiência do SARESP nas disciplinas de Matemática, Língua Portuguesa, Ciências da Natureza e Ciências Humanas (SÃO PAULO, 2009A, p. 12). ..... 116
- Figura 5. Grupos de competências avaliados nas provas do SARESP e as funções (observar, realizar e compreender) valorizadas (SÃO PAULO, 2009A, p. 15). ..... 118
- Figura 6. Processo desenvolvido em uma ação competente (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 39)..... 139

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Competências gerais e habilidades gerais e específicas para o ensino de Ciências da Natureza (SÃO PAULO, 2008, p. 38-39). .....	39
Quadro 2. Distribuição de temas por bimestre e séries (SÃO PAULO, 2008, p. 47). .....	40
Quadro 3. Organização dos conteúdos referentes à evolução biológica, enquanto conteúdo explicitado, segundo temáticas e situações de aprendizagem preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo. ....	82
Quadro 4. Roteiro de pesquisa (SÃO PAULO, 2009B, p. 25; 2009D, p. 16). .....	94
Quadro 5. Matrizes de referência para avaliação do SARESP – Biologia para o tema “ <i>Origem e Evolução da Vida</i> ” (SÃO PAULO, 2009A, p. 104). .....	121
Quadro 6. Conteúdos disciplinares relativos ao temas “Origem e Evolução da Vida” e habilidades a estes associadas (SÃO PAULO, 2010A, p. 92-95). .....	124
Quadro 7. Descritores de aprendizagem para o tema “Origem e Evolução da Vida” segundo as Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e o Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A). .....	127
Quadro 8. Síntese das competências e habilidades referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida” preconizadas pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SAREPS (SÃO PAULO, 2009A) e pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A). .....	130
Quadro 9. Temáticas vinculadas aos descritores de aprendizagem para o tema "Origem e evolução da vida". .....	132
Quadro 10. Fases de uma ação competente (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 104). .....	140
Quadro 11. Organização dos descritores de aprendizagem referentes à temática “Origem e Evolução da Vida” segundo as situações de aprendizagem preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo. ....	144
Quadro 12. Vinculação de descritores de aprendizagem referentes à temática “Origem e Evolução da Vida” aos conteúdos abordados em cada “Situação de Aprendizagem” e às modalidades didáticas preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo. ....	149
Quadro 13. Dissertações e teses sobre ensino de evolução biológica produzidas entre as décadas de 1990 e 2010. Em destaque, as pesquisas que se encontram disponíveis integralmente na internet. ....	175
Quadro 14. Temáticas abordadas pelas pesquisas em ensino de evolução biológica representadas por dissertações e/ou teses produzidas durante o período de 1990-2010 e que se encontram disponíveis integralmente em endereços eletrônicos. ....	177

Quadro 15. Objetivos de pesquisa e estratégias metodológicas para recolha de dados empregados nas dissertações/teses analisadas por esta pesquisa.....	181
Quadro 16. Indicadores de aprendizagem apontados pela literatura em ensino de evolução biológica para o tema " <i>Origem e Evolução da Vida</i> ".....	183
Quadro 17. Comparação entre os indicadores de aprendizagem para o ensino-aprendizagem presentes na literatura em ensino de evolução biológica e nos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo.....	185

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE QUADROS .....	xiii
SUMÁRIO .....	xv
INTRODUÇÃO .....	16
1. A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA COMO CONTEÚDO CURRICULAR NO ENSINO MÉDIO .....	21
1.1. A BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO .....	21
1.2. A TEORIA EVOLUTIVA COMO EIXO CENTRAL E UNIFICADOR DA BIOLOGIA .....	41
1.3. O ENSINO-APRENDIZAGEM EM EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: UM BREVE HISTÓRICO .....	52
2. CAMINHOS METODOLÓGICOS .....	70
2.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	70
2.2. CONSTRUÇÃO DO ACERVO DE DOCUMENTOS .....	73
2.3. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE .....	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	77
3.1. O CURRÍCULO DE BIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO E A TEORIA EVOLUTIVA .....	77
3.2. A MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA A AVALIAÇÃO DO SARESP, O CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO E OS DESCRITORES DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA .....	115
3.3. O CURRÍCULO PAULISTA E OS DESCRITORES DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA .....	141
3.4. INDICADORES DE APRENDIZAGEM E A LITERATURA EDUCACIONAL SOBRE ENSINO DE EVOLUÇÃO .....	170
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	195
REFERÊNCIAS .....	202
ANEXOS .....	210



## INTRODUÇÃO

---

A evolução desempenha importante papel para a Biologia enquanto ciência, uma vez que esta possibilita a organização e a unificação do acervo de conhecimentos biológicos. Em consonância com o papel desempenhado pela evolução nas ciências biológicas, o ensino de Biologia também deve desenvolver-se de modo a ressaltar a centralidade e a importância da teoria evolutiva para esta disciplina. Nesta perspectiva, o enfoque evolutivo favorece a compreensão de uma Biologia (ciência e disciplina curricular) dinâmica, na qual a vida é estudada como fenômeno biológico único (DOBZHANSKY, 1973; FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005).

Esta orientação para que o ensino de Biologia adote um enfoque evolutivo data do final dos anos de 1950, período em que os materiais curriculares estadunidenses, como o *Biological Sciences Curriculum Study* (BCSC), por exemplo, foram traduzidos e adotados pelo sistema educacional brasileiro. Tais bases curriculares apregoavam a evolução como o eixo articulador da disciplina de Biologia, mas tal unificação foi polêmica e não consensual,

ocasionando uma subdivisão no ensino da disciplina de Biologia em seus aspectos bioquímicos, celulares e ecológicos (CICILLINI, 1991). Neste contexto, embora a evolução biológica tenha sido, há mais de meio século, eleita como o eixo integrador do ensino de Biologia, a literatura educacional revela que nas salas de aula isso não tem ocorrido de modo efetivo (CICILLINI, 1991, 1997; GOEDER, 2004; LICATTI, 2005; AZEVEDO, 2007; LUCENA, 2008; OLIVEIRA, 2009).

Estudos brasileiros sobre o ensino da evolução, tais como os desenvolvidos por Cicillini (1991; 1997), Chaves (1993), Carneiro (2004), Goedert (2004), Meghioratti (2004), Licatti (2005), Guimarães (2005), Marcelos (2006), Azevedo (2007), Madeira (2007), Kemper (2008), Mello (2008), Garcia (2009), Pagan (2009) e Oleques (2010), têm revelado a presença de uma série de obstáculos para o desenvolvimento de conteúdos referentes à teoria evolutiva, bem como para a adoção da evolução como eixo central da disciplina de Biologia. Dentre as dificuldades ressaltadas pela literatura, destacam-se: (1) posicionamento e tratamento dos conteúdos referentes à evolução em materiais didáticos; (2) ideias errôneas e/ou distorcidas sobre os processos evolutivos, tanto em alunos como em professores; (3) concepções e valores de ordem religiosa, cultural, dentre outras, que geram rejeição à teoria evolutiva ou hibridização entre pensamentos criacionistas e evolucionistas; (4) não domínio dos conceitos científicos referentes à teoria evolutiva e desconhecimento da história da construção da mesma por parte dos professores; e (5) deficiências na formação inicial e continuada dos docentes.

Frente a este cenário revelado pelas pesquisas acerca do ensino de evolução e considerando a atual base curricular do Estado de São Paulo, cabe-nos indagar:

Quais são as principais características dos descritores de aprendizagem<sup>1</sup> expressos para o tema “Origem e Evolução da Vida” nas Matrizes de Referência para a Avaliação do

---

<sup>1</sup> É necessário destacar que utilizamos as terminologias descritor e indicador para diferenciar as competências e habilidades prescritas pelo currículo paulista das sugeridas pela literatura. Assim, os descritores de aprendizagem

SARESP (Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo) e no Currículo do Estado de São Paulo?

No currículo paulista, quais são as principais características das condições didáticas sugeridas e estimadas como necessárias para o desenvolvimento dos descritores de aprendizagem explicitados para o ensino de evolução?

Nas duas últimas décadas (1990-2010), ou seja, em um período coincidente com a implantação da avaliação do SARESP no Estado de São Paulo, quais são os principais indicadores de aprendizagem apontados pelas pesquisas acadêmicas (dissertações e teses), bem como sob quais condições de ensino-aprendizagem, para o desenvolvimento de conteúdos referentes à origem e à evolução da vida?

Diante de tais questionamentos, este trabalho objetivou investigar e caracterizar, mediante análises de possíveis correspondências entre as competências e as habilidades preconizadas em documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo e as medidas de aprendizagem expostas pela pesquisa acadêmica em ensino de evolução nas duas últimas décadas (1990-2010), as condições da produção acadêmica se constituir em recurso instrucional para aprendizagens profissionais da docência no contexto de programas de avaliação de desempenho escolar no que se refere ao ensino de evolução biológica.

Para tanto, na tentativa de responder às nossas indagações, conduzimos nossos esforços de análise em quatro momentos: (1) análise dos capítulos referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida” presentes nos materiais curriculares<sup>2</sup> (disciplina de Biologia) destinados

---

correspondem ao conjunto de competências e habilidades apreçadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo, enquanto que consideramos como indicadores as competências e habilidades apreendidas das pesquisas em ensino de evolução biológica.

<sup>2</sup> Os materiais curriculares aos quais nos referimos são os cadernos do aluno e do professor, isto é, materiais impressos em forma de livretos e distribuídos à rede estadual de ensino pela SEE-SP. “*O Caderno do Aluno, específico por disciplinas, por bimestre, foi desenvolvido e entregue aos estudantes de todas as séries. É um material que tem a referência pessoal do aluno. Nele, o aluno registra anotações, faz exercícios e desenvolve as habilidades do Currículo com a coordenação e mediação do professor*”. Por sua vez, “*O Caderno do Professor é distribuído para todo o corpo docente da rede pública de ensino. São quatro volumes no ano, um por bimestre, para todas as disciplinas. O material foi elaborado com sequências didáticas e sugestões de trabalho, nas quais o professor pode se basear para que desenvolva o conteúdo previsto*”. (SÃO PAULO, 2011).

aos alunos e aos professores distribuídos a toda rede estadual de ensino pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE-SP); (2) análise das correspondências entre os descritores de aprendizagem preconizados pelo SARESP e aqueles presentes nos materiais destinados aos docentes e aos estudantes do sistema de ensino do Estado de São Paulo; (3) levantamento de dissertações e teses produzidas no período de 1990-2010 referentes ao ensino de evolução e caracterização dos possíveis indicadores de aprendizagem para esta temática contidos nas mesmas; e (4) análise das possíveis correspondências existentes entre os descritores de aprendizagem presentes nos documentos oficiais da educação paulista e os indicadores de aprendizagem presentes nas pesquisas acadêmicas sobre ensino de evolução biológica.

Assim, o texto da presente pesquisa está organizado em quatro capítulos, a saber:

No Capítulo 1 apresentamos as modificações da disciplina de Biologia ao longo das mudanças curriculares ocorridas desde a década de 1960, salientando que desde o período considerado a teoria evolutiva tem sido eleita como elemento articulador e unificador dos conhecimentos biológicos. Sobre este aspecto, destacamos a importância da evolução para a Biologia (enquanto ciência e disciplina curricular), visto que a teoria evolutiva permite a compreensão e o estudo da vida enquanto fenômeno biológico único. Ainda neste capítulo, tecemos um breve histórico das pesquisas acadêmicas desenvolvidas no período de 1990-2010 sobre o ensino de evolução.

No Capítulo 2, situamos nosso trabalho no paradigma qualitativo e descrevemos os caminhos metodológicos desta pesquisa. Neste, apresentamos a justificativa teórica para a escolha da análise documental como metodologia de pesquisa, o processo de construção do acervo de documentos passíveis de estudo e os procedimentos utilizados para a compilação e a análise dos dados levantados.

No Capítulo 3, apresentamos os resultados obtidos e a discussão dos mesmos, sendo que estes estão organizados em quatro momentos: (1) a origem e a evolução da vida no currículo paulista; (2) os descritores de aprendizagem para o ensino de evolução biológica preconizados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo; (3) os indicadores de aprendizagem para o tema origem e evolução da vida presentes nas pesquisas acadêmicas; e, (4) as possíveis correspondências entre descritores e indicadores de aprendizagem referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida”.

Ainda neste capítulo, trazemos para as discussões as concepções de ensino por competências expressas por Zabala e Arnau (2010), uma vez que as ideias expressas pelos autores nos permitem compreender o desenvolvimento de competências – em seus aspectos factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais – com vistas a favorecer ações futuras de maneira eficiente diante de situações reais e determinadas. Assim, a partir deste capítulo, o leitor conviverá com o ensino por competências proposto por Zabala e Arnau (2010) que, dentre outros, aponta para a importância da prática reflexiva e tutelada para o desenvolvimento de competências, bem como para a preponderância da dimensão procedimental durante a atuação competente.

No Capítulo 4, expomos as conclusões, ainda que transitórias, decorrentes desta pesquisa e as possibilidades de novas investigações na área.

# **1. A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA COMO CONTEÚDO CURRICULAR NO ENSINO MÉDIO**

---

## **1.1. A BIOLOGIA PARA O ENSINO MÉDIO**

No ensino médio, é desejável que os processos de ensino-aprendizagem ocorram de maneira articulada ao cotidiano vivenciado pelos adolescentes. Para tanto, as escolas devem assumir o papel de veiculadoras do conhecimento científico sócio e historicamente construído por meio de práticas educativas que favoreçam aos educandos o desenvolvimento de habilidades para a vivência, a participação e a compreensão do mundo que os cerca (CICILLINI, 1991).

Deste modo, a construção do conhecimento deverá ocorrer de maneira organizada e sistematizada para que o educando, ao apropriar-se deste, atue de forma autônoma e crítica frente à sociedade na qual está inserido. Nesta perspectiva, as disciplinas componentes do

currículo escolar representam diferentes áreas do saber que, em última instância, compõem os diversos instrumentos que os estudantes utilizarão para realizar a sua leitura de mundo. Diante deste cenário em que os sujeitos são concebidos como agentes sociais e as disciplinas, como instrumentalizadoras para a compreensão do mundo, é que devemos pensar a disciplina de Biologia para o ensino médio (CICILLINI, 1991).

Todavia, para compreender a situação atual desta disciplina, assim como a reflexão que empreenderemos nesta pesquisa, é preciso retroceder à década de 1960 e, a partir desta, trilhar um breve histórico a respeito das mudanças curriculares e como estas influenciaram o ensino de Biologia. Tal reflexão é necessária, pois, como nos adverte Krasilchik (2000, p. 85), *“Nossas escolas, como sempre, refletem as maiores mudanças na sociedade – política, econômica, social e culturalmente. A cada novo governo ocorre um surto reformista que atinge principalmente os ensinamentos básico e médio”*.

No início da década de 1960, o Brasil vivia um período de expansão econômica e de liberalismo político no qual os vários segmentos sociais participavam da construção de um grande projeto nacional. A sociedade brasileira visava a autossuficiência, dado que durante a Segunda Guerra Mundial e o período pós-guerra ocorreu a falta de matérias-primas e de produtos industrializados em nosso país. Assim, buscava-se o estabelecimento de uma ciência autóctone para a promoção do progresso científico-tecnológico necessário à industrialização que se colocava em marcha em nosso país (KRASILCHIK, 1987, 2000).

Neste período, defendia-se a formação de estudantes para comporem a nova demanda de cientistas necessária ao desenvolvimento científico-tecnológico pretendido. Assim, na área educacional, após vários debates, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1961 fora promulgada e, dentre as diversas alterações previstas, o currículo de Ciências teve seus objetivos ampliados. Neste contexto, a primeira série do antigo curso ginasial teve a disciplina

“Iniciação à Ciência” incluída em sua grade curricular e as cargas horárias das disciplinas Biologia, Física e Química foram aumentadas (KRASILCHIK, 1987, 2000).

Todavia, o período de escolarização correspondente ao atual ensino médio dividia-se em três modalidades, a saber: científico, clássico e normal. Com efeito, a distribuição e a valorização das disciplinas se davam de modo diferenciado em cada uma das modalidades mencionadas, uma vez que estas se voltavam para a área profissional almejada pelos estudantes. Neste cenário, a disciplina Biologia era oferecida principalmente para aqueles alunos pertencentes ao ensino da modalidade científico. Assim, os conhecimentos biológicos comumente abordados se referiam aos campos da genética, da citologia, da botânica e da zoologia. Observa-se também tentativas de inclusão das áreas de ecologia e biologia molecular, pois estas constituíam campos de pesquisa em expansão no período considerado (CICILLINI, 1991).

Acompanhando estas mudanças, a autonomia no estabelecimento de programações curriculares e a divisão das responsabilidades para a normatização do ensino com os governos estaduais possibilitaram que projetos curriculares estadunidenses adentrassem em nosso país e fossem utilizados pelo ensino médio brasileiro (KRASILCHIK, 1987, 2000). Assim sendo, o ensino de Biologia nesta década contou com traduções e adaptações de duas versões (azul e verde) do *Biological Sciences Curriculum Study* (BSCS). Nestes materiais, buscava-se a articulação do corpo de conhecimentos biológicos por meio de enfoques que garantiriam a coesão dos conteúdos estudados. Para tanto, enquanto a versão azul apregoava a articulação da Biologia através do enfoque evolutivo, a versão verde o fazia por intermédio da ecologia (CICILLINI, 1991).

Entretanto, esta tentativa de unificação do corpo de conhecimentos biológicos não fora materializada nas salas de aula. O ensino de Biologia ainda pautava-se na descrição e na utilização excessiva de terminologias, sem as referidas vinculações com outros conteúdos



e/ou com a vivência dos estudantes. Desta forma, prosseguia-se com um ensino enciclopédico e memorístico, reforçando a concepção de escola enquanto instituição preparatória para o exame vestibular, visto que este requereria a memorização de um grande acervo de conhecimentos fragmentados e, na maioria das vezes, irrelevantes (TEIXEIRA, 2008).

Ainda neste período, a utilização de aulas práticas em disciplinas científicas também constitui um objetivo a ser alcançado, visto que através destas os alunos seriam levados a vivenciar o método científico. Todavia, o método científico era apresentado por meio de etapas bem delimitadas, sendo compreendido como um processo rígido e linear no qual os estudantes deveriam identificar o problema, levantar hipóteses para sua resolução, planejar e executar experiências para verificação e emitir conclusões que validariam, ou não, a hipótese elaborada. Este objetivo educacional – a suposta vivência do método científico – foi amplamente aceito e, mesmo hoje, encontramos marcas desta concepção mecânica e rígida de etapas para a descoberta científica (KRASILCHIK, 1987, 2000).

Porém, é necessário lembrar que a maioria dos professores, e conseqüentemente das escolas, não estava preparada para as mudanças preconizadas pela legislação, especialmente no que se refere ao ensino prático de Biologia. Tal dificuldade é explicada pela mudança de postura adotada em relação a esta disciplina, pois a valorização da investigação biológica confrontava o ensino enciclopédico e propedêutico desenvolvido (KRASILCHIK, 1987; CICILLINI, 1991).

Com a reorganização política e social após a implantação do governo ditatorial em 1964, o sistema educacional brasileiro fora novamente reformulado. Neste novo contexto político-social, o regime militar visava ao desenvolvimento e à modernização de nosso país e, assim sendo, o ensino das ciências fora compreendido como elemento necessário à qualificação da classe operária (KRASILCHIK, 2000). Esta concepção fora materializada, sobretudo, com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1971. Assim, “a

*escola secundária deve servir agora não mais à formação do futuro cientista ou profissional liberal, mas principalmente ao trabalhador, peça essencial para responder às demandas do desenvolvimento”* (KRASILCHICK, 1987, p. 18).

Neste contexto, com vistas a atender a nova legislação, o período de escolarização equivalente ao atual ensino médio apresentou três subdivisões curriculares. Desta forma, o ensino buscava a formação de técnicos que atenderiam às necessidades dos três setores econômicos, a saber: a agricultura (setor primário), a indústria (setor secundário) e o comércio (setor terciário) (CICILLINI, 1991).

Apesar de o texto da nova legislação indicar a importância das disciplinas científicas, em seu processo de implantação estas foram profundamente atingidas. Na prática, as bases curriculares foram transpassadas por disciplinas ditas instrumentais e/ou profissionalizantes, o que redundou na fragmentação e, nos casos mais extremados, no esfacelamento das disciplinas referentes às ciências da natureza (KRASILCHICK, 1987).

A disciplina de Biologia fora atingida de modo extremamente negativo, dado que as novas bases curriculares previam seu oferecimento somente para a primeira série do período correspondente ao ensino médio. Neste cenário, os currículos voltados para os setores secundário e terciário também contemplavam os conteúdos biológicos em componentes curriculares como “Programas de Saúde”. Já para o setor primário, além das disciplinas “Biologia” e “Programas de Saúde”, os conhecimentos biológicos eram fragmentados em outras áreas curriculares, tais como “Noções Básicas de Agricultura e Zootecnia”, “Biologia Celular” e “Genética”. Todavia, a realidade das salas de aulas era contrária às indicações legais, pois, na prática, observa-se a permanência do ensino de genética, citologia, botânica e zoologia, além de ecologia, acrescida neste período (CICILLINI, 1991).

Nesta perspectiva, como nos diz Cicillini (1991), a disciplina de Biologia sofrera um retrocesso que redundou em um ensino fragmentado e de má qualidade, acompanhado de outros problemas derivados desta nova perspectiva curricular. Nas palavras da autora:

Assim, as condições de ensino e trabalho ou permaneceram idênticas às do período anterior ou, até mesmo, pioram, pois que: os conteúdos biológicos continuaram a ser desenvolvidos de modo estanque; menor número de alunos teve oportunidade de contato significativo com esta área de conhecimento; o número de alunos por classe cresceu consideravelmente; muitas escolas verdadeiramente profissionalizantes tiveram seus cursos transformados em cursos de “Formação Profissionalizante Básica”, com sérias conseqüências para estas escolas e seus profissionais (CICILLINI, 1991, p. 4).

Nestes termos, ocorria uma incoerência entre a legislação vigente, que desejava formar o trabalhador em um movimento de massificação, e os objetivos do ensino de Ciências, que apregoava o desenvolvimento da capacidade de pensar crítica e logicamente. Segundo Krasilchik (1987), esta controvérsia se manteve:

porque as novas propostas representam uma mudança de postura em relação à Ciência, conflitando com a situação na sala de aula. Nestas, o imobilismo e as difíceis condições de trabalho tornam cada vez mais presentes um tipo de ensino baseado na apresentação, pelo professor, por meio de aulas expositivas ou textos impressos, de fatos esparsos e desconexos que os alunos memorizam, sem interesse, apenas para usar na época das provas (KRASILCHIK, 1987, p. 20).

O início da década de 1980 foi marcado por profundas crises econômicas e pela transição de uma política ditatorial para uma participação política pluripartidária. Neste novo contexto político-econômico, a construção de uma sociedade democrática, assim como a recuperação da economia, assumem papéis centrais no sistema de ensino (KRASILCHICK, 1987).

Todavia, o período é marcado por polarizações no que se refere às decisões curriculares. Por um lado, preconizava-se que cada instituição de ensino se incumbiria das decisões referentes ao currículo e, por outro lado, apregoava-se o retorno da centralização do currículo por parte das autoridades competentes (KRASILCHICK, 1987). Neste contexto, a primeira metade da década de 1980 é marcada por uma pluralidade de projetos curriculares

que revelaram uma variabilidade de concepções de ensino e de Ciências, como nos diz Krasilchik (1987):

A extensa gama de projetos, incluindo desde atividades típicas de um ensino limitado ao mero repasse de informações, até um processo íntimo de relacionamento com a comunidade, para daí extrair um currículo escolar, indica que há uma variabilidade de concepções sobre o ensino de Ciências entre os grupos preocupados com o problema (KRASILCHIK, 1987, p. 25).

Esta pluralidade fora uma decorrência da Lei 7.044 promulgada em 1982 que desobrigava as escolas da formação profissionalizante. Entretanto, o insucesso da pretensão da profissionalização deixou sérias marcas no sistema educacional. No caso do ensino de Biologia, esta disciplina prosseguiu como um híbrido dos componentes curriculares “Biologia” e “Programas de Saúde” preconizados pela legislação anterior. Nestes termos, esta disciplina continuou fadada à fragmentação e à descontextualização dos conhecimentos relacionadas à mesma (CICILLINI, 1991).

A este respeito, Fracalanza e Fracalanza (1985) tecem as seguintes críticas ao ensino de Biologia praticado nas escolas brasileiras durante a primeira metade da década de 1980:

- a) está desatualizado, quer no que se relaciona à correção das informações, quer no que respeita à completa compreensão dos conceitos básicos envolvidos;
- b) não reflete as diversas acepções sobre os fenômenos envolvidos, nem os paradigmas ou teorias explicativas a eles relacionadas;
- c) não explicitam os contextos nos quais e para os quais os conhecimentos foram e são produzidos e difundem uma concepção errônea da ciência, de seus métodos de trabalho e das instituições científicas;
- d) manifesta estreita relação com os conteúdos tradicionalmente solicitados nos exames de ingresso às escolas superiores e com os conteúdos do 3º grau;
- e) envolvem modernizações sem relações estreitas com o contexto sócio político brasileiro (FRACALANZA e FRACALANZA, 1985, p. 42-43).

Ainda nesta década, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEE-SP) elaborou uma proposta curricular com vistas a unificar o currículo estadual. A base curricular desenvolvida em parceria com as universidades e com os docentes da rede estadual de ensino público paulista preconizava o critério de relevância social dos conteúdos a serem desenvolvidos durante o período de escolarização. Neste processo, um dos objetivos a serem

alcançados pelas disciplinas relacionadas às ciências da natureza era o favorecimento da compreensão das ciências enquanto produção humana vinculada às condições econômicas, políticas e sociais (SÃO PAULO, 2010A).

Neste âmbito, o ensino de Biologia deveria afastar-se da concepção de neutralidade dos conhecimentos biológicos, assim como da compreensão descritiva desta disciplina. Dentre outros aspectos, esta proposta curricular apregoava três elementos teórico-metodológicos básicos para o desenvolvimento da Biologia para o Ensino Médio, a saber:

- a importância de resgatar a visão mais ampla das interações entre os seres vivos e o meio em que vivem, em detrimento da redução dos aspectos físicos ou químicos dos organismos (o chamado “enfoque ecológico”);
- a evolução como linha unificadora dos conteúdos;
- a importância que os alunos vivenciem atividades práticas e de investigação (em laboratórios, trabalhos de campo, pesquisas, etc.) (SÃO PAULO, 2010, p. 69).

Porém, como nos períodos anteriormente descritos, as indicações curriculares não se materializaram nas salas de aula, pois, assim como as propostas curriculares precedentes, o currículo paulista da década de 1980 requereria o rompimento de concepções e posturas relativas à escola, ao ensino e às ciências.

O cenário descrito não esboçou modificações durante a passagem da década de 1980 para a de 1990. Neste período, reinava o pessimismo em relação à qualidade do ensino que parecia esvaecer com o passar dos anos, dado às deficiências e aos problemas relacionados às políticas públicas sobre educação, à estrutura escolar, à formação docente, etc. Dentre os vários problemas observados neste período, merece destaque a centralidade dos livros didáticos nos processos de ensino-aprendizagem. Seja para suprir as deficiências da formação inicial e/ou continuada dos professores, seja para permitir o cumprimento dos conteúdos com maior agilidade, os manuais didáticos passaram a ditar a estrutura das aulas e das grades curriculares, levando, conseqüentemente, à diversidade de currículos (TEIXEIRA, 2008).

Ainda em relação à pluralidade curricular, no final da década de 1990 tem início o movimento para a criação de uma base curricular nacional comum. Tal fato é explicado pela promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 em que se preconiza o vínculo entre educação, trabalho e sociedade e também a base curricular nacional comum para os ensinos fundamental e médio sem, é claro, desprezar as especificidades regionais de nosso país (KRASILCHIK, 2000; TEIXEIRA, 2008).

A nova legislação também aponta para a importância do pleno domínio das habilidades da leitura, da escrita e do cálculo ao longo do processo de escolarização, visando assim à formação cidadã dos sujeitos. Nestes termos, o ensino médio volta-se para a consolidação dos conhecimentos científicos e para o desenvolvimento da capacidade do indivíduo continuar aprendendo após o ensino formal, dado que esta habilidade é de extrema importância para sua participação na sociedade e no mundo do trabalho. Para tanto, o aprendizado para o “continuar a aprender” pressupõe que os processos de ensino-aprendizagem favoreçam a formação ética, a autonomia intelectual e a compreensão de conceitos científico-tecnológicos (KRASILCHIK, 2000).

Amparando-se na nova legislação educacional, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) lançou no final dos anos 1990 os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em um primeiro momento para o ensino fundamental e, posteriormente, para o ensino médio. Estes documentos oficiais, assim como os seus complementares, representaram o primeiro esforço para o estabelecimento de um currículo comum em nível nacional (KRASILCHIK, 2000; TEIXEIRA, 2008).

Dentre os aspectos gerais preconizados pelos PCN para o ensino médio, destacamos a busca pela formação geral dos estudantes. Segundo os documentos oficiais, os processos de ensino-aprendizagem deveriam favorecer o desenvolvimento de competências necessárias para o ingresso dos indivíduos na sociedade e no mundo do trabalho, ressaltando-se a

capacidade de os sujeitos continuarem aprendendo após o período de escolarização. Os documentos oficiais apontam para a importância da adoção de competências e de habilidades como conceitos que representam as expectativas de aprendizagem dos alunos ao longo da escolarização; a importância da contextualização dos conteúdos trabalhados; e, a escolha da tecnologia como temática favorecedora da contextualização das disciplinas e de seus objetos de conhecimento (BRASIL, 2000A).

Em relação às orientações aplicáveis ao ensino de Biologia, os PCN apontam que o ensino desta disciplina deve transcender a transmissão excessiva de descrições. Assim sendo, a disciplina de Biologia deve favorecer o desenvolvimento de competências e habilidades que permitam que os estudantes efetuem a leitura de mundo, segundo os conhecimentos biológicos, e possam lidar com informações de modo a compreendê-las, analisá-las e refutá-las, quando for necessário. Nestes termos, o ensino de Biologia não buscará cobrir todo o acervo de conhecimentos biológicos, mas desenvolver-se-á de maneira contextualizada, evidenciando que a produção de tais conhecimentos não ocorreu (ocorre) de maneira linear e que esta, na maioria das vezes, processou-se (processa-se) de modo contraditório (BRASIL, 2000B). Nas palavras dos PCN:

O conhecimento de Biologia deve subsidiar o julgamento de questões polêmicas, que dizem respeito ao desenvolvimento, ao aproveitamento de recursos naturais e à utilização de tecnologias que implicam intensa intervenção humana no ambiente, cuja avaliação deve levar em conta a dinâmica dos ecossistemas, dos organismos, enfim, o modo como a natureza se comporta e a vida se processa (BRASIL, 2000B, p. 14).

Dada à diversidade de áreas do conhecimento biológico, os PCN propõem a adoção do eixo ecologia-evolução como elemento articulador dos conteúdos referentes à Biologia. Segundo os PCN, esta postura favorece o ensino-aprendizagem dos vários campos biológicos de maneira organizada e unificada, propiciando o afastamento de uma concepção fragmentada dos conhecimentos referentes a esta disciplina (BRASIL, 2000B).

Em relação ao desenvolvimento dos processos de ensino-aprendizagem, os PCN+, documentos que apresentam orientações complementares aos PCN, orientam que os mesmos ocorram a partir de temas estruturadores. Estes, por sua vez, não correspondem a reinvenções de um dado campo do conhecimento, mas a aglutinações de conteúdos de uma área do saber. Nestes termos, o ensino de Biologia preconizado por tais documentos compreende seis temas estruturadores, a saber: (1) interação entre os seres vivos; (2) qualidade de vida das populações humanas; (3) identidade dos seres vivos; (4) diversidade da vida; (5) transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e, (6) origem e evolução da vida (BRASIL, 2000C).

Vale ressaltar que os temas estruturadores propostos pelos documentos oficiais buscam destacar os elementos necessários à compreensão da vida, sendo que os conteúdos relacionados aos mesmos deverão ser desenvolvidos por meio da construção de conhecimentos científicos e referenciados na prática. Os PCN também advertem que os temas elencados para o ensino de Biologia não representam um caminho linear a ser percorrido pelo docente e pelos alunos. Sendo assim, caberá ao professor organizar e ordenar os temas segundo a realidade e as especificidades de seus estudantes (BRASIL, 2000C).

Seguindo a tendência de unificação de propostas curriculares, o Governo do Estado de São Paulo, por meio da SEE-SP, elaborou a nova base curricular do ensino paulista no final da década de 2000. Neste processo, a implantação do currículo comum ao Estado de São Paulo ocorreu em três momentos, a saber: (1) elaboração da proposta curricular no ano de 2007; (2) elaboração e distribuição de subsídios aos docentes para a implantação e desenvolvimento da referida proposta no ano de 2008; e, (3) elaboração e distribuição dos materiais destinados aos alunos da rede de ensino paulista no ano de 2009, culminado com a modificação de proposta curricular para currículo no ano de 2010.

O início das discussões a respeito da nova base curricular paulista surgiu a partir dos resultados alcançados pelos estudantes do Estado de São Paulo no SAEB (Sistema de



Avaliação da Educação Básica), no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e em outras avaliações nacionais e internacionais aplicadas durante o ano de 2007. Assim, o Governo do Estado de São Paulo elaborou dez metas para a educação estadual que deveriam ser conquistadas até o ano de 2010. Dentre estas, destacamos a quinta meta que diz respeito ao “*Aumento de 10% nos índices de desempenho dos ensinos fundamental e médio nas avaliações nacionais e estaduais*” (SÃO PAULO, 2011).

Nesta perspectiva, uma das medidas adotadas pelo governo estadual fora a implantação de uma base curricular comum a toda rede de ensino paulista, com vistas à melhor organizar o sistema educacional do Estado de São Paulo. Assim, no ano de 2007, a SEE-SP solicitou aos professores, coordenadores pedagógicos e diretores da rede estadual de ensino que encaminhassem a esta entidade “*relatos de boas experiências de aprendizagem na rede pública de ensino*” (SÃO PAULO, 2011). Além desta primeira iniciativa para fomentar o desenvolvimento da nova base curricular, a SEE-SP também promoveu um levantamento do acervo de documentos técnico-pedagógicos<sup>3</sup> existentes. Desta maneira, buscou-se articular conhecimentos pedagógicos e boas práticas de ensino-aprendizagem, com vistas a produzir e divulgar subsídios educacionais que incidissem sobremaneira na organização escolar, especialmente nas aulas (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Assim sendo, no início de 2008 a SEE-SP elaborou e distribuiu a toda a rede estadual de ensino o *Jornal do Aluno*. Este material impresso, em formato de jornal, era composto por textos e sugestões de atividades (estudos dirigidos, experimentações, pesquisas, dentre outras) que orientaram o desenvolvimento das aulas de todas as áreas disciplinares nos primeiros quarenta e dois dias do ano letivo deste mesmo ano. Com vistas a subsidiar a utilização do *Jornal do Aluno*, a SEE-SP também disponibilizou aos docentes da rede estadual a *Revista do*

---

<sup>3</sup> A Proposta Curricular do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008) e o Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A) não nos possibilitam compreender se o acervo de documentos técnico-pedagógicos ao qual se referem diz respeito às pesquisas acadêmicas em educação.

Professor, posteriormente renomeada de Caderno do Professor, com orientações didáticas para o melhor aproveitamento do material disponibilizado (SÃO PAULO, 2011).

A elaboração e a distribuição dos Cadernos do Professor prosseguiram durante o ano de 2008 e mantém-se até o presente em toda a rede estadual paulista de ensino médio e fundamental – ciclo II, a partir da quinta série (sexto ano). Este material destina-se a todas as disciplinas e é composto por quatro volumes anuais com periodicidade bimestral. Nestes, são sugeridos aos docentes sequências de ensino e modalidades didáticas para o desenvolvimento dos conteúdos previstos pela nova base curricular (SÃO PAULO, 2011). Nas palavras da Proposta Curricular do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008), o currículo se completa com um conjunto de materiais dirigidos aos docentes:

Neles (Cadernos do Professor), são apresentadas situações de aprendizagem para orientar o trabalho do professor no ensino dos conteúdos disciplinares específicos. Esses conteúdos, habilidades e competências são organizados por série e acompanhados de orientações para a gestão da aula, para a avaliação e a recuperação, bem como de sugestões de métodos e estratégias de trabalho nas aulas, experimentações, projetos coletivos, atividades extraclasse e estudos interdisciplinares (SÃO PAULO, 2008, p. 9).

No ano seguinte, além dos Cadernos do Professor, a SEE-SP também elaborou e distribuiu a toda a rede estadual os Cadernos do Aluno. A entrega destes materiais ocorreu no início do primeiro bimestre de 2009 e continua até o presente. Assim como os materiais destinados aos docentes, os cadernos dirigidos aos alunos são compostos por quatro volumes com periodicidade bimestral e são específicos para cada área disciplinar. Estes materiais, assim como o Jornal do Aluno utilizado no início de 2008, são compostos por textos e atividades a serem trabalhados nas aulas com vistas a promover o desenvolvimento das habilidades preconizadas pelo currículo paulista (SÃO PAULO, 2011).

Considerando que a nova base curricular do Estado de São Paulo, bem como os materiais destinados aos docentes e aos alunos, nasceu atrelada ao SARESP (Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo), a avaliação externa realizada no

ano de 2009 fora formulada de acordo com a proposta curricular estabelecida desde 2008. De acordo com a SEE-SP, os resultados alcançados pelos estudantes apresentaram uma melhora significativa em relação às avaliações anteriores, apontando assim para as contribuições que a nova base curricular trouxe para o sistema educacional do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2011).

Somado a este fato, as devolutivas realizadas pelo corpo estadual de docentes referentes ao auxílio que os Cadernos do Professor e do Aluno trouxeram para o desenvolvimento das aulas contribuíram para a consolidação da nova base curricular. Com o currículo consolidado, a SEE-SP prosseguiu com a elaboração e distribuição dos Cadernos do Professor e Aluno, atualizando-as em todas as disciplinas à medida que novas contribuições dos professores da rede estadual paulista de ensino foram enviadas a esta entidade (SÃO PAULO, 2011).

Contudo, a transição entre as bases curriculares não ocorreu (ocorre) prontamente, como podemos observar neste trecho do Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A, p. 13): *“Pensar o currículo hoje é viver uma transição na qual, como em toda a transição, traços do velho e do novo se mesclam na prática cotidiana”*. Tal fato é justificado pela SEE-SP devido às referências que o novo currículo faz ao desenvolvimento de competências e habilidades ao longo da escolarização, prevendo assim a indicação clara das expectativas de aprendizagem para uma dada série em um dado período (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

O Currículo do Estado de São Paulo aponta que o desenvolvimento de competências e habilidades ocorre através do estabelecimento de relações entre as atividades escolares e os conteúdos disciplinares. Logo, o trabalho docente, as modalidades didáticas e a aprendizagem requerida dos estudantes são elementos imbricados que buscam desenvolver os processos de

ensino-aprendizagem de modo a preparar os alunos a atuarem de maneira autônoma e responsável na sociedade em que estão inseridos (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

De acordo com os documentos oficiais:

Com efeito, um currículo referenciado em competências supõe que se aceite o desafio de promover os conhecimentos próprios de cada disciplina articuladamente às competências e habilidades do aluno. É com estas competências e habilidades que o aluno contará para fazer a leitura crítica do mundo, questionando-o para melhor compreendê-lo, inferindo questões e compartilhando ideias, sem, pois, ignorar a complexidade do nosso tempo (SÃO PAULO, 2010A, p. 12).

Dentre as justificativas para a elaboração de um currículo baseado em competências, a SEE-SP destaca que tal conceito é ressaltado em documentos federais como as DCN (Diretrizes Curriculares Nacionais) e os PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) que indicam que a centralidade em competências requer que a escola, em especial os planejamentos das aulas, indique o que o aluno aprenderá em um determinado período. Deste modo, ao trabalhar com competências e habilidades, o currículo preconiza o esclarecimento das expectativas de aprendizagem previstas para um determinado conteúdo em uma dada série (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Outro aspecto apontado pelos documentos oficiais diz respeito à democratização da escola que, diante da universalização da educação básica, passou a incorporar uma heterogeneidade de culturas. Todavia, para que o sistema educacional assumisse realmente o caráter democrático, é preciso garantir a acessibilidade da escola a todos, a diversidade no tratamento dos indivíduos e unidade dos resultados – expectativas de aprendizagem – a serem alcançados (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Em relação a este último aspecto – a unidade de resultados –, a adoção de competências e habilidades pela base curricular permite inferir se as instituições de ensino cumprem seu papel adequadamente. Esta inferência é possibilitada devido ao entrelaçamento existente entre o Currículo do Estado de São Paulo e o SARESP, dado que ambos os

documentos apregoam o desenvolvimento das mesmas competências e habilidades durante a escolarização (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Diante do exposto, percebemos que a adoção de competências e habilidades vai ao encontro da tentativa do governo estadual de organizar o ensino paulista de modo a garantir a unidade do sistema educacional. Todavia, faz-se necessário clarificar os conceitos de competências e habilidades e como estes são compreendidos e mobilizados pelo currículo estadual. Para tanto, amparar-nos-emos nas definições apresentadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo, destacando como os termos competências e habilidades são compreendidos (e desenvolvidos) pelo ensino público paulista.

A SEE-SP assume competências e habilidades como os “*modos de ser, de raciocinar e de interagir, que podem ser apreendidos das ações e das tomadas de decisão em contextos de problemas, de tarefas ou de atividades*” (SÃO PAULO, 2008, p. 14, 2010A, p. 12). Nestes termos, competências e habilidades são descritos de modo equivalente e dizem respeito aos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que os estudantes mobilizam ao longo do desenvolvimento das atividades disciplinares e/ou escolares.

A este respeito, as Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP do ano de 2009 (SÃO PAULO, 2009A) nos possibilitam ampliar a compreensão de tais conceitos, dado que há a diferenciação destes termos. Segundo este documento oficial, as competências preconizadas, tanto pelo currículo como pela avaliação da educação estadual, referem-se às modalidades cognitivas apresentadas pelos estudantes durante a resolução de atividades e problemas, sendo estas divididas em três grupos, a saber: (1) as competências para observar (constatar, descrever, discriminar, identificar, localizar, observar, representar fenômenos e/ou situações); (2) as competências para realizar (classificar, compor e decompor, interpretar, mensurar, ordenar, seriar fenômenos e/ou situações); e, (3) as competências para compreender

(analisar, avaliar, criticar, explicar, generalizar e justificar fenômenos e/ou situações, assim como levantar hipóteses para os mesmo) (SÃO PAULO, 2009A).

Por sua vez, as habilidades são concebidas como descritores de aprendizagem, isto é, definem as expectativas de aprendizagem a serem desenvolvidas ao longo de um dado período. Neste contexto, as habilidades elencadas pelos documentos oficiais representam o conjunto de saberes (conceituais, procedimentais e atitudinais) pertencentes a cada um dos grupos de competências acima mencionadas (SÃO PAULO, 2009A).

É importante destacar que as competências e habilidades preconizadas pelos documentos oficiais também podem ser concebidas em âmbitos específicos – exclusivas de cada disciplina – e gerais – que perpassam todas as áreas curriculares. Em relação a este último aspecto, o currículo paulista enfatiza a prioridade do desenvolvimento das competências e habilidades relacionadas à leitura e escrita (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Esta ênfase na leitura e na escrita é justificada pelo fato destas competências serem inerentes ao desenvolvimento cognitivo dos indivíduos, assim como favorecedoras do exercício da cidadania, permitindo aos sujeitos “*a autonomia na aprendizagem e a contínua transformação, inclusive das relações pessoais e sociais*” (SÃO PAULO, 2010, p. 15). Desta maneira, a leitura e a escrita excedem os limites da escola, assim como os do ensino-aprendizagem da língua materna, configurando-se como elementos indispensáveis a todas as áreas disciplinares (SÃO PAULO, 2008, 2010A). Neste contexto, o currículo paulista afirma que:

A leitura e a produção de textos são atividades permanentes na escola, no trabalho, nas relações interpessoais e na vida. Por isso mesmo, o Currículo proposto tem por eixo a competência geral de ler e de produzir textos, ou seja, o conjunto de competências e habilidades de compreensão e de reflexão crítica intrinsecamente associado ao trato com o texto escrito (SÃO PAULO, 2010A, p. 15-16).

Associada à ênfase das competências da leitura e da escrita, o currículo paulista também ressalta a importância do ensino-aprendizagem das diferentes linguagens que

permeiam nossa sociedade. O ler e o escrever não contemplam somente o domínio da linguagem materna, mas são ampliados de modo a incorporarem o conhecimento e a prática das múltiplas linguagens presentes em nossa cultura, estendendo-se para o universo das ciências humanas, das ciências matemáticas e das ciências da natureza. Neste contexto, os documentos oficiais prevêem que os processos de ensino-aprendizagem favoreçam o desenvolvimento da dimensão comunicativa como um todo, propiciando que os estudantes dominem as diferentes linguagens e as compreendam como instrumentos de organização e apreensão da realidade circundante (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Sobre este aspecto, ressaltamos a interface entre as linguagens e as ciências da natureza, dado que o Currículo de São Paulo afirma que as ciências, além de utilizarem recursos linguísticos de outras áreas, também possuem uma linguagem própria. Assim, a dimensão da linguagem das ciências deve ser explicitada e trabalhada durante os processos de ensino-aprendizagem com vistas a favorecer sua apreensão e sua prática pelos estudantes, pois somente assim estes poderão compreender e se posicionar frente a assuntos científico-tecnológicos de maneira autônoma e crítica (SÃO PAULO, 2008, 2010A).

Nestes termos, o ensino das ciências deverá oportunizar situações para o exercício das habilidades gerais e específicas relacionadas à linguagem das ciências, como as descritas no quadro abaixo:

COMPETÊNCIAS GERAIS	HABILIDADES GERAIS E ESPECÍFICAS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar</li> <li>• Comunicar-se</li> <li>• Conviver</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ler e expressar-se com textos, cifras, ícones, gráficos, tabelas e fórmulas</li> <li>• Converter uma linguagem em outra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar medidas e observações</li> <li>• Descrever situações</li> <li>• Planejar e fazer entrevistas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistematizar dados</li> <li>• Elaborar relatórios</li> <li>• Participar de reuniões</li> <li>• Argumentar</li> <li>• Trabalhar em grupo</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar e intervir em situações reais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular questões</li> <li>• Realizar observações</li> <li>• Selecionar variáveis</li> <li>• Estabelecer relações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar, propor e fazer experimentos</li> <li>• Fazer e verificar hipóteses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnosticar e enfrentar problemas, individualmente ou em equipe</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer conexões e dar contexto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar informações e processos com seus contextos e com diversas áreas do conhecimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar dimensões sociais, éticas e estéticas em questões técnicas e científicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar o papel da ciência e da tecnologia no presente e ao longo da história.</li> </ul>

Quadro 1. Competências gerais e habilidades gerais e específicas para o ensino de Ciências da Natureza (SÃO PAULO, 2008, p. 38-39).

Neste cenário, o ensino de Biologia, além do favorecimento das competências e habilidades gerais ao currículo, também deverá oportunizar situações para o desenvolvimento de aprendizagens específicas a esta disciplina. Assim como indicado nos PCN, o ensino de Biologia deverá afastar-se do modelo de ensino enciclopédico no qual os conhecimentos biológicos são tratados de maneira estanque. Deste modo, os processos de ensino-aprendizagem deverão oportunizar situações para que os estudantes compreendam a Biologia de maneira contextualizada e mobilizem os conteúdos desta disciplina para atuar de maneira autônoma e crítica em diferentes contextos de suas vidas (SÃO PAULO, 2010A).

Assim como os PCN, o currículo paulista também elege a evolução como eixo articulador do corpo de conhecimentos biológicos com vistas a garantir a unidade dos conteúdos trilhados ao longo desta disciplina. Seguindo a tônica dos documentos nacionais, o currículo do Estado de São Paulo também se apresenta dividido em grandes temas estruturadores que visam a agregar os conteúdos biológicos de modo a favorecer uma visão dinâmica e sistêmica a respeito da vida. Todavia, enquanto os PCN possibilitam ao docente a organização e a ordenação dos temas estruturadores segundo a realidade e a especificidade de



seus alunos, o currículo paulista apresenta tais temas de modo linear aos professores da rede estadual, de modo que são descritas as séries do ensino médio e os bimestres nos quais os mesmos deverão ser desenvolvidos.

O quadro abaixo traz a distribuição dos temas compreendidos pelo currículo paulista de Biologia por bimestres e por série:

BIMESTRE	1ª SÉRIE	2ª SÉRIE	3ª SÉRIE
1º	Tema 1: A interdependência da vida	Tema 3: Identidade dos seres vivos	Tema 6: Diversidade da vida
2º		Tema 4: Transmissão da vida e mecanismos de variabilidade genética	
3º	Tema 2: Qualidade de vida das populações humanas	Tema 5: Tecnologias de manipulação do DNA: a receita da vida e o seu código	Tema 7: Origem e evolução da vida.
4º			

Quadro 2. Distribuição de temas por bimestre e séries (SÃO PAULO, 2008, p. 47).

Em suma, o percurso trilhado nesta seção evidenciou que os processos de ensino-aprendizagem modificaram-se ao longo das reformas curriculares, deixando o aspecto propedêutico e assumindo a concepção de formação cidadã, na qual os conteúdos desenvolvidos no período de escolarização se constituirão em instrumentos para subsidiar a leitura de mundo e a atuação do sujeito no mesmo. Neste processo, observamos também que as disciplinas escolares foram atingidas por tais mudanças e, no caso do ensino de Biologia, verificamos que, mesmo com a descaracterização desta área curricular na década de 1970, buscou-se articular os conteúdos relacionados à mesma e, neste aspecto, a evolução fora eleita, desde a década de 1960, como elemento articulador e unificador dos conhecimentos biológicos. Assim, abordamos na próxima seção as razões que levam a teoria evolutiva a ser considerada como eixo central da Biologia, bem como de seu ensino.

## 1.2. A TEORIA EVOLUTIVA COMO EIXO CENTRAL E UNIFICADOR DA BIOLOGIA

A teoria evolutiva – entendendo-a como modificação por descendência das espécies ao longo do tempo – nos permite compreender o universo biológico de duas maneiras. Por um lado, pensar evolutivamente implica o estabelecimento de relações de parentesco (relações filogenéticas) entre os seres vivos e também a aceitação de ancestrais comuns entre os organismos. Deste modo, para compreender a presença de penas em aves, o cuidado parental manifesto por alguns animais, os mecanismos de polinização das angiospermas, dentre outros fenômenos biológicos, precisamos examinar os ancestrais destes seres vivos, pois estas características, dentre outras, foram herdadas ao longo da história evolutiva dos mesmos. Por outro lado, pensar evolutivamente nos possibilita compreender como ocorreram as modificações nos organismos ao longo do tempo, permitindo assim que tracemos a história evolutiva de uma dada linhagem de seres vivos. Nesta perspectiva, pensar evolutivamente nos permite buscar explicações para o “como?” e o “por quê?” ocorreram modificações que resultaram na biodiversidade que observamos atualmente (MEYER e EL-HANI, 2005).

Além de nos possibilitar a compreensão de “*fatos que ocorrem no mundo invisível de uma gota de água de chuva, nos encantos coloridos de um jardim botânico ou em marchas tonitruantes de grandes animais*” (RIDLEY, 2006, p. 28), a teoria evolutiva representa também o rompimento com a visão que permaneceu durante vários séculos de um mundo em torpor. Deste modo, ao pensarmos evolutivamente, concebemos um mundo que vive em constante modificação, no qual a mutabilidade dos seres vivos corresponde à ordem natural (FUTUYMA, 2002).

Segundo Futuyma (2002), a evolução biológica é definida como:

A evolução biológica consiste na mudança das características hereditárias de grupos de organismos ao longo das gerações. Grupos de organismos, denominados populações e espécies, são formados pela divisão de populações ou espécies ancestrais; posteriormente, os grupos descendentes passam a se modificar de forma independente. Portanto, numa perspectiva de longo prazo, a Evolução é a descendência, com modificações, de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns. Desta forma, a História da Evolução tem dois componentes principais: a ramificação das linhagens e as mudanças dentro das linhagens (incluindo a extinção) (FUTUYMA, 2002, p. 9) (grifo nosso).

Para as Ciências Biológicas, a evolução representa um elemento unificador através do qual o corpo de conhecimentos desta área (Citologia, Histologia, Anatomia, Fisiologia, Embriologia, Paleontologia, dentre outros) são integrados e explicados de maneira concatenada e coerente, sendo assim considerado como um dos conceitos mais influentes do pensamento ocidental (FUTUYMA, 2002).

Neste contexto, é possível analisar e interpretar a história da vida na Terra segundo uma perspectiva evolutiva, percorrendo os fenômenos referentes à origem e extinção das diferentes formas de vida. Desta maneira, é preciso que os diferentes currículos acerca da disciplina Biologia se voltem para o ensino-aprendizagem de uma Biologia dinâmica e histórica, que reúne conhecimentos (dados, fatos e teorias) e interpreta o passado para explicar o presente e vice-versa (FUTUYMA, 2002). Deste modo, Futuyma (2003) sustenta que a unidade, a diversidade e as características adaptativas dos seres vivos são consequências da história evolutiva e só podem ser inteiramente compreendidas segundo uma perspectiva evolutiva.

Porém, em toda a Ciência, as teorias dominantes, como a evolução biológica, por exemplo, representam produções sócio e historicamente situadas. Desta maneira, para compreender a importância da evolução para a Biologia, bem como seus objetos de estudo, é fundamental conhecer um pouco de sua história (FUTUYMA, 2002).

O ano de 1859 é proclamado como o advento da biologia evolutiva devido à publicação da primeira edição de “*A Origem das Espécies*” (*The Origin of Species*) de Charles Darwin. Embora considerado o fundador da teoria evolutiva moderna, Darwin não fora o

primeiro homem a buscar explicações para a grande diversidade de seres vivos existentes no planeta. Essa questão remonta aos filósofos da Grécia Antiga, tais como Thales, Anaximandro e, em particular, Aristóteles, que esboçaram especulações a respeito dos mecanismos de “transformação” das espécies (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

Embora os antigos gregos possuíssem a ideia de um mundo dinâmico, a explicação não estática, grandemente mitológica, da origem dos seres vivos deu lugar, com o passar do tempo, à filosofia platônica. Platão compreendia a existência de uma forma ideal e transcendental imperfeitamente imitada por seus representantes terrenos. Nesta perspectiva, os seres vivos visualizados no plano físico são apenas cópias imperfeitas dos seres vivos perfeitos, verdadeiros e imutáveis que existem no mundo das ideias. Dentro desta filosofia – o essencialismo –, apenas as essências fazem sentido, dado que as variações correspondem às imperfeições presentes nas cópias mundanas das ideias perfeitas (FUTUYMA, 2002).

Com o advento do cristianismo, a teologia assumiu uma interpretação praticamente literal da Bíblia, especialmente do livro do Gênesis, considerando a criação direta de todos os organismos efetivamente em sua forma atual. Entretanto, esta concepção de uma entidade divina criadora mesclou-se com o conceito de plenitude presente na filosofia platônica. Desta forma, as essências eternas e imutáveis são produtos da mente divina que concedeu a vida ao material por ela imaginado. Assim sendo, todos os organismos da Terra teriam sido criados em um único momento, conforme explica o mito da criação, e nada que Deus considerou apropriado criar poderia se extinguir, visto que negar a existência de qualquer ser vivo em qualquer instante resultaria na imperfeição de sua criação (FUTUYMA, 2002).

Uma vez que a ordem é claramente superior à desordem, as criações divinas deveriam ser entendidas a partir de um padrão que refletisse a gradação de perfeição dos seres vivos. Esta gradação representaria o escalonamento entre as matérias inanimadas às animadas, passando pelas plantas, pelos animais “inferiores” e “superiores”, pelos humanos, culminando

nos anjos e outros seres espirituais. Esta “escala” natural seria perfeita assim como a criação divina, não existindo lacunas entre os organismos. Além desta gradação perfeita, a escala dos seres vivos seria permanentemente imutável, e todo organismo possuiria seu lugar fixado de acordo com os planos de Deus (FUTUYMA, 2002).

Vale ressaltar que esta hierarquia natural se estendeu às classes sociais das diversas sociedades adeptas ao cristianismo e outras religiões que aceitavam o mito da criação divina. Nestes termos, durante os vários séculos em que esta concepção dominou o pensamento humano, a ascensão social fora considerada como um fato imoral que transgredia a vontade divina. Em última instância, o mundo era concebido como um lugar estático que refletia a criação perfeita e inquestionável de Deus (FUTUYMA, 2002).

Neste cenário, cabia às ciências naturais catalogar os elos da grande escala dos seres vivos e descobrir sua ordenação, de tal maneira que a sabedoria de Deus fosse revelada e reconhecida. Considerando que as criações divinas eram perfeitas, as variações adaptativas encontradas nos diferentes organismos eram explicadas, segundo esta teologia natural, como evidências da condolência de Deus. A obra “*Systema Naturae*” publicada em 1735 por Lineu, profundamente influente sobre a classificação biológica, foi concebida neste contexto sócio-histórico e, sendo assim, buscou representar a glória e a perfeição divina (FUTUYMA, 2002).

Todavia, com os avanços científico-tecnológicos do século XVIII, esta concepção de um mundo em estase começou a ser questionada. Nas palavras de Futuyma (2002):

Esses pontos de vista tradicionais cederam lugar ante o desenvolvimento da ciência empírica. Conceitos consagrados, tais como a posição central da Terra no universo, foram desafiados. Newton, Descartes e outros desenvolveram teorias estritamente mecanicistas dos fenômenos físicos. Ao final do século XVIII, o conceito de um mundo mutável foi aplicado à astronomia por Kant e Laplace, que desenvolveram noções sobre evolução estelar; à geologia, quando vieram à luz evidências de mudanças na crosta terrestre e da extinção de espécies; aos assuntos humanos, quando o Iluminismo introduziu ideias de progresso e aperfeiçoamento humanos (FUTUYMA, 2002, p. 3).

Nas últimas décadas do século XVIII, os geólogos reconheceram que as rochas sedimentares eram constituídas pela deposição de sedimentos em períodos distintos e, a partir deste e de outros fatos, começaram a conjecturar que a Terra poderia ser mais antiga do que se pensava até aquele momento. Neste contexto, o naturalista francês Georges Louis Leclerc, conhecido como Conde de Buffon, sugeriu, em 1779, que nosso planeta possuiria cerca de 168.000 anos (FUTUYMA, 2002).

Neste período, os fósseis encontrados eram compreendidos a partir de duas perspectivas, a saber: (1) representavam evidências de catástrofes sucessivas ocorridas no passado; e (2) sustentavam provas da ocorrência de numerosos momentos de criações. Todavia, por volta de 1788, o geólogo James Hutton propôs o princípio do uniformitarismo, o qual sustentava que os processos geológicos responsáveis por eventos passados são os mesmos que observamos no presente. Tal princípio fora defendido com veemência pelo também geólogo Charles Lyell, cuja obra "*Principles of Geology*" influenciou sobremaneira a adoção da perspectiva uniformitarista por Darwin em sua teoria evolutiva, mesmo que o próprio Lyell aceitasse a visão de uma Terra estática (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005).

No final do século XVIII, grande parte da comunidade científica européia começa a cogitar e a examinar que novas formas de vida poderiam surgir ou por meio do mecanismo de geração espontânea – os organismos se originariam de transformações ocorridas pela matéria inerte – ou através de desdobramento das potencialidades contidas nas espécies existentes. Neste sentido, observamos no final deste século a proposição de várias teorias a respeito da evolução biológica que buscaram elucidar, de maneira sistematizada e embasada em fatos, o porquê os seres vivos se modificavam ao longo tempo (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005).

Dentre as várias teorias evolutivas propostas no final do século XVIII, destacamos as elaboradas pelo naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Apesar de Lamarck não declarar que os seres vivos apresentam ancestralidade comum, ele propôs uma teoria que buscava explicar porque as espécies se modificam ao longo do tempo. A primeira parte de sua hipótese compreende o principal mecanismo de modificação das espécies: a “força interna”. Segundo o naturalista francês, existiria algum tipo de mecanismo interior nos organismos que ainda nos era desconhecido, mas que levava os indivíduos a produzirem uma prole levemente diferenciada. No decorrer do tempo, quando tais diferenças se acumulassem ao longo de várias gerações, a linhagem estaria visivelmente transformada, talvez o suficiente para tornar-se uma nova espécie (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

O segundo mecanismo proposto por Lamarck, e possivelmente o de menor importância para o mesmo, diz respeito à hipótese dos caracteres adquiridos, hipótese esta pela qual o naturalista é lembrado atualmente. De acordo com este mecanismo, à medida que um organismo se desenvolve, ele adquire várias características individuais resultantes de sua história particular de acidentes, doenças e exercícios musculares. Lamarck sugeriu que poderia haver a transformação de uma espécie em outra se tais modificações adquiridas individualmente fossem herdadas pela progênie do indivíduo. Nesta perspectiva, o ambiente no qual os organismos estivessem inseridos promoveria modificações de seus hábitos devido à busca pela sobrevivência, o que, em última instância, resultaria na sua modificação dado ao uso e ao desuso diferenciado de órgãos (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

Lamarck é compreendido em nossos dias como alguém que errou. Todavia, é necessário concebê-lo como um dos precursores que, destemidamente, defenderam a evolução e buscaram apresentar um mecanismo para explicá-la. É importante ressaltar que sua teoria fora rejeitada, quase que universalmente, não porque abraçava a herança das características

adquiridas e a lei do uso e desuso de órgãos, mas porque os principais naturalistas de seu tempo não reconheciam evidências do processo evolutivo. Dentre estes, destacamos Georges Cuvier (1769-1832), fundador da anatomia comparada e um dos naturalistas mais respeitados do século XIX. Cuvier lançou duras críticas a Lamarck, pois as propostas do naturalista francês se chocavam com a concepção fixista de espécie defendida por ele e seus seguidores (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

Assim, devido aos embates teóricos ocorridos neste período, a evolução biológica era um dos principais assuntos discutidos pela comunidade científica em meados do século XIX. Entretanto, as evidências favoráveis à evolução ainda não haviam sido completamente agrupadas e sistematizadas, uma vez que nenhum mecanismo satisfatório era reconhecido para explicar porque as espécies se modificam ao longo do tempo. Curiosamente, o conceito de “luta pela existência” foi utilizado para justificar a extinção, mas nenhum cientista reconheceu que este conceito também poderia explicar a modificação das espécies, exceto William Wells (1818) e Patrick Matthew (1831), que descreveram a seleção natural, quase que de passagem, em publicações pouco lidas e devotadas a outros assuntos (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

O século XIX prosseguiu com debates em torno da temática evolutiva, mas somente na segunda metade deste século, mais especificamente no ano de 1859, os pilares do pensamento evolutivo moderno foram lançados. A publicação da primeira edição de “*A Origem das Espécies*” de Charles Darwin (1809-1882) modificou a compreensão sobre os seres vivos, sobre nossa própria espécie e sobre o mundo que nos cerca (MEYER e EL-HANI, 2005).

A importância da obra de Darwin se deve a dois elementos principais, a saber: (1) que todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns, e (2) que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual.



Nestes termos, enquanto o primeiro aspecto da teoria evolutiva proposta por Darwin conduz à ideia de que o processo evolutivo não é linear, mas divergente, o segundo elemento ressalta as interações ambientais como agentes selecionadores de características presentes em uma dada população. Entretanto, é importante ressaltar que Darwin não fora o único naturalista a definir o conceito de seleção natural. Alfred Russel Wallace (1823-1913), de maneira independente, também chegara a uma ideia próxima ao conceito darwiniano de seleção natural (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

Os argumentos utilizados por Darwin em sua obra para evidenciar a ocorrência da evolução constituem em um processo de ordenação e sistematização de informações recolhidas em diversas fontes, como, por exemplo, o registro fóssil, a distribuição geográfica das espécies, a anatomia e a embriologia comparadas e a modificação de organismos domesticados. De posse destes dados, Darwin articulou sua argumentação de modo a ressaltar que as homologias (semelhanças entre os seres vivos), as convergências adaptativas, a presença de órgãos vestigiais e a própria existência de fósseis são provas da ocorrência do processo evolutivo (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

Porém, é preciso esclarecer que quando falamos em evolução amparados por Darwin, estamos nos reportando a cinco teorias que se coadunam, a saber: (1) a evolução é um fato que pode ser comprovado por meio das evidências (como as mencionadas no parágrafo anterior); (2) os organismos compartilham ancestrais comuns; (3) as variações intraespecíficas originam as variações interespecíficas, dado que o acúmulo de diferenças de uma dada população pode, ao longo de várias gerações, favorecer o processo de especiação; (4) a evolução é gradual, ou seja, as grandes mudanças evolutivas são o resultado do acúmulo de várias pequenas modificações; e, (5) a seleção natural corresponde ao mecanismo subjacente à evolução (FUTUYMA, 2002; MEYER e EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

O processo de seleção natural é definido por Darwin (2004, p. 146) como: “*É a essa preservação das variações favoráveis e à eliminação das variações nocivas que denomino seleção natural ou sobrevivência do mais forte*”. Nesta definição, encontramos a principal diferença entre a teoria evolutiva de Darwin e as propostas em períodos anteriores. Enquanto seus predecessores consideravam as variações como distúrbios do plano geral dos organismos, Darwin as compreendeu como a matéria-prima do processo evolutivo. Nesta perspectiva, a diferença entre os seres vivos que sobrevivem e se reproduzem com sucesso daqueles que não o fazem reside no processo interativo entre as variações e o meio ambiente. Deste modo, encontramos na natureza variações que possibilitam que os organismos sobrevivam por mais tempo e gerem um número maior de descendentes, assim como variações que inviabilizam a sobrevivência e a reprodução dos mesmos (RIDLEY, 2006).

Considerando um grande período de tempo, a seleção natural pode conduzir a um acúmulo de variações que diferenciam os grupos de organismos entre si e, neste processo, as espécies surgem quando, no decorrer de muitas gerações, as diferenças são gradualmente convertidas de intraespecíficas para interespecíficas. A continuação deste processo de divergência no transcorrer de milhões de anos resultou na grande diversidade de seres vivos encontrada hoje em nosso planeta (RIDLEY, 2006).

Todavia, a teoria da seleção natural encontrou resistências para sua aceitação pela comunidade científica. Dentre os argumentos dirigidos contra a mesma, a objeção mais sofisticada para a seleção natural residia no fato desta não incluir uma explicação satisfatória para a questão da hereditariedade. Este ponto fraco da teoria evolutiva proposta por Darwin fora sanado somente na segunda metade do século XX, período em que os trabalhos de Gregor Mendel foram (re)descobertos e que ocorreram grandes avanços na área da genética. O desenvolvimento da genética nos possibilitou responder a três questões que Darwin não pode responder em “*A Origem das Espécies*” devido ao momento histórico por ele vivido, a

saber: (1) como as características hereditárias são transmitidas de uma geração a outra; (2) o porquê das características hereditárias não serem meros frutos de “misturas” e como as mesmas podem desaparecer em uma geração e reaparecer em outra; e, (3) como surgem as variações sobre as quais atua a seleção natural (FUTUYMA 2002; RIDLEY, 2006).

O trabalho teórico desenvolvido de maneira independente por Ronald Aylmer Fisher (1890-1962), John Burdon Sanderson Haldane (1892-1964) e Sewall Wright (1889-1988) permitiu a síntese da teoria da seleção natural proposta por Darwin com a teoria mendeliana da hereditariedade. Com este processo de síntese estabeleceu-se o que hoje conhecemos como neodarwinismo, teoria sintética da evolução ou síntese moderna. Nestes termos, a antiga disputa entre mendelianos e darwinistas cessou e a teoria darwiniana passou a conter aquilo que necessitou durante meio século: uma base firme em uma teoria da hereditariedade bem testada. A partir da genética de populações, a síntese moderna espalhou-se por outros campos da biologia evolutiva que, atualmente, apresenta uma vasta lista de áreas de concentração para o estudo dos processos evolutivos (FUTUYMA 2002; RIDLEY, 2006).

O caminho trilhado por esta seção nos possibilita depreender um aspecto importante inerente à Biologia enquanto ciência: o modo de compreender e estudar a vida. O fenômeno “vida” surge como um problema no fim do século XVIII, período em que a comunidade científica busca, com maior fervor, responder à indagação do “como?” e do “por que?” as espécies se modificam ao longo do tempo (MEYER e EL-HANI, 2005).

Em períodos anteriores, a vida não era concebida e pesquisada como um elemento único pelos naturalistas. Ao contrário, os seres vivos eram estudados e catalogados de modo fragmentado por diferentes áreas do conhecimento como, por exemplo, pela agronomia, pela anatomia, pela botânica, pela fisiologia, pela medicina, pela zoologia, dentre outras. Deste modo, não nos é permitido pensar na Biologia enquanto ciência neste período histórico, dado

que esta área do conhecimento estuda a vida enquanto fenômeno único (MEYER e EL-HANI, 2005).

Nestes termos, é-nos facilitada a compreensão do motivo pelo qual pensadores, evolucionistas, buscaram durante o século XIX estabelecer uma ciência unificada para o estudo dos sistemas biológicos, assim como o fato de o termo “Biologia” ser cunhado somente neste mesmo século. Afinal, a evolução por seleção natural é uma das teorias mais poderosas das ciências biológicas e é a única que pode reivindicar para si o caráter de unificadora da Biologia (DOBZHANSKY, 1973; MEYER e EL-HANI, 2005; RIDLEY, 2006).

Se plantas e animais, por exemplo, não tivessem relações de parentesco uns com os outros, porque Botânica e Zoologia deveriam ser unificadas, subordinadas a um único conjunto de princípios? Por que elas deveriam ser pensadas, como hoje, como subdisciplinas de uma ciência mais ampla, a Biologia? (MEYER e EL-HANI, 2005, p. 125).

Contudo, a concepção da Biologia, da ciência da vida, faz mais sentido ante o conceito de evolução. Desta maneira, concordamos com Theodosius Dobzhansky (1900-1975) que nos diz, em artigo publicado no periódico *The American Biology Teacher* no ano de 1973, que “*Nada em Biologia faz sentido, exceto à luz da evolução*”.

### **1.3. O ENSINO-APRENDIZAGEM EM EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: UM BREVE HISTÓRICO**

Na seção anterior, verificamos que a evolução confere à Biologia o caráter de ciência que estuda a vida como um fenômeno único, dado que esta teoria garante a unidade do acervo de conhecimentos biológicos e possibilita a compreensão dinâmica de fenômenos e/ou sistemas biológicos. Nestes termos, se a evolução é um elemento *sine qua non* da Biologia enquanto ciência, somos levados a crer que esta teoria também desempenha papel vital no ensino-aprendizagem da Biologia enquanto área curricular.

Esta suspeita também se deve pela maneira através da qual o Currículo do Estado de São Paulo nos apresenta a evolução enquanto objeto de ensino para o nível médio. Segundo os documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo, os professores deverão conduzir as práticas pedagógicas com vistas a abarcar as questões polêmicas que permeiam a teoria evolutiva como, por exemplo, as diversas explicações para a história da vida na Terra. Neste processo, os alunos seriam levados a cotejar as informações sobre esta temática, especialmente no que diz respeito à natureza das ciências (SÃO PAULO, 2010A).

Ainda segundo a base curricular paulista, as práticas de ensino deverão favorecer a compreensão dos mecanismos evolutivos e como estes atuam nos sistemas biológicos ao longo do tempo. Sobre este aspecto, os documentos oficiais apontam para a importância de conceber a singularidade da evolução humana, dado que o processo evolutivo de nossa espécie se dá através da interação de fatores biológicos e culturais (SÃO PAULO, 2010A).

A partir das orientações curriculares para a condução de práticas de ensino-aprendizagem referentes ao tema evolução, os documentos oficiais também pressupõem quais aprendizagens deverão ser desenvolvidas ao longo desta temática. Tais aprendizagens se expressariam em descritores – habilidades e competências – que possibilitariam compreender em que medida se dá a apropriação da teoria evolutiva pelos alunos. Nesta perspectiva, o

estudante que apreende esta temática e compreende os conceitos biológicos segundo um enfoque evolutivo é aquele que é capaz de: identificar e caracterizar as evidências do processo evolutivo, tais como o registro fóssil, presença de órgãos análogos e homólogos, dentre outras; interpretar árvores filogenéticas e depreender, a partir destas representações, as relações de parentesco entre os seres vivos; identificar e compreender os mecanismos evolutivos e como estes favorecem a formação de novas espécies; dentre outras (SÃO PAULO, 2010A).

Diante do exposto, são suscitadas várias indagações, dentre as quais destacamos: será que os conceitos biológicos desenvolvidos durante os processos de ensino-aprendizagem são permeados pelo enfoque evolutivo? A evolução possibilita a articulação e a unificação dos conceitos apresentados durante as aulas de Biologia? Como a evolução biológica é abordada durante as práticas de ensino-aprendizagem? Qual a posição que a teoria evolutiva ocupa em propostas curriculares e/ou em livros didáticos? Quais concepções acerca da evolução biológica estão presentes nas salas de aulas?

Deste modo, buscaremos subsídios na literatura educacional referente ao ensino de evolução para responder às indagações acima mencionadas. Para tanto, traçaremos um breve histórico sobre as pesquisas desenvolvidas nesta área na tentativa de caracterizar como a evolução foi (é) concebida e mobilizada para o desenvolvimento de processos de ensino-aprendizagem na disciplina de Biologia.

Cicillini (1991) buscou refletir sobre a evolução enquanto um componente metodológico da disciplina Biologia para o Ensino Médio. Considerando a teoria evolutiva como elemento ordenador dos conhecimentos biológicos e reconhecendo seu potencial de exploração para as situações de ensino-aprendizagem – historicidade e dimensão temporal –, a autora analisou quatro coleções didáticas com vistas a compreender como a evolução era concebida e mobilizada por estes materiais.

Para tanto, Cicillini (1991) examinou os capítulos referentes ao conceito de evolução e à diversidade biológica dos livros didáticos analisados. A escolha destes capítulos possibilitou a verificação de qual(is) concepção(ões) de evolução era(m) veiculada(s) pelos materiais didáticos e se os conteúdos relativos aos seres vivos explicitavam a história evolutiva da vida em nosso planeta.

Os resultados obtidos pela autora indicam que a teoria evolutiva é abordada pelos livros didáticos como um elemento aistórico, no qual são negligenciados os conflitos e os debates ocorridos durante o estabelecimento e a consolidação desta teoria. Além desta distorção à respeito da natureza da construção deste conceito, os materiais didáticos não disponibilizam informações de extrema importância para a compreensão da teoria evolutiva como, por exemplo, as relações de parentesco entre os seres vivos (questões filogenéticas) e a dimensão temporal que possibilitam a compreensão da vida como elemento dinâmico e dialético (CICILLINI, 1991).

Em decorrência das questões acima mencionadas, os capítulos referentes à diversidade de seres vivos expõem os diferentes grupos de organismos de maneira linear, levando à concepção de progresso e de melhoria. Ainda a este respeito, a autora salienta que a utilização de terminologias como “mais/menos complexo” e “mais/menos evoluído” corroboram com a visão progressista de evolução presente nos livros didáticos (CICILLINI, 1991).

Diante deste quadro, Cicillini (1991, p. 142) aponta que *“a evolução supostamente está presente, supostamente é destacada, mas, na maior parte das vezes, ela é efetivamente escondida na quase totalidade das áreas do conhecimento biológico desenvolvidas nesses mesmos livros”*. Assim, a Biologia é concebida como um conjunto fragmentado de conteúdos e, dentre estes, encontra-se a teoria evolutiva.

Chaves (1993), por sua vez, buscou identificar as concepções de alunos e de um professor a respeito da evolução. Deste modo, a autora utilizou questionários e entrevistas

para recolher as ideias alternativas de estudantes de uma segunda série do ensino médio antes, durante e após o desenvolvimento de uma unidade didática sobre a evolução biológica. Para a coleta das concepções do professor, a autora realizou entrevistas e analisou seis aulas sobre o conteúdo de evolução ministradas pelo docente.

Os resultados obtidos por Chaves (1993) indicam que os alunos apresentam ideias alternativas sobre o processo evolutivo que se distanciam das concepções científicas. Dentre estas, a autora destacou a presença de casualidade e de direção no processo evolutivo, bem como a compreensão de evolução como sinônimo de melhora e de progresso. Chaves (1993) aponta ainda que tais concepções se mantiveram mesmo após a apresentação formal do conteúdo referente à teoria evolutiva.

Dentre os elementos apontados pela autora para a manutenção das concepções dos educandos, destacamos: (1) a polissemia do termo “evolução” que é comumente empregado para designar a melhoria ou o progresso de algo; (2) o uso do modelo tradicional de ensino para a condução das aulas; e (3) a falta de domínio do conteúdo científico por parte do professor pesquisado, o que acarretou no tratamento superficial, e algumas vezes distorcido, da teoria evolutiva (CHAVES, 1993).

Cicillini (1997), em seu trabalho, buscou compreender os distanciamentos e as aproximações entre o conhecimento científico biológico e os conhecimentos desenvolvidos durante as aulas de Biologia. Para tanto, a autora analisou as aulas de três professores de duas escolas da rede pública do Estado de São Paulo referentes aos conteúdos “Seres Vivos” e “Evolução Biológica”. Os achados de Cicillini (1997) indicam que a Biologia é apresentada de maneira estanque e fragmentada, fato demonstrado pela seleção de conteúdos realizada pelos professores pesquisados e pela linguagem empregada pelos mesmos durante suas aulas.

A autora constatou ainda que os docentes apresentavam os conteúdos evolutivos como um produto carregado de ideologias e de conotações diretivas e finalistas. Os professores



abordavam em suas aulas apenas as teorias evolutivas propostas por Jean-Baptise Lamarck e por Charles Darwin, além da teoria sintética da evolução. Segundo Cicillini (1997):

Ao apresentar as teorias ou pesquisas realizadas pelos cientistas sobre esse assunto, os professores se reportaram a esses trabalhos no sentido de apresentá-los como certo ou errado. No caso específico dos trabalhos de Darwin e Lamarck os professores faziam menção aos trabalhos de Lamarck como um trabalho errado e aos de Darwin como correto. Quanto à teoria sintética da evolução – atualmente aceita pela comunidade científica – os professores a apresentam sem nenhuma consideração histórica. Também não apresentam aos alunos as teorias geradoras de polêmica (CICILLINI, 1997, p. 190).

Cicillini (1997) aponta ainda a própria formação do professor de Ciências e de Biologia como um fator decisivo para o desenvolvimento fragmentado dos conhecimentos biológicos abordados no ambiente escolar. Para a autora, existe nos Cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas uma separação entre os conteúdos específicos e pedagógicos, uma vez que, muitas vezes, os conteúdos pedagógicos são vistos nos últimos anos de graduação, não possibilitando a articulação entre estes e o corpo de conhecimentos biológicos.

Carneiro (2004), pesquisando as concepções sobre evolução biológica de professores de Biologia não-licenciados, encontrou resultados semelhantes aos de Chaves (1993). O levantamento realizado pela autora ocorreu durante o curso de formação complementar para licenciatura em Biologia desenvolvido em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) durante os anos de 2001 e 2002, e ministrado aos professores da rede estadual do Estado da Bahia que ministravam aulas de Biologia, mas que possuíam graduação em Agronomia, Medicina, Veterinária, dentre outros.

O material analisado pela autora se constitui de um acervo de 75 textos produzidos pelos professores participantes do curso de complementação. Nestes, a autora constatou que os docentes não-licenciados possuem visões equivocadas sobre a evolução biológica – concepções de melhora e progresso – e apresentam conhecimentos distorcidos acerca dos conteúdos que fundamentam a teoria evolutiva como, por exemplo, o mecanismo de seleção natural (CARNEIRO, 2004).

Meghlioratti (2004) também realizou o levantamento de concepções prévias de professores a respeito da evolução biológica, enfatizando em sua pesquisa o aspecto histórico da construção desta teoria. A recolha de dados deu-se através de questionários e entrevistas semiestruturadas com alunos de graduação de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública localizada no interior do Estado de São Paulo que cursavam a disciplina Evolução (formação inicial), e também com trinta e seis professores de Biologia da rede estadual de ensino paulista (formação continuada) que participaram de uma orientação técnica ministrada pela pesquisadora.

Os achados da autora indicam que os sujeitos pesquisados, tanto professores em formação inicial como em formação continuada, apresentam concepções sobre o desenvolvimento do conceito de evolução limitadas às teorias de Lamarck e de Darwin e, neste contexto, a natureza de ciência apresentada pelos docentes possui caráter positivista. Meghlioratti (2004) também constatou que os sujeitos pesquisados apresentam concepções errôneas e/ou distorcidas sobre a temática devido, principalmente, ao não domínio de conteúdos relativos à evolução como, por exemplo, a genética de populações. Ainda em relação às ideias alternativas, a autora verificou que as concepções apresentadas pelos professores se mesclam, na maioria das vezes, às concepções religiosas que os mesmos possuem.

Em sua pesquisa, Goedert (2004) identifica e discute aspectos da formação inicial e da prática de docentes de Biologia egressos do Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Os professores entrevistados apontaram como dificuldades da sua atuação em sala de aula as deficiências na formação inicial, no que diz respeito aos temas referentes à evolução biológica, devido à desarticulação entre as disciplinas oferecidas no curso de graduação, tanto entre as de caráter específicos da Biologia quanto entre as disciplinas da área pedagógica. Segundo a autora, há a necessidade de rever a

organização curricular dos Cursos em Graduação de Ciências Biológicas (buscando maior integração entre as disciplinas e os departamentos), com vistas a contemplar a complexidade do tema evolução.

Em relação ao ambiente escolar, os professores indicaram obstáculos ao ensino-aprendizagem de evolução biológica, tais como: carga horária excessiva que impede a busca de oportunidades para ampliar a formação docente; ausência de materiais adequados para o ensino desta temática; e, tempo insuficiente durante o ano letivo para a abordagem da evolução biológica (GOEDERT, 2004).

As concepções de professores sobre a teoria evolutiva também foram o objeto de pesquisa de Licatti (2005), que buscou identificá-las e analisá-las durante encontros ministrados pelo pesquisador, que versavam sobre conceitos referentes à evolução e sua importância para o ensino de Biologia. Os resultados levantados por meio de questionários, observações dos encontros desenvolvidos, entrevistas com os docentes participantes e análise dos planos de aulas produzidos pelos mesmos revelam que os sujeitos pesquisados apresentam a concepção progressista de evolução e, neste sentido, consideram o homem como o ápice do processo evolutivo.

O autor identificou ainda que os docentes pesquisados apresentam dificuldades e/ou receios em trabalhar as polêmicas que permeiam a teoria evolutiva como, por exemplo, as questões religiosas e os embates entre criacionismo e evolucionismo. Licatti (2005) verificou também que os professores relutam em trabalhar aspectos referentes à história da vida em nosso planeta (a dimensão temporal do processo evolutivo) e à história e natureza das ciências.

Licatti (2005) ressalta ainda que poucos professores evidenciaram em suas falas e/ou suas produções escritas a importância da evolução tanto para a ciência como para o ensino de Biologia. A este respeito, o autor indica que, frente aos dados coletados, os processos de

ensino-aprendizagem desenvolvidos nas aulas de Biologia ainda são pautados na memorização de conteúdos estanques e desconexos que são transmitidos de modo simplista e descontextualizado.

Buscando compreender as possíveis contribuições da sistemática filogenética para o ensino-aprendizagem de Biologia, Guimarães (2005) desenvolveu encontros com dez alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual do interior do Estado de São Paulo. Nestes, o autor trabalhou conceitos relativos à evolução biológica, à cladística e à zoologia através de discussões, estudos dirigidos e atividades práticas que permitiam um maior contato dos estudantes pesquisados com a construção, leitura e interpretação de cladogramas<sup>4</sup>.

Os dados recolhidos pelo autor indicam que os alunos possuem ideias sobre a evolução biológica que destoam das concepções científicas. Dentre tais ideias, destacamos que os estudantes aceitam o fato de que as mutações ocorridas nos seres vivos atuais sejam a matéria-prima para o surgimento de novas espécies, mas este conceito não se aplicaria para explicar a origem e a diversificação dos primeiros seres vivos. Nesta perspectiva, as ideias dos educandos se aproximavam do mito da criação, em que uma entidade divina criara os primeiros organismos de nosso planeta (GUIMARÃES, 2005).

Guimarães (2005) verificou também que as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes permanecem mesmo após estes entrarem em contato com as teorias científicas através de situações de ensino-aprendizagem. Neste contexto, o autor ressalta que a construção de conhecimentos científicos está atrelada às representações sociais que os alunos possuem sobre os mesmos, sendo que estas são construídas em outras esferas sociais como, por exemplo, a família, a comunidade religiosa, dentre outras.

Marcelos (2006), em seu trabalho, buscou compreender a utilização de analogias e metáforas referentes à expressão “árvore da vida” presente na teoria evolutiva proposta por

---

<sup>4</sup> Nesta pesquisa, utilizamos os termos “árvore filogenética” e “cladograma” como sinônimos para nos referir às representações gráficas arboriformes que expressam as relações filogenéticas de determinado grupo de seres vivos.

Darwin. Assim, a autora analisou a presença desta expressão na prática docente, na concepção de alunos da terceira série do ensino médio e em livros didáticos. Para tanto, Marcelos (2006) recolheu dados através de aplicação de questionários a 64 professores atuantes em uma fundação de ensino do interior do Estado de Minas Gerais e a 32 estudantes do último ano do nível médio; da realização de dois grupos focais: o primeiro com cinco professores participantes da pesquisa e o segundo, com 14 educandos; da realização de observações de 23 aulas de Biologia para uma terceira série do ensino médio; e, da análise de 12 de livros didáticos destinadas ao nível médio.

Os resultados obtidos pela autora apontam que a complexidade da expressão utilizada por Darwin para salientar as relações de parentesco entre os organismos é, comumente, substituída por uma visão simplista e superficial sobre a temática. A análise da mobilização da analogia “árvore da vida” pelos docentes e livros didáticos pesquisados indicam que os mesmos possuem concepções que se distanciam da descrição darwiniana do processo evolutivo o que, em última instância, favorece o desenvolvimento (ou a cristalização) de conceitos errôneos por parte dos estudantes (MARCELOS, 2006).

O embate entre criacionismo e evolucionismo fora o objeto de estudo de Madeira (2007), que buscou compreender as questões controversas entre estas duas correntes a respeito da origem da vida e da evolução humana. Para tanto, a autora utilizou questionários que continham perguntas e figuras referentes ao mito da criação e à explicação científica para esta temática. Este material fora aplicado a duas turmas da terceira série do ensino médio, sendo que cada classe pertencia a uma escola da rede estadual de ensino de um município localizado na região metropolitana da cidade de São Paulo.

As respostas apresentadas pelos estudantes pesquisados indicam que, por um lado, há a aceitação ou a refutação do conhecimento científico e, por outro lado, a presença de um sincretismo de concepções científicas e religiosas. A autora aponta ainda que o dogmatismo

religioso se coloca como um obstáculo à aprendizagem de conteúdos científicos referentes à origem e evolução da vida, uma vez que as escolas não estão preparadas para lidar com a pluralidade religiosa dos alunos e aos consequentes embates entre ciência e religião (MADEIRA, 2007).

Azevedo (2007), em seu trabalho, buscou compreender como os docentes empregam a teleologia na elaboração de explicações acerca da teoria evolutiva. Para tanto, o autor realizou uma oficina composta por três encontros com professoras de Biologia matriculadas no curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências da Universidade Federal Fluminense e também procedeu a análise dos livros didáticos utilizados pelas mesmas.

Os achados de Azevedo (2007) apontam que o pensamento teleológico é utilizado pelas professoras como uma ferramenta didática que busca: (1) despertar o interesse dos estudantes pelo conhecimento científico a ser explorado; (2) facilitar a compreensão dos conteúdos; e/ou (3) suprir a necessidade dos estudantes em compreender a finalidade de um dado fenômeno biológico. Em decorrência deste fato, os processos evolutivos são concebidos como uma ação linear progressista que apresenta direção e finalidade o que, em última instância, pode favorecer o desenvolvimento de conceitos distorcidos e/ou errôneos sobre a temática.

A apresentação da teoria evolutiva por revistas de divulgação científica e sua utilização em sala de aula fora o objeto de estudo de Kemper (2008). Desta maneira, a autora analisou os artigos das revistas Galileu e Superinteressante publicados no ano de 2006 que abordavam a evolução biológica e/ou conteúdos relacionados à mesma. A partir dos resultados obtidos, a autora adverte que os docentes, ao utilizarem estes materiais durante os processos de ensino-aprendizagem, devem estar atentos às adaptações e às ressignificações necessárias para favorecer a compreensão pelos estudantes de ciência enquanto produção humana composta por teorias passageiras passíveis de refutação.

Sobre os conceitos evolutivos, somente o mecanismo de seleção natural é mencionado pelos artigos de divulgação científica, de modo que apenas a visão darwiniana do processo evolutivo é contemplada por estes materiais. A autora ressalta ainda que a evolução não é compreendida e mobilizada por estes materiais como o eixo organizador dos conhecimentos biológicos, aparecendo como mais uma área de interesse e pesquisa da Biologia (KEMPER, 2008).

Em relação à linguagem utilizada pelas revistas de divulgação científica, Kemper (2008) destaca o emprego de uma linguagem informal como tentativa de aproximar o leitor da teoria e/ou do conceito científico abordado. Todavia, neste processo de simplificação, há a utilização da argumentação teleológica, fato a ser considerado pelos professores que optarem pelo uso destes materiais em unidades didáticas, pois tais artigos são comumente escritos por jornalistas que não tem o domínio dos conceitos científicos envolvidos.

Mello (2008) analisou as concepções prévias de vinte alunos de uma terceira série do ensino médio de uma escola da rede estadual de ensino de Porto Alegre. Para tanto, a autora aplicou um questionário que versava sobre conceitos relativos à evolução, bem como a importância desta para a compreensão da Biologia. Mello (2008, p. 53) salienta que a escolha dos sujeitos pesquisados se deve ao fato *“destes alunos estarem concluindo a etapa de ensino formal obrigatória, o que torna possível obter uma noção da visão construída pelos alunos sobre a evolução biológica ao longo de toda a trajetória escolar”*.

As concepções apresentadas pelos educandos revelaram que os estudantes apresentam dificuldades em diferenciar a origem da vida e a origem do universo e que os mesmos relacionam a dimensão temporal ao processo evolutivo. Os alunos demonstraram ainda a compreensão da evolução como um fenômeno biológico já ocorrido, isto é, como um processo iniciado e finalizado no passado e que não é verificado no presente. Sobre este aspecto, os estudantes também demonstraram que há uma distinção entre a evolução humana

e a evolução dos demais seres vivos, revelando dificuldades na compreensão das relações de parentesco existentes entre os organismos (MELLO, 2008).

Frente aos resultados obtidos, Mello (2008) aponta para a importância de os professores conhecerem as concepções que seus alunos possuem para, assim, elaborarem situações de ensino-aprendizagem que favoreçam a construção de conteúdos referentes à origem e evolução da vida. A autora indica ainda que a evolução biológica não seja abordada tão somente no ensino médio, mas que se faça presente em todo o ensino de Ciências e de Biologia por meio da apresentação da história evolutiva dos conteúdos estudados.

Souza (2008), por sua vez, realizou entrevistas com vinte e um professores das disciplinas de Biologia, Ciências Sociais, Geografia e História, na tentativa de compreender como estes docentes lidam com os embates entre criacionismo e evolucionismo em suas aulas. Os professores pesquisados, de maneira unânime, revelaram que se sentem tolhidos para a apresentação de conteúdos relativos à evolução ou ao criacionismo. Entretanto, a autora ressalta que tais dificuldades são essencialmente diferentes quando consideramos os professores que atuam na rede privada e na rede pública de ensino: enquanto os primeiros são pressionados a cumprir os conteúdos previstos pelos sistemas apostilados, os últimos sentem desconforto e receio em trabalhar assuntos polêmicos em evolução devido à resistência religiosa dos alunos.

As aproximações entre a educação não-formal e o ensino-aprendizagem de evolução biológica foi o objeto de estudo de Lucena (2008), que buscou identificar quais os meios utilizados por alunos para a busca de informações sobre a teoria evolutiva e quais os recursos didáticos alternativos utilizados por docentes para o ensino desta temática. Para tanto, o autor realizou o levantamento das concepções acerca da evolução, bem como os meios de busca de informações sobre este tema, com 452 alunos da terceira série do ensino médio das redes privada e pública de ensino de uma cidade localizada no interior do Estado de São Paulo.



Lucena (2008) também realizou entrevistas com cinco professores de Biologia de cinco escolas da rede estadual de ensino desta mesma cidade, buscando identificar a importância que estes atribuem à educação informal e quais as estratégias alternativas que os mesmos utilizam para o ensino de evolução.

Os resultados obtidos pelo autor indicam que a grande maioria dos estudantes utiliza meios não-formais para a busca de informações sobre temas relacionados à evolução biológica, sendo a internet a ferramenta mais utilizada pelos mesmos. Em relação aos meios formais de ensino, o livro didático aparece como o principal agente veiculador de conteúdos sobre esta temática, sendo mencionada pela totalidade dos sujeitos pesquisados (LUCENA, 2008).

Em relação aos professores, Lucena (2008) destaca que estes atribuem grande importância ao uso de recursos didáticos alternativos assim como de meios não-formais para o ensino-aprendizagem de evolução, dado que, segundo os mesmos, estes despertam o interesse dos estudantes pelo tema e facilitam a apreensão de conceitos pelos mesmos. Todavia, os docentes entrevistados relataram que praticamente não utilizavam recursos alternativos ou espaços não-formais durante as situações de ensino-aprendizagem, além de demonstrarem uma visão enciclopédica de ensino, na qual é valorizada a memorização de conteúdos.

Considerando o paradigma evolutivo e as novas respostas que este forneceu à humanidade para as indagações acerca da natureza e finitude humana, Pagan (2009) buscou identificar as influências do criacionismo e do evolucionismo na concepção de ser humano de licenciandos em Ciências Biológicas matriculados em uma universidade pública localizada no interior do Estado de Mato Grosso. Para a recolha de dados, o autor realizou uma entrevista coletiva com dez alunos e também um questionário de múltipla escolha aplicado a 159 graduandos.

Dentre os achados de Pagan (2009), destacamos a presença dos pensamentos evolutivo e criacionista nos sujeitos pesquisados. De um lado, os graduandos mobilizam a teoria evolutiva para (re)inserir o homem na natureza, restituindo sua natureza animal por meio de relações filogenéticas com os demais seres vivos. Por outro lado, estes mesmos estudantes também apresentam a lógica criacionista para explicar questões relativas à origem da espécie humana e/ou características próprias do homem, uma vez que este é um organismo nebuloso e multifacetado.

Pagan (2009) indica ainda que o pensamento evolutivo utilizado pelos graduandos não se deve à compreensão dos conceitos relativos à evolução e/ou a importância desta para a Biologia. Assim, o evolucionismo é empregado como um sinal de negação ao criacionismo ou como ruptura às concepções religiosas presentes em suas comunidades e/ou famílias.

Ainda na tônica dos embates entre criacionismo e evolucionismo, Oliveira (2009), em seu trabalho, buscou identificar os níveis de aceitação e rejeição da teoria evolutiva em estudantes que concluíram o ensino fundamental. Para tanto, a autora realizou o levantamento de concepções prévias de alunos recém-egressos da oitava série do ensino fundamental nos municípios localizados na região metropolitana da cidade de São Paulo e no interior do Estado de Mato Grosso.

Os resultados obtidos por Oliveira (2009) apontam que os alunos deste nível de ensino aceitam a teoria evolutiva para explicar a existência de fósseis, a grande diversidade de organismos presentes no planeta e os fenômenos de adaptação e seleção natural. Entretanto, estes mesmos alunos rejeitam a evolução biológica quando o assunto diz respeito à origem do universo e da vida, assumindo assim uma postura criacionista para explicar tais situações. A autora destaca ainda que esta resistência à evolução é mais proeminente nos educandos ditos evangélicos que possuem uma vivência religiosa intensa.

Frente a este cenário, Oliveira (2009) adverte que os processos de ensino-aprendizagem devem abordar questões referentes à natureza das ciências, salientando que as teorias científicas (assim como as religiosas) são produções humanas e não possuem o caráter de verdades incontestáveis. Deste modo, a autora acredita que os conflitos entre ciência e religião poderão ser amenizados e os educandos compreenderão que ambas as teorias, criacionismo e evolucionismo, abarcam diferentes visões para um mesmo tema.

Garcia (2009) analisou como a utilização de animações pode favorecer o estabelecimento e o desenvolvimento de processos interativos na disciplina de Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental, utilizando como exemplo o conceito de adaptação biológica. Assim, a autora realizou observações de aulas em duas turmas da terceira série do nível fundamental da rede municipal de ensino de uma capital da região Sudeste. Nestas, foram utilizados curta metragens como elementos iniciadores para discussões a respeito da teoria evolutiva, mais especificamente sobre a maneira pela qual os educandos compreendiam o conceito de adaptação.

Dentre os resultados encontrados pela autora, destacamos que, durante as discussões, os alunos manifestaram concepções que se aproximam do entendimento de evolução enquanto sinônimo de melhoria e de progresso. Nestes termos, as crianças compreendem que há uma linearidade do processo evolutivo, a qual culmina em organismos perfeitos. Em associação a esta ideia, a adaptação biológica é vista como um desejo dos seres vivos, como uma necessidade que visa ao seu aperfeiçoamento (GARCIA, 2009).

As concepções docentes acerca da evolução biológica foram o objeto de estudo de Oleques (2010) que, por meio de questionários, buscou compreender como vinte professores de Biologia de um município localizado no interior do Estado de Rio Grande do Sul, entendem a teoria evolutiva e os conceitos relativos à mesma. Os resultados obtidos pela autora indicam que os docentes apresentam ideias que se distanciam das concepções

científicas, uma vez que os sujeitos pesquisados atribuem finalidade e direção ao processo evolutivo, o qual é compreendido enquanto progresso e aumento da complexidade dos seres vivos.

Em decorrência deste cenário, Oleques (2010) afirma que o não domínio dos conteúdos científicos por parte dos professores pesquisados acarreta em um ensino de Biologia fragmentado e deficiente, no qual as concepções alternativas dos estudantes poderão ser reforçadas. Assim, a autora sugere que a formação continuada dos docentes priorize situações para abordar temas relacionados à história das ciências e aos potenciais usos da filogenia para o ensino-aprendizagem de Biologia.

O caminho trilhado nesta seção evidencia que a teoria evolutiva não tem sido contemplada pelo ensino de Biologia, contrariando as orientações curriculares, realizadas desde a década de 1960, e as recomendações da literatura educacional para que a evolução desempenhe o papel de eixo organizador e unificador dos conteúdos biológicos. Neste contexto, a disciplina de Biologia torna-se um conjunto estanque e fragmento de conhecimentos que, comumente, são apresentados através da transmissão-recepção de conteúdos, com posterior memorização dos mesmos.

Assim sendo, a evolução biológica é apresentada nos livros didáticos em capítulos à parte, configurando-se como mais um objeto de ensino-aprendizagem. Todavia, esta apresentação ocorre em capítulos finais dos manuais escolares, fato que facilita o seu não tratamento pelos professores devido à escassez de tempo para abordar todos os conteúdos biológicos ao longo do ano letivo. Ainda em relação a estes materiais, os livros didáticos apresentam a evolução de maneira superficial e não guardam um enfoque evolutivo no tratamento dos demais conteúdos biológicos como, por exemplo, no estudo dos diferentes grupos de organismos.

As concepções que alunos e professores possuem sobre a evolução biológica também constituem obstáculos ao ensino-aprendizagem desta temática. De modo geral, a literatura revela que os sujeitos atribuem direção e finalidade ao processo evolutivo o que, em última instância, pressupõe a linearidade da evolução e o aumento de complexidade dos organismos no decorrer da mesma. Além das distorções da teoria científica, os indivíduos também demonstram resistência à evolução biológica devido às concepções de ordem cultural, religiosa, dentre outras. Sobre este último aspecto, a literatura também demonstra a presença de um pensamento sincrético, no qual os sujeitos sobrepõem explicações de origem científica e religiosa, sendo que esta concepção híbrida é comumente mobilizada para explicar fenômenos relacionados à origem do universo e/ou da vida.

Nesta perspectiva, o não domínio dos conteúdos referentes à evolução biológica por parte dos professores também se constitui em obstáculo para o seu ensino, pois os docentes não sentem segurança para abordar a teoria evolutiva em sala de aula, especialmente os embates existentes entre o evolucionismo e o criacionismo. Sendo assim, os aspectos históricos da construção e fundamentação do conceito de evolução, bem como questões relativas à natureza das ciências, são esvaziadas e a teoria evolutiva é desenvolvida como um produto finalizado e cuja ocorrência se deu no passado e não é observada no presente.

Vale ainda ressaltar que as pesquisas apresentadas neste breve histórico acerca do ensino de evolução sustentam suas conclusões a partir da análise de: (1) concepções de professores e/ou alunos; (2) materiais didáticos; e, (3) estratégias de ensino. Deste modo, são raras as menções de indicadores de aprendizagem produzidos por alunos que possam apontar para quais aprendizagens são esperadas para os conteúdos referentes à evolução, isto é, quais conceitos, procedimentos e atitudes devem demonstrar os estudantes que possuem uma compreensão genuína sobre a origem e a evolução da vida e concebem os saberes biológicos segundo o enfoque evolutivo.

Radicalizamos o argumento em favor da importância de as pesquisas acadêmicas também voltarem o olhar para as expectativas de aprendizagem esperadas para um dado conceito, pois acreditamos que as investigações educacionais, além de fundamentarem e ampliarem o lastro de um campo de pesquisas, também devem se colocar a serviço da educação básica. Nestes termos, concebemos que os trabalhos acadêmicos devem subsidiar os docentes na elaboração e na condução dos processos de ensino-aprendizagem, apontando caminhos para abordar conceitos e eleger indicadores de aprendizagem a serem alcançados.

Diante do exposto nesta seção e considerando o atual cenário da educação básica do Estado de São Paulo, verificamos a pertinência de nossas questões de pesquisa que, em suma, são: (1) Quais as características dos descritores de aprendizagem para o tema origem e evolução da vida preconizados pelos documentos oficiais da educação paulista?; (2) Quais as condições didáticas oferecidas pelos materiais curriculares para o desenvolvimento de tais descritores?; e (3) Quais os principais indicadores de aprendizagem apontados pela literatura educacional para o desenvolvimento de conteúdos relativos à evolução biológica?

Frente às nossas indagações, objetivamos caracterizar os descritores de aprendizagem para o tema “Origem e evolução da vida” preconizados pelo currículo paulista e pelas matrizes de avaliação do SARESP, além de estabelecer possíveis correspondências entre estes e os indicadores de aprendizagem presentes na literatura educacional. Desta maneira, justificamos a condução deste trabalho uma vez que o mesmo se configura como um dos primeiros esforços que buscam coadunar orientações curriculares e aprendizagens estimadas como prioritárias pelas pesquisas em ensino de evolução.

## **2. CAMINHOS METODOLÓGICOS**

---

### **2.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa no qual nossos esforços de investigação se voltaram para fenômenos ocorridos no plano educacional. Conseqüentemente, os elementos que permeiam tais fenômenos estão inseridos em um contexto social que, por sua vez, situam-se em uma realidade histórica que é atravessada por uma série de determinações que influem na dinamicidade e na complexidade do objeto de estudo (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Nestes termos, Lüdke e André (1986) e Bogdan e Biklen (1994) nos apontam cinco características básicas do paradigma qualitativo e que são compartilhadas por esta investigação, a saber: (1) a fonte dos dados na pesquisa provém do ambiente natural no qual estes são produzidos; (2) os dados coletados ao longo da pesquisa são predominantemente de natureza descritiva; (3) os interesses do investigador se voltam prioritariamente para o

processo e não para os resultados e os produtos; (4) o significado que os sujeitos atribuem a objetos e/ou fenômenos é de extrema importância na abordagem qualitativa; e, (5) a análise dos dados recolhidos tende a ocorrer de maneira indutiva.

As características supracitadas geram inúmeras implicações nas maneiras de o pesquisador compreender e contemplar sua investigação e o contexto social que é estudado. Dentre estas, destacamos o fato de que, de acordo com a abordagem qualitativa, os dados não se dão a conhecer de maneira direta e espontânea aos olhos do pesquisador e nem este os afronta desprovido de suas pressuposições e de seus valores. Ao contrário, é a partir dos questionamentos suscitados pelas suas concepções e pelos dados que o pesquisador, baseado em todo o arcabouço teórico, construirá o conhecimento sobre o contexto pesquisado. Assim, o investigador desempenha o papel de veículo ativo entre o conhecimento teórico na área e os novos desdobramentos que serão estabelecidos a partir da pesquisa (LÜDKE e ANDRÉ, 1986; BOGDAN e BIKLEN, 1994).

Em consonância com o paradigma qualitativo que orientou esta investigação, adotamos como metodologia para coleta e tratamento de dados a análise documental. Assim, buscamos responder às nossas indagações a partir de informações factuais presentes nos documentos eleitos para análise.

Porém, antes de ressaltar as vantagens que nos levaram à eleição da análise documental como procedimento metodológico, é preciso definir o que entendemos por documentos. Nesta perspectiva, Wolff (2004, p. 284) citado por Flick (2009) nos diz que:

Documentos são artefatos padronizados na medida em que ocorrem tipicamente em determinados formatos como: notas, relatórios de caso, contratos, rascunhos, certidões de óbito, anotações, diários, estatística, certidões, sentenças, cartas ou pareceres de especialistas (WOLFF, 2004, p. 284 citado por FLICK, 2009, p. 231).

Todavia, nossa compreensão sobre os documentos transcende as acepções apresentadas acima, pois, além de entender os documentos como materiais que contêm



informações acerca do comportamento humano, também os compreendemos como meios de comunicação. Deste modo, incluímos no enunciado de Wolff (2004) citado por Flick (2009) o fato de estes materiais representarem dispositivos comunicativos metodologicamente desenvolvidos em uma dada realidade e que se voltam para um objetivo específico (FLICK, 2009)

Nesta perspectiva, os documentos representam uma fonte rica e segura de dados que se mantêm ao longo do tempo, possibilitando sua consulta por diversos pesquisadores e podendo, inclusive, servir para diversas investigações. Além da estabilidade dos documentos, estes também constituem uma fonte natural de dados. *“Não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre este mesmo contexto”* (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 39). Deste modo, outra vantagem adicional que a análise documental possibilita é a indicação de problemáticas subjacentes que poderão ser exploradas em pesquisas posteriores com a complementação, ou não, de outros procedimentos metodológicos (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

A partir da eleição da análise documental como metodologia de pesquisa, o próximo passo fora a construção do acervo de materiais passíveis de análise. Assim, na próxima seção, descrevemos o processo de construção do acervo de documentos com o qual trabalhamos.

## 2.2. CONSTRUÇÃO DO ACERVO DE DOCUMENTOS

O acervo de documentos analisados foi composto por dois conjuntos de materiais, a saber: (1) os cadernos do professor e do aluno dos terceiro e quarto bimestres dos anos de 2009 e 2010 da disciplina de Biologia<sup>5</sup> e (2) as pesquisas acadêmicas brasileiras<sup>6</sup> acerca do ensino de evolução produzidas durante o período de 1990-2010 no âmbito de programas de pós-graduação.

O primeiro conjunto de documentos compreendeu os cadernos destinados aos docentes da rede estadual de ensino paulista, distribuídos pela SEE-SP no terceiro e no quarto bimestres de 2009. Como no ano seguinte não houve modificações e/ou reimpressões dos materiais dirigidos aos professores, também coligimos a estes documentos as erratas e os gabaritos referentes ao ano de 2010 disponibilizados na arquivoteca presente no endereço eletrônico São Paulo Faz Escola<sup>7</sup>, uma vez que os cadernos destinados aos alunos sofreram reformulações no ano de 2010. Deste modo, para este primeiro conjunto de documentos, também reunimos os materiais destinados aos estudantes distribuídos pela SEE-SP nos terceiro e quarto bimestres dos anos de 2009 e 2010.

Ainda em relação a este primeiro conjunto de materiais, incorporamos também os documentos oficiais referentes aos descritores de desempenho que deveriam ser alcançados para a série e a temática em questão. Como no ano de 2009 a base curricular ainda possuía a condição de proposta curricular e considerando que esta fora elaborada de modo fundamentado nas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A), tomamos como documento indicador de descritores de aprendizagem a matriz de referência para esta avaliação da educação paulista. Por sua vez, no ano de 2010 a proposta

---

<sup>5</sup> Foram escolhidos tais documentos oficiais uma vez que os mesmos apresentam como objeto de ensino-aprendizagem a evolução biológica.

<sup>6</sup> Justificamos nossa escolha pelas pesquisas acadêmicas produzidas em nosso país, pois: (1) retratam a produção nacional referente ao ensino de evolução; e, (2) possuem maior acessibilidade tanto a pesquisadores como a professores.

<sup>7</sup> Disponível no endereço eletrônico <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/arquivoteca/>>.

curricular adquire a condição de currículo, passando a descrever, além dos conteúdos a serem ministrados em cada série e em cada disciplina, os descritores de aprendizagem a serem alcançados ao longo da escolarização. Assim, adotamos as Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e o Currículo do Estado de São Paulo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Biologia (SÃO PAULO, 2010A) como documentos orientadores para o desenvolvimento de descritores de aprendizagem para o ano de 2010.

Em suma, o primeiro conjunto de materiais é composto por dez documentos distribuídos pela SEE-SP à rede de ensino paulista, a saber: (1) Caderno do Professor: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 3 (SÃO PAULO, 2009B); (2) Caderno do Professor: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 4 (SÃO PAULO, 2009C); (3) Errata ao Professor: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 3 (SÃO PAULO, 2010B); (4) Errata ao Professor: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 4 (SÃO PAULO, 2010C); (5) Caderno do Aluno: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 3 (SÃO PAULO, 2009D); (6) Caderno do Aluno: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 4 (SÃO PAULO, 2009E); (7) Caderno do Aluno: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 3 (SÃO PAULO, 2010D); (8) Caderno do Aluno: Biologia – 3ª série, Ensino Médio –Volume 4 (SÃO PAULO, 2010E); (9) Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A); e, (10) Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Biologia (SÃO PAULO, 2010A).

Para a construção do segundo conjunto de documentos, consideramos as dissertações e teses produzidas junto aos programas de pós-graduação no período de 1990-2010. Justificamos esta escolha pelo fato destes materiais propiciarem condições mais adequadas para o contato com indicadores de aprendizagem para o ensino de evolução biológica produzidos pelas pesquisas nacionais. Vale ainda ressaltar que dissertações e teses, *a priori*, possuem maior quantidade e qualidade de informações em relação a artigos publicados em

periódicos, visto que estes últimos, devido às restrições editoriais as quais estão submetidos, apresentam um contato limitado com as medidas de aprendizagem para a temática origem e evolução da vida.

A busca pelos materiais componentes deste segundo conjunto de documentos fora realizada em três bases de dados online, a saber: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações<sup>8</sup>, CAPES – Banco de Teses<sup>9</sup>; CEDOC<sup>10</sup> (Centro de Documentação em Ensino de Ciências). Nestas, utilizamos os termos “evolução”, “evolução biológica”, “ensino de evolução”, “ensino de evolução biológica”, “ensino médio”, “teoria evolutiva”, “teoria da evolução” e “teoria da evolução biológica” como palavras-chave para a pesquisa de materiais nas referidas bases de dados.

As produções acadêmicas levantadas foram primeiramente selecionadas por meio da leitura e da análise dos títulos, resumos e palavras-chave, com vistas a identificar quais investigações verdadeiramente abordavam o ensino de evolução. Para a segunda etapa de seleção, consideramos as dissertações e as teses disponíveis integralmente na internet.

Utilizamos este segundo procedimento para a seleção de materiais uma vez que esta pesquisa busca compreender em que medida as produções acadêmicas se constituem em subsídios para a prática docente quando consideramos o ensino de evolução e os indicadores de aprendizagem associados a este. Desta forma, buscamos contemplar os materiais que estão prontamente disponíveis aos professores, pois as dissertações e as teses elaboradas junto aos programas de pós-graduação encontram-se, comumente, encerradas nas bibliotecas das instituições de origem, sendo seu acesso restrito ao meio acadêmico.

---

<sup>8</sup> Disponível no endereço eletrônico <<http://bdtd.ibict.br/>>.

<sup>9</sup> Disponível no endereço eletrônico <<http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>>.

<sup>10</sup> Disponível no endereço eletrônico <<http://www.fe.unicamp.br/cedoc/>>.

### **2.3. PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE**

A análise do acervo de documentos ocorreu em quatro momentos. Primeiramente, analisamos como a evolução biológica é compreendida pelos cadernos do professor e do aluno, caracterizando conteúdos e modalidades didáticas sugeridas. Neste processo, buscamos evidenciar e descrever como o ensino de evolução é concebido pelo Currículo do Estado de São Paulo.

Posteriormente, contrastamos estes achados com os descritores de aprendizagem presentes nas Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e no currículo de Biologia paulista (SÃO PAULO, 2010A). Desta maneira, buscamos verificar se, a partir das situações de aprendizagem presentes nos materiais destinados aos docentes e estudantes, é possível desenvolver os descritores de aprendizagem preconizados pelos documentos oficiais.

A terceira etapa de análise consistiu na leitura das dissertações e das teses com vistas a identificar possíveis indicadores de aprendizagem para o ensino-aprendizagem de evolução. Nestas, buscamos identificar as orientações que os autores trazem a respeito dos conteúdos e das medidas de aprendizagem que devem ser priorizados para a temática origem e evolução da vida.

Finalmente, os indicadores identificados na etapa anterior foram contrastados com os descritores presentes nos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Nesta etapa, buscamos verificar e compreender em que medida a literatura educacional, ou mais especificamente, a produção acadêmica sobre o tema em questão (representada por dissertações e teses), pode se constituir em subsídios para os docentes paulistas no que concerne ao ensino-aprendizagem da evolução biológica.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

---

### **3.1. O CURRÍCULO DE BIOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO E A TEORIA EVOLUTIVA**

O Currículo de Biologia do Estado de São Paulo, no documento Ciências da Natureza e Suas Tecnologias – Ensino Fundamental / ciclo II e Ensino Médio (SÃO PAULO, 2010A), aponta a adoção da evolução biológica como eixo articulador e unificador dos conteúdos a serem desenvolvidos na disciplina de Biologia. Tal afirmação está presente no breve histórico sobre o ensino desta área curricular apresentado pelo referido documento, no qual encontramos a seguinte passagem:

Na década de 1980, a Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, em processo coletivo de trabalho entre as Universidades e a rede de professores, elaborou uma proposta curricular em que se reafirmava o critério da relevância social dos conteúdos para a seleção e a organização dos conteúdos programáticos. Rompia-se, assim, com um saber biológico supostamente neutro para uma visão de Biologia como ciência cuja produção e utilização de conhecimentos estão vinculadas às condições econômicas, políticas e sociais.

Essa mesma proposta defendia ainda três outros princípios teórico-metodológicos:

- a importância de resgatar a visão mais ampla das interações entre os seres vivos e o meio em que vivem, em detrimento da redução dos aspectos físicos ou químicos dos organismos (o chamado “enfoque ecológico”);
- a evolução como linha unificadora dos conteúdos;
- a importância de que os alunos vivenciem atividades práticas e de investigação (em laboratório, trabalhos de campo, pesquisas etc.).

Na década de 1990, com a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais pelo Ministério da Educação, esses princípios foram ratificados de certa forma, a exemplo do que acontece também na presente proposta (SÃO PAULO, 2010A, p. 69, grifo nosso).

Desta maneira, somos levados a compreender que os processos de ensino-aprendizagem desenvolvidos nas aulas de Biologia assumirão uma visão evolutiva, isto é, a vida e os fenômenos relacionados à mesma serão compreendidos de modo articulado e unificado, afastando-se assim de visões estanques e fragmentadas do acervo de conhecimentos biológicos. Entretanto, como afirmamos no primeiro capítulo desta pesquisa, os conceitos referentes à temática origem e evolução da vida, enquanto conteúdo explicitado, estão concentrados na terceira série do ensino médio, mais especificamente nos dois últimos bimestres deste nível de escolarização (Cf. Quadro 02 deste trabalho).

Este posicionamento dos conteúdos relativos à evolução biológica vai de encontro às orientações presentes na literatura pertinente. Autores como Cicillini (1991, 1997), por exemplo, sugerem que os processos de ensino-aprendizagem empreendidos durante as aulas de Biologia permitam o desenvolvimento de conteúdos referentes à evolução no decorrer de toda a escolarização, com a ampliação e o aprofundamento de conceitos de modo gradual ao longo das séries.

Tal fato também contraria as críticas lançadas aos problemas decorrentes do enquadramento da evolução como o último conteúdo biológico a ser trabalhado em situações formais de ensino. Dentre tais obstáculos, Cicillini (1991) afirma que quando a evolução está

situada nos capítulos finais de livros didáticos ou em bases curriculares, como neste caso, é possibilitada a não abordagem desta temática pelos professores devido à escassez de tempo, às dificuldades conceituais que os docentes possuem acerca do tema, ou ainda às polêmicas oriundas dos embates entre criacionismo e evolucionismo que podem ocorrer em sala de aula.

Nesta perspectiva, o espaço curricular destinado à evolução se configura como um primeiro obstáculo para que a mesma seja compreendida como elemento articulador e unificador da Biologia (enquanto ciência e disciplina curricular), uma vez que esta é tratada como apenas mais um conteúdo a ser trabalhado em sala de aula. Tal fato, em última instância, acarreta a fragmentação e a estagnação dos conceitos biológicos, pois na ausência de uma teoria que os unifique, a Biologia torna-se um acervo de fatos e/ou fenômenos desconexos a serem memorizados e reproduzidos em situações de avaliação.

Entretanto, não podemos limitar nossas reflexões ao posicionamento da evolução biológica (enquanto conteúdo explicitado) no currículo paulista. É preciso também compreender como a teoria evolutiva é mobilizada pela base curricular do Estado de São Paulo, verificando e caracterizando quais conceitos são preconizados pelos documentos oficiais e quais as sugestões para o seu desenvolvimento em sala de aula. Assim, nossas reflexões se voltam às “Situações de Aprendizagem” sugeridas pelo currículo paulista, uma vez que estas podem ser consideradas como unidades de ensino-aprendizagem, ou sequências didáticas, para o desenvolvimento de conceitos relativos ao tema origem e evolução da vida.

Abaixo, o Quadro 03 traz uma síntese das “Situações de Aprendizagem” referentes à temática “Origem e Evolução da Vida” preconizada pelo Currículo do Estado de São Paulo. O quadro também evidencia os conceitos e as modalidades didáticas a estes associadas apregoados pelos documentos oficiais.



3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO							
TEMA	SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM	MATERIAL	CONTEÚDOS ABORDADOS	MODALIDADE DIDÁTICA			
3º Bimestre (2009 / 2010)	Origem e Evolução da Vida	A Origem da Vida	Etapa prévia – Sondagem inicial e sensibilização	São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Discussão		
			Etapa 1 – Duas visões sobre a origem da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Origem da vida	Discussão; Estudo dirigido	
			Etapa 2 – Discutindo os textos	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).			
			Pesquisa individual	São Paulo (2009D); São Paulo (2010D).		Pesquisa	
			Etapa 3 – Novas evidências sobre a origem da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Fósseis; Origem da vida	Discussão; Estudo dirigido	
			Proposta de avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Origem da Vida		
	Evolução: Os Seres Vivos em Transformação			Etapa prévia – Sondagem inicial e sensibilização	São Paulo (2009B);		
				Etapa 1 – O pensamento evolucionista e as relações de parentesco	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	Filogenia	Discussão; Problemática
				Etapa 1 – O pensamento evolucionista e as relações de parentesco	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
				Etapa 2 – Os fósseis mostram parentesco?	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	Filogenia; Fósseis	Discussão; Estudo dirigido
				Etapa 2 – Os fósseis mostram parentesco?	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
				Etapa 3 (Pesquisa Individual) – As idéias evolucionistas	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	Teorias evolutivas	Pesquisa
			Etapa 3 – Como ocorre a evolução	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Teoria da evolução de Darwin	Discussão; Estudo dirigido	
			Pesquisa individual	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Teoria da evolução de Lamarck	Pesquisa	
			Proposta de Avaliação – Seleção natural leva a perfeição	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Seleção natural		

4º Bimestre (2009 / 2010)	Origem e Evolução do Ser Humano e Sua Evolução Cultural	Grandes Linhas de Evolução dos Seres Vivos	Etapa 4 – Evolução dos palitos: como a evolução trabalha?	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	Adaptação; Especiação; Filogenia; Frequência gênica; Seleção natural	Aula expositivo-dialogada; Discussão; Problematização; Simulação
			Etapa 5 – Evolução e frequência gênica	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Adaptação; Frequência gênica	Discussão; Jogo; Problematização
			Proposta de Avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Adaptação; Especiação; Frequência gênica; Seleção natural; Teorias da evolução de Darwin	
			Etapa 1 – História da Terra	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Tempo geológico	
			Etapa 2 – A história da vida na Terra	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Adaptação; Seleção natural; Tempo geológico	Discussão; Estudo dirigido
			Etapa 3 – As árvores da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
			Pesquisa individual	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Filogenia	Pesquisa
			Proposta de Avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	Filogenia; Tempo geológico	
			Etapa 1 – Sensibilização	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana	Discussão; Estudo dirigido
			Etapa 2 – Ampliando a discussão: o bipedalismo	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Adaptação; Seleção natural; Evolução humana	Discussão; Estudo dirigido; Pesquisa
			Proposta de avaliação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana	

A Espécie Humana e Seus Ancestrais	Etapa 1 – O processo evolutivo: o que nos faz humanos?	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana; Fósseis	Discussão; Estudo dirigido	
	Pesquisa individual	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).		Pesquisa	
	Etapa 2 – Reconstruindo filogenias: uma árvore em transformação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana; Filogenia; Fósseis	Discussão; Estudo dirigido; Pesquisa	
	Proposta de avaliação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana		
A Intervenção Humana na Evolução	A Intervenção Humana na Evolução, as Transformações nos Ambientes e o Futuro da Humanidade	Etapa 1 – Sensibilização	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Seleção artificial	Discussão; Estudo dirigido
		Etapa 2 – Evolução e resistência a antibióticos	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).		Discussão; Estudo dirigido; Pesquisa
		Etapa 3 – A evolução está presente em nosso cotidiano	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana; Seleção artificial	Discussão; Estudo dirigido
		Etapa 4 – O futuro da humanidade	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Evolução humana	
		Proposta de Avaliação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	Seleção artificial	

Quadro 3. Organização dos conteúdos referentes à evolução biológica, enquanto conteúdo explicitado, segundo temáticas e situações de aprendizagem preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo.

A primeira “Situação de Aprendizagem” sugerida pelo Currículo do Estado de São Paulo, “*A Origem da Vida*”, é composta por um levantamento das concepções prévias dos alunos, três etapas de ensino-aprendizagem, uma pesquisa individual e uma proposta de avaliação. Nesta “Situação de Aprendizagem”, são preconizadas situações didáticas para favorecer o desenvolvimento de conceitos referentes à origem da vida, sendo que os documentos oficiais sugerem que estas se desenvolvam em um período de quatro aulas e que os docentes utilizem a discussão e o estudo dirigido de textos como principais modalidades didáticas. O conteúdo abordado nesta “Situação de Aprendizagem” pode ser dividido em três momentos distintos, a saber: (1) confronto das visões científica e religiosa sobre a origem da vida na Terra; (2) apresentação da teoria científica; e (3) a importância do registro fóssil para o estudo da evolução biológica.

Primeiramente, através do estudo dirigido de textos – um trecho do livro bíblico do Gênesis (ANEXO A) e um texto de divulgação científica sobre a teoria da sopa orgânica (ANEXO B) – o caderno do professor orienta que os docentes favoreçam o confronto destas duas visões acerca da origem da vida na Terra, buscando evidenciar suas diferenças, principalmente o fato de que as explicações de origem religiosa não possibilitarem testes laboratoriais para sua comprovação. Porém, o documento oficial adverte para o fato de não ocorrer, durante a mediação realizada pelo docente, a desqualificação da visão religiosa sobre a gênese da vida. Nesta perspectiva, o currículo paulista indica que o encaminhamento das discussões se dê de modo a salientar as diferenças entre as explicações oferecidas pela ciência e pela religião, compreendendo que estas são versões distintas que buscam soluções para um mesmo fenômeno (SÃO PAULO, 2009B).

Nas palavras do documento oficial:

É importante ressaltar que, em respeito às crenças religiosas dos alunos, estas diferentes concepções sobre a origem da vida e dos seres vivos coexistem: a religião acredita no criacionismo, em que um ser superior foi responsável pela criação do Universo e da vida, enquanto que a científica está fundamentada em resultados experimentais e advoga que as diferentes formas de vida, atuais e do passado, expressam um mesmo fenômeno natural, que é resultado de processos inerentes ao próprio planeta Terra. A concepção científica pode ser comprovada em laboratório, conforme a questão proposta no Caderno do Aluno. O fato de a concepção religiosa não poder ser testada em laboratório não a desqualifica, apenas reforça a diferença que existe entre elas (SÃO PAULO, 2009B, p. 10).

Entretanto, ao compararmos as orientações curriculares e as indicações realizadas pela literatura em ensino de evolução, verificamos a existência de desacordos entre ambas. Enquanto o currículo paulista apregoa a utilização de discussões para contrastar as visões criacionista e evolucionista para a origem da vida, a literatura pertinente nos aponta que os docentes apresentam dificuldades para o desenvolvimento de atividades como a sugerida pelo currículo, dado às polêmicas que são levantadas em torno da temática evolutiva (CICILLINI, 1991; LICATTI, 2005).

Neste contexto, podemos citar deficiências na formação inicial de professores que inviabilizam o tratamento de possíveis embates que porventura ocorram durante as situações de ensino-aprendizagem, acarretando o não desenvolvimento de discussões (GOEDERT, 2004). Ainda nesta tônica, podemos também citar a presença de concepções alternativas e sincretismos nos próprios docentes (MADEIRA, 2007) o que, na referida atividade proposta pelo currículo, poderá redundar na consolidação de concepções errôneas pelos estudantes e/ou em aproximações (inexistentes) entre ciência e religião.

Para o segundo momento desta “Situação de Aprendizagem”, é apresentado a professores e alunos um segundo texto de autoria do físico Marcelo Gleiser, publicado no jornal *Folha de São Paulo* em 29 de junho de 2003 (ANEXO C). Este material se configura como um texto complementar ao trabalhado anteriormente, no qual a teoria da sopa orgânica é ampliada e é apresentado o experimento de Urey e Miller (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Sobre o texto escolhido para esta situação de aprendizagem, por tratar-se de um material de divulgação científica, o discurso empregado favorece as aprendizagens desejadas dos conteúdos, dado à acessibilidade da linguagem (KEMPER, 2008). Todavia, a maneira como são abordadas as questões referentes ao desenvolvimento da teoria da sopa orgânica pode acarretar em visões distorcidas da natureza das ciências. Estas distorções poderão ocorrer devido às omissões textuais acerca dos problemas enfrentados pelos pesquisadores durante o processo de proposição e consolidação da teoria da sopa primordial, assim como pela não apresentação do contexto sócio-histórico vivenciado pelos referidos cientistas. Assim sendo, são possibilitadas e/ou reforçadas concepções de uma ciência aproblemática e aistórica, composta por uma sequência rígida de atividades desenvolvidas por indivíduos de eminente inteligência (FERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

Finalmente, o terceiro momento aponta para a importância dos fósseis para estimar a origem da vida em nosso planeta e também como evidências do processo evolutivo. Para tanto, o currículo paulista sugere como principais elementos de pesquisa e de discussão a característica dos organismos presentes nos fósseis mais antigos já encontrados e como as formas de vida primitiva, principalmente as bactérias fotossintetizantes, modificaram as características físico-químicas da Terra (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Em relação às modalidades didáticas sugeridas pelos documentos oficiais para o desenvolvimento desta “Situação de Aprendizagem”, destacamos o estudo dirigido de textos e as discussões em sala de aula. Todavia, antes de tecer quaisquer comentários sobre as potencialidades destas estratégias de ensino, acreditamos que seja necessário expor nossa compreensão sobre as mesmas.

O estudo dirigido de textos pressupõe o trabalho analítico e crítico sobre o material a ser estudado, buscando revelar a estrutura e maneira pela qual o autor tenta veicular informações. Neste processo, é possibilitado ao leitor levantar hipóteses sobre o conhecimento

contido no texto, testá-las, confirmá-las ou refutá-las. Vale ainda salientar que, além da apropriação das informações contidas no material de estudo, trabalhar com textos em sala de aula favorece o desenvolvimento das habilidades de análise, compreensão, inferência e síntese, sendo esta última alcançada no momento em que os alunos manifestam suas próprias produções, seja através de um novo texto ou por meio de discussões (AZAMBUJA e SOUZA, 2005).

Nesta perspectiva, como o estudo dirigido de textos se ampara na leitura, é preciso transcender a concepção superficial desta atividade, pois esta coloca o aluno em uma posição passiva, ocasionando desinteresse pela mesma. Assim, é necessário adotar a compreensão de leitura enquanto atividade ativa e dinâmica na qual não se busca tão somente a decodificação de informações, mas a interação entre leitor, autor, texto e contexto. Esta dinamicidade, além de favorecer o envolvimento do aluno com o texto, também permite o desenvolvimento das habilidades supracitadas (AZAMBUJA e SOUZA, 2005).

A leitura de textos, antes de qualquer estudo dirigido, pressupõe uma etapa de preparação. Azambuja e Souza (2005) advertem que o sucesso ou o insucesso desta atividade se deve a esta etapa prévia, na qual o professor buscará motivar o aluno para a atividade de leitura, despertando o interesse pelo texto. Para tanto, as autoras sugerem que os docentes partam das experiências dos estudantes até chegar ao texto, aguçando sua curiosidade e potencializando o envolvimento dos educandos com o material.

Anterior ao estudo analítico do texto, é importante que o aluno o leia, individual e/ou coletivamente. A leitura individualizada e silenciosa do material permite que o aluno, de acordo com o seu ritmo, tenha o primeiro contato com o texto e busque apreender os significados das informações contidas no mesmo. Neste momento, o estudante desenvolve sua visão global sobre o texto, sendo esta enriquecida na etapa de análise (AZAMBUJA e SOUZA, 2005).

Para a análise textual, discussão acerca do material estudado, Azambuja e Souza (2005) orientam que o docente assumira a postura de intermediário que conduz, por meio de questionamentos, sem imposições, o estudo textual, com vistas a favorecer a interpretação e a compreensão das informações e/ou dos conteúdos pelos alunos. Ainda segundo as autoras, é neste momento que a compreensão sobre o material estudado deixa a superficialidade, e os alunos são envolvidos em um movimento de levantar e testar hipóteses. Como finalização do estudo dirigido, Azambuja e Souza (2005) sugerem a criação de textos pelos estudantes. Ao elaborar seu próprio texto, o aluno expõe o modo pelo qual compreendeu e interpretou o material analisado, assumindo uma postura ativa nos processos de ensino-aprendizagem.

Como citado anteriormente, a discussão aparece como uma das etapas do estudo dirigido de textos, na qual, em meio à coletividade, alunos e professores compartilham as informações e os significados apreendidos do material estudado. Esta associação (discussão – estudo dirigido) também se faz presente nas orientações para a condução dos processos de ensino-aprendizagem preconizados pelo currículo paulista, pois, em todos os momentos que identificamos a indicação para o uso de estudos dirigidos em sala de aula, encontramos também orientações para a condução de discussões em sala de aula (Cf. Quadro 3 deste trabalho).

Etimologicamente, o termo “discussão” significa abalar, incomodar, sacudir e seu papel nas situações de ensino-aprendizagem vai ao encontro de suas raízes: frente a uma teoria, um resultado encontrado, uma exposição realizada, este(a) é examinado(a) de modo a analisar a totalidade de implicações do(a) mesmo(a). Nesta perspectiva, o uso de discussões favorece o desenvolvimento das habilidades de análise e crítica, pois os alunos são levados a não aceitação passiva de proposições (CASTANHO, 2005).

A utilização de discussões em sala de aula pressupõe um trabalho de preparação de seus participantes, dado que esta não ocorre a partir do vazio. Para tanto, Castanho (2005)



adverte que para o bom andamento desta estratégia de ensino, é necessário que alunos e professores efetuem a leitura de uma bibliografia mínima (ou do texto que será analisado durante o estudo dirigido). Ainda segundo a autora, é importante que o docente utilize de meios para direcionar o trabalho com os textos e/ou assuntos que serão alvo da discussão. Tais direcionamentos podem configurar-se como a identificação das principais informações contidas no material, a proposição de problemas que não estão presentes no texto, ou ainda a construção de diagramas a partir da bibliografia.

Nestes termos, as afirmações de Castanho (2005) nos permite, mais uma vez, traçar associações com a utilização de estudos dirigidos em sala de aula e compreender estas modalidades didáticas como estratégias complementares. Ainda segundo a autora, a discussão requer uma postura criativa e, assim sendo, o criar necessita de informações que subsidiem este processo.

Além das potencialidades citadas para o uso de discussões em sala de aula, Krasilchik (2008) destaca ainda que esta modalidade didática desperta o interesse dos estudantes pelos conceitos abordados, favorece os processos de ensino-aprendizagem e tornam as aulas mais agradáveis. Segundo a autora, durante as discussões, o professor deverá desafiar cognitivamente seus alunos, incitando-os a emitir suas opiniões e a ouvir o posicionamento de outros componentes do grupo classe.

Sobre este aspecto, Castanho (2005) nos diz que:

É preciso exercitar-se em fazer desafios intelectuais ao aluno, usando a imaginação; levá-lo a fazer comparações e estabelecer diferenças; não querer padronizar; ser professor de todos e de cada um. Aproveitar didaticamente os grupos naturais que se formam em toda a classe ao invés de querer eliminá-los (CASTANHO, 2005, p. 95, grifo da autora).

Nesta perspectiva, o professor, ao assumir o papel de moderador, deverá cuidar para não forçar, não censurar e não dirigir as respostas manifestadas pelos estudantes. Sobre este aspecto, Krasilchik (2008) orienta que ao longo das discussões as respostas ilógicas

apresentadas pelos estudantes não sejam descartadas prontamente pelo docente, pois é preciso ouvir todos aqueles que se dispõem a participar deste momento. Após as explicações daqueles que se dispuseram a participar, professor e alunos deverão cotejar as sugestões, rejeitando aquelas que não são cabíveis e agrupando as que guardam semelhanças.

Diante do exposto sobre as modalidades didáticas sugeridas pelo currículo, consideramos que as mesmas se colocam como favorecedoras para o desenvolvimento das aprendizagens previstas pela “Situação de Aprendizagem: A Origem da vida”, uma vez que possibilitam o desenvolvimento coletivo dos conceitos preconizados pela mesma e também permite que os estudantes expressem a maneira como os compreendem ao longo das aulas.

Todavia, para que estas potencialidades se desenvolvam efetivamente em sala de aula, é preciso romper com visões relativas ao ensino tradicional, evitando a ênfase no estudo dirigido (atividades de lápis e papel) em detrimento das discussões. A este respeito, Krasilchik (2008) orienta que as interações entre professor e alunos serão favorecidas durante o estabelecimento de atividades discursivas quando o docente oportuniza situações em que os alunos sintam-se estimulados e livres para emitir suas considerações e/ou opiniões acerca dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula.

Ainda sobre este aspecto, é importante destacar que os materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP, mais especificamente os cadernos destinados aos professores, não trazem orientações didático-pedagógicas para o estabelecimento e a condução de discussões durante os processos de ensino-aprendizagem. Julgamos pertinente a existência de sugestões para este tipo de atividade – as discussões em sala de aula –, pois seria fornecido ao docente um espaço de reflexão sobre sua prática. Desta maneira, o professor poderia atentar para aspectos como os destacados por Krasilchik (2008) para a utilização da discussão enquanto modalidade didática: estabelecimento de um clima favorável, utilização de questionamento

para estimular a participação dos estudantes e oferecer tempo suficiente para que os alunos possam refletir sobre o problema proposto e manifestar suas considerações sobre o mesmo.

A “Situação de Aprendizagem” seguinte, “*Evolução: Os Seres Vivos em Transformação*”, é composta por um levantamento de ideias alternativas que os estudantes porventura possuam sobre a temática (prevista somente para o ano de 2009), cinco etapas de ensino-aprendizagem, uma pesquisa individual e duas propostas de avaliação (para o ano de 2009 é preconizado apenas um instrumento para avaliação). Para esta segunda situação de ensino-aprendizagem, os documentos oficiais delimitam o espaço de oito aulas para seu desenvolvimento, nos quais estão previstas as abordagens dos conteúdos referentes às teorias evolutivas propostas por Lamarck e Darwin e aos conceitos de adaptação, especiação, filogenia, frequência gênica e seleção natural. Além das modalidades didáticas citadas anteriormente, esta sequência de ensino também orienta os docentes a utilizarem aulas expositivo-dialogadas, jogos didáticos, simulações e problematizações no decorrer das aulas (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Assim como a primeira “Situação de Aprendizagem”, esta também pode ser dividida em três momentos, a saber: (1) retomada do conceito de fósseis e de sua importância para o estudo da evolução biológica; (2) apresentação das teorias evolutivas postuladas por Jean-Baptiste Lamarck e Charles Darwin (e Alfred Wallace); e, (3) estabelecimento de relações filogenéticas entre os seres vivos.

Em um primeiro momento, o currículo paulista prevê o estudo dirigido de texto e de imagem, acrescido de discussões, com vistas a evidenciar as relações de parentesco estabelecidas entre os organismos e que tais relações podem ser evidenciadas, dentre outras maneiras, pelo registro fóssil. Para tanto, a primeira atividade sugerida pelos cadernos do professor e do aluno diz respeito à leitura e interpretação de uma imagem (ANEXO D) que evidencia a homologia existente entre os ossos dos membros dianteiros de alguns mamíferos

(homem, cão e foca), enquanto que a segunda atividade diz respeito ao estudo de textos de divulgação científica sobre répteis da era mesozóica e suas possíveis relações de parentesco com outros seres vivos (os textos preconizados para os anos de 2009 e 2010 são distintos, mas guardam semelhanças quanto à temática abordada) (ANEXO E e ANEXO F) (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Esta atividade visa ao primeiro contato dos estudantes com os conceitos de ancestralidade comum e adaptação como uma maneira de envolver os educandos com os conteúdos subsequentes. Os documentos oficiais orientam o docente a atentar para as concepções evolutivas que os estudantes possam manifestar durante as discussões com vistas a retomar e/ou reconduzir os processos de ensino-aprendizagem, caso necessário (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Sobre este aspecto, o caderno do professor (SÃO PAULO, 2009B), em suas orientações para as atividades supracitadas, adverte os docentes que os alunos tendem a utilizar a linguagem finalista quando discutem sobre conceitos evolutivos. Desta forma, o currículo paulista adverte que as discussões empreendidas durante esta atividade busquem ressaltar a ancestralidade comum dos seres vivos, sendo esta a base do pensamento evolucionista. Nas palavras do documento oficial:

Uma resposta que normalmente os alunos citam é a adaptação, isto é, que as patas se modificaram ao longo do tempo para cumprir funções diferentes. Esse tipo de resposta assinala um pensamento comum à maioria das pessoas: a ideia de que sempre há uma finalidade e uma intenção para as coisas da natureza: “As patas se modificam... para...”.

Sugerimos que a discussão seja conduzida de modo que os alunos percebam que as diversas formas devem ter surgido a partir de um plano original, o que sugere uma origem comum. Destaque que esta é a base do pensamento evolucionista (SÃO PAULO, 2009B, p. 22).

As orientações curriculares vão ao encontro da literatura educacional pertinente que revela que os estudantes atribuem direção e finalidade aos processos evolutivos, sendo esta concepção um dos obstáculos ao ensino-aprendizagem da evolução biológica (CHAVES,

1993; GUIMARÃES, 2005, MELLO, 2008). Sobre este aspecto, as pesquisas educacionais referentes às concepções de estudantes acerca desta temática podem favorecer sobremaneira a prática educacional, uma vez que além de identificar quais ideias os alunos possuem sobre evolução, também apontam possíveis elementos que atuam na manutenção destas como, por exemplo, a polissemia do termo “evolução” e a utilização do modelo de ensino pautado na transmissão e memorização de conceitos (CHAVES, 1993).

Para o segundo momento desta “Situação de Aprendizagem”, a apresentação das teorias sobre evolução de Lamarck e Darwin (e Wallace), encontramos diferenças entre os anos de 2009 e 2010 no que se refere às orientações curriculares para a abordagem desta temática. O documento oficial do ano de 2009 sugere a pesquisa em sala de aula para o desenvolvimento da compreensão destas duas teorias evolutivas, na qual os estudantes deverão buscar informações sobre os naturalistas e as principais características de seu pensamento evolutivo. Por outro lado, as indicações para o ano seguinte apregoam que a pesquisa será utilizada somente para a caracterização da teoria lamarckista, enquanto que a teoria darwiniana será abordada por meio de três textos para estudo dirigido, culminado em uma proposta de avaliação (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Apesar das diferenças nos modos de conduzir as situações de ensino-aprendizagem, as orientações curriculares apresentam uma característica comum: favorecer o desenvolvimento de conceitos referentes às teorias evolutivas de Lamarck e Darwin sem pretensões de categorizar o primeiro como “errado” e o segundo como “correto”. Nestes termos, este momento visa à apresentação de tais teorias de modo que os estudantes compreendam o caráter processual da construção do conceito científico aceito atualmente.

Sobre este aspecto, as orientações do caderno do professor do ano de 2009 nos dizem que:

Cabe ressaltar que a forma como este tema aparece em muitos livros didáticos induz os alunos a confrontar a teoria de Darwin e Wallace com a de Lamarck, perpetuando a ideia de que Darwin e Wallace estavam certos e Lamarck errado. Seria importante que eles compreendessem que, historicamente, esse confronto não existiu. Lamarck precede Darwin e Wallace em quase um século. Então, por que propor uma atividade de comparação entre as duas teorias como será feito a seguir? Primeiro, para ressaltar a forma como os modelos científicos são historicamente construídos. Lamarck, a seu tempo, propôs algo muito importante pois sistematizou e apresentou a ideia de que as diferentes formas de vida se transformam ao longo do tempo e propôs um mecanismo para explicar como isto ocorre. Darwin e Wallace, décadas depois, partiram da mesma ideia de que as espécies se transformam, porém estabeleceram outro mecanismo explicativo (SÃO PAULO, 2009B, p. 24).

Assim, as orientações curriculares coadunam com o exposto por Futuyma (2002) e Ridley (2006) que afirma que Lamarck é injusta e infelizmente lembrado como alguém que errou. Todavia, como afirmam os autores, o naturalista francês fora rejeitado em sua época não porque defendia, dentre outras, a teoria dos caracteres adquiridos (teoria esta que o próprio Darwin incorporou em sua obra), mas devido aos embates existentes entre a comunidade científica de seu tempo e também pelo fato de os cientistas deste período não reconhecerem evidências do processo evolutivo.

Desta forma, compreendemos que a inserção do caráter histórico proposto neste momento contribuirá substancialmente para a compreensão de uma ciência que se transforma ao longo do tempo. Prestes e Caldeira (2009) afirmam que a introdução da história das ciências contribui para a desmistificação das teorias científicas, sem destituir o valor que as mesmas possuem. Ao abordar o caráter histórico de teorias e/ou conceitos científicos, é favorecida a compreensão de uma ciência que se altera ao longo das sociedades e do tempo, configurando-se como uma produção humana, cujas elaborações são provisórias.

Neste contexto, julgamos que as atividades preconizadas para o ano de 2009 são mais adequadas em relação às do ano seguinte. Nossa estimativa reside no fato de que as situações de ensino-aprendizagem sugeridas para o ano de 2010 valorizam sobremaneira a viagem de Darwin a bordo do *Beagle* e o clássico exemplo dos bicos dos tentilhões de Galápagos em detrimento da construção história da teoria darwiniana. Por sua vez, as orientações

preconizadas para o ano de 2009 atribuem importância ao contexto sócio-histórico vivido pelos naturalistas para a compreensão de suas teorias, como podemos verificar no quadro a seguir:

<b>ROTEIRO DE PESQUISA</b>	<b>LAMARCK</b>	<b>DARWIN E WALLACE</b>
1. Quem foi e em que época viveu?		
2. Quais as principais influências que sofreu?		
3. Quais os princípios propostos para explicar a evolução e quais as evidências que sustentam os princípios?		
4. Principais equívocos e/ou falhas.		

Quadro 4. Roteiro de pesquisa (SÃO PAULO, 2009B, p. 25; 2009D, p. 16).

Apesar de os conteúdos de adaptação, ancestralidade comum e seleção natural surgirem desde o início desta “Situação de Aprendizagem”, estes são conceituados somente no último momento da mesma. Para tanto, o currículo paulista sugere duas atividades – a simulação intitulada “*Evolução dos palitos*” e o jogo “*Sucesso reprodutivo*” – para o desenvolvimento dos conteúdos mencionados, além dos relativos à especiação, à extinção, à analogia e homologia e à frequência gênica (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Dentre as atividades citadas destacaremos neste trabalho a simulação “*Evolução dos palitos*”, pois, a nosso ver, esta apresenta problemas que poderão dificultar e/ou impedir a ocorrência das aprendizagens previstas pelo currículo, especialmente quando consideramos as orientações presentes na literatura em ensino de evolução.

Segundo tal atividade, por meio da elaboração de um desenho coletivo, serão favorecidos o desenvolvimento de conteúdos relativos à evolução biológica, bem como o estabelecimento de relações entre estes. As orientações para a condução de tal atividade consistem em: (1) cada aluno acrescentará um traço ao desenho, sendo este sempre uma linha reta; (2) com exceção do primeiro aluno (primeiro traço) os acréscimos feitos ao desenho serão sempre realizados em uma cópia, isto é, ao receber o desenho de um colega, o estudante

fará uma cópia do mesmo e incluirá sua contribuição, guardando o desenho até o final da atividade. Cada desenho elaborado representa uma nova geração de indivíduos, que possuem novas características e que foram selecionados “*positivamente*”. Neste processo, serão criados vários seres vivos construídos por palitos, cuja ordem cronológica de elaboração corresponde à posição do organismo na árvore filogenética (SÃO PAULO, 2009B).

Nas palavras do documento oficial:

Os primeiros traços esboçados são os organismos primordiais. Cada desenho passado para o colega representa uma geração de indivíduos, e o colega que recebe o desenho representa a seleção natural, que elimina o desenho do colega anterior; ao mesmo tempo, esse aluno também representa a mutação, já que introduz no descendente uma característica nova.

Esse descendente é selecionado positivamente. Nos últimos desenhos (topo da escala evolutiva) estão os organismos melhor adaptados. Seriam, por exemplo, os organismos com os quais convivemos hoje (SÃO PAULO, 2009B, p. 27, grifo nosso).

Dentre os vários resultados possíveis com esta atividade, o caderno do professor (SÃO PAULO, 2009B), apresenta o seguinte exemplo:

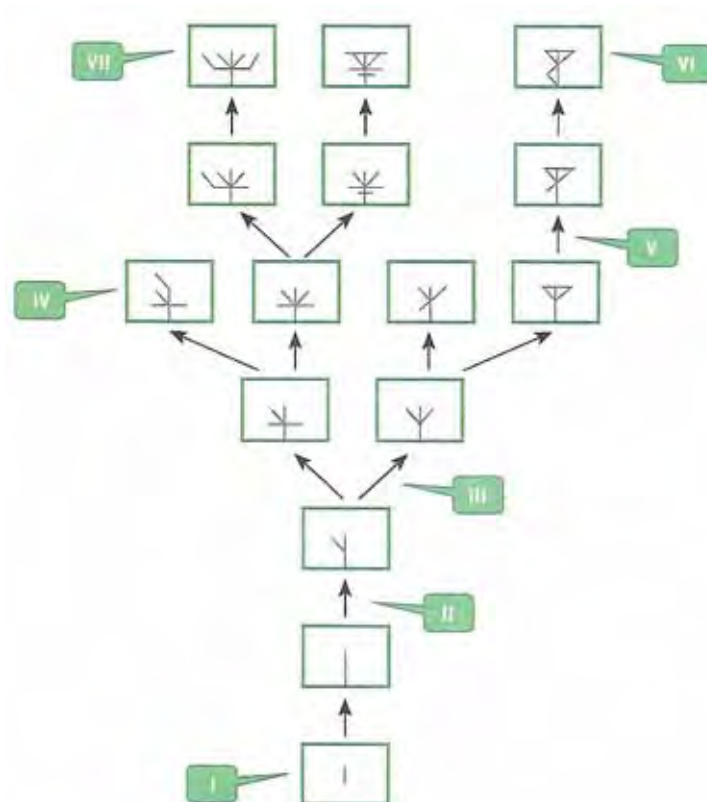


Figura 1. Esquema de um possível resultado da evolução dos palitos (SÃO PAULO, 2009B, p. 27).



Considerando as indicações curriculares e a exemplificação que a mesma traz para a referida atividade à luz da literatura sobre ensino de evolução, verificamos que tal sugestão possibilita a construção e/ou manutenção de concepções errôneas e/ou distorcidas sobre o processo evolutivo. Tal fato se deve à visão transformista e progressista que são veiculadas por tal atividade, principalmente pela exemplificação trazida pela imagem.

A este respeito, a literatura pertinente indica que os alunos comumente apresentam concepções acerca do processo evolutivo que se distanciam dos conceitos científicos. Desta forma, vários autores ressaltam que os estudantes compreendem a evolução como um processo linear de transformações, no qual há o acréscimo de melhorias que levam os seres vivos ao aumento de complexidade e à melhoria (CHAVES, 1993; CICILLINI, 1997; MEGGHLIORATTI, 2004; GUIMARÃES, 2005; MELLO, 2008). Considerando o enunciado acima e analisando a Figura 1, verificamos que a mesma pode reforçar a apreensão de conceitos errôneos por parte dos alunos, dado que, durante a atividade, há a transformação linear de um “organismo palito” em outro por meio do acréscimo de características (traços) que são sempre selecionados positivamente, culminando no aumento de complexidade dos seres hipotéticos trabalhados.

Acreditamos que o professor deverá, durante toda a atividade, realizar correções conceituais e atentar para todas as manifestações – orais e/ou gráficas – dos estudantes sobre este exercício de simulação. Assim sendo, o docente deverá chamar a atenção dos alunos para os possíveis erros que a atividade conduz e, se necessário, propor novas maneiras para a realização da mesma. Para tanto, o professor deverá possuir um amplo domínio conceitual sobre o assunto abordado, com vistas a reconduzir a atividade proposta para minimizar as condições que poderão acarretar em apropriações errôneas por parte dos estudantes.

Todavia, esbarramos em outro problema que a literatura em ensino de evolução nos apresenta: o não domínio de conceitos relativos à evolução por parte dos docentes. Segundo Carneiro (2004), Licatti (2005); Azevedo (2007), Souza (2008) e Oleques (2010), devido a deficiências na formação inicial e/ou continuada, os professores trazem consigo concepções sobre a evolução biológica que se aproximam e/ou se sobrepõem às ideias alternativas apresentadas pelos estudantes. Nesta perspectiva, os docentes talvez não atentem para os erros que a atividade “*Evolução dos palitos*” pode conduzir, redundando em construções distorcidas sobre a evolução por parte dos estudantes.

Em relação às modalidades didáticas sugeridas na “Situação de Aprendizagem: Evolução: Os Seres Vivos em Transformação”, ressaltamos o uso de pesquisas em sala de aula. Justificamos nossa escolha pelo fato de, nesta sequência de ensino, a pesquisa exigir um esforço maior do grupo classe (professor e alunos) para alcançar êxito na construção da história da elaboração das teorias evolutivas de Lamarck e Darwin (e Wallace). Outro fato que nos leva a explorar esta estratégia didática diz respeito às orientações para seu uso nas próximas “Situação de Aprendizagem”, uma vez que estas prevêm não somente o mero levantamento de referências, mas também a elaboração e o teste de hipóteses.

Desenvolver os processos de ensino-aprendizagem utilizando-se da pesquisa em sala de aula significa conduzir as situações educacionais com o intuito de favorecer a autonomia e a criticidade dos alunos, tornando-os capazes de intervir na realidade com qualidade formal e política (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

O ensino por pesquisa pressupõe o envolvimento dos sujeitos – alunos e professores – em um processo de questionamento dos conhecimentos transmitidos e/ou veiculados, ou até mesmo a indagação sobre a ausência destes em uma dada área, propiciando assim a busca e construção de argumentos. Neste processo, é favorecida a compreensão de ciência enquanto

produção humana, em que estudantes e docentes passam de receptáculos a construtores da ciência (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

A pesquisa em sala de aula tem início com o questionamento, propiciando que o desenvolvimento de conceitos surja como resposta a uma pergunta. Desta forma, a apropriação de conceitos se dá por meio da busca de soluções para um dado problema, o que requer o envolvimento e uma postura pró-ativa dos alunos. Todavia, o questionamento por si só é insuficiente, dado que o desenvolvimento de um novo saber passa por um conjunto de ações e reflexões que irão constituir novos conhecimentos gradativamente, fundamentando-os. Assim, a pesquisa em sala de aula requer o envolvimento ativo e reflexivo de alunos e professores que, nesta perspectiva, tornam-se parceiros na busca e na construção do conhecimento (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

A partir do questionamento, é preciso colocar em movimento um conjunto de ações para o desenvolvimento de argumentos que acontecem em quatro etapas principais. Em um primeiro momento, partindo da problematização e do conhecimento disponível, é necessário elaborar uma nova hipótese<sup>11</sup> para o problema em questão. Posteriormente, é preciso desenvolver argumentos que sustentem esta nova hipótese, confirmando-a ou refutando-a. Fundamentar a hipótese requer atividades de leitura, discussão com os pares, elaboração de argumentos, análise e interpretação de dados (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

Após a construção dos argumentos, estes precisam ser organizados, caminhando assim para o terceiro momento do desenvolvimento de saberes. A organização dos argumentos implica a sua explicitação, podendo esta ser desenvolvida pela atividade escrita, auxiliando na apropriação do novo saber a ser desenvolvido. O quarto momento deve ocorrer de maneira integrada ao anterior, pois consiste na permanente análise crítica da organização e da

---

<sup>11</sup> Ao falarmos de hipótese, não nos referimos tão somente à prática experimental, mas a todo o trabalho de construção de conhecimento que propõem o tratamento de situações-problema e o questionamento de saberes.

produção escrita, podendo ocorrer por meio da discussão entre os pares (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

Desta maneira, é evidente que o processo de desenvolvimento de argumentos é o momento de produção propriamente dito, no qual os alunos, auxiliados pelo professor – que assume o papel de mediador entre alunos e objeto de conhecimento – pesquisam em livros, em endereços eletrônicos da *internet*, entrevistam pessoas, realizam experimentos, observações, etc. Nesta perspectiva ocorrerá a superação da aula expositiva, uma vez que o aluno, buscando informações para desenvolver o conhecimento, tornar-se-á sujeito ativo de sua aprendizagem (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

No entanto, construir um argumento implica a sua comunicação para que este seja efetivado ao discurso. Comunicar os achados da pesquisa possibilita a partilha dos saberes desenvolvidos, tornando-os passíveis de críticas e reconstrução coletiva. Desta maneira, a construção de argumentos e a comunicação dos mesmos mantêm estreita relação, pois se inicia dentro do grupo em que a pesquisa foi realizada e termina com a divulgação do trabalho para o grande grupo classe, em um movimento em direção à coletividade. Este movimento para fora do grupo possibilita a percepção de lacunas, ocorrendo a reconstrução de conceitos (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

Frente ao exposto sobre a utilização da pesquisa enquanto modalidade didática e considerando o objeto a ser pesquisado nesta situação de aprendizagem – as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin, bem como seu contexto de produção –, consideramos que a estratégia de ensino sugerida pelos documentos oficiais se mostra adequada, pois: (1) possibilita a compreensão da ciência enquanto construção humana; (2) favorece que o aluno se coloque como sujeito ativo durante os processos de ensino-aprendizagem.

Todavia, é importante salientar que os materiais curriculares destinados ao ano de 2009 apresentam maior adequação no que se refere à abordagem da história da construção e

da consolidação da teoria evolutiva. Nestes documentos, além de identificar os principais conceitos inerentes às teorias postuladas por Lamarck e Darwin sobre a evolução das espécies, alunos e professores também deverão identificar as características sócio-históricas da elaboração de tais teorias e como estas influenciaram seus autores (Cf. Quadro 4 deste trabalho).

Por sua vez, os materiais curriculares adotados no ano seguinte preconizam que a atividade de pesquisa busque somente a identificação dos conceitos lamarckianos e sua comparação com a teoria evolutiva darwiniana (ANEXO G). Assim, observamos um esvaziamento da dimensão histórico-social na abordagem das teorias evolutivas propostas por Lamarck e Darwin. Esta omissão possibilita o desenvolvimento e/ou a manutenção de visões aproblemática e aistórica das ciências que, segundo Fernández *et al* (2002), impossibilitam a compreensão da ciência enquanto produção humana mutável ao longo do tempo, dado que são desconsiderados os problemas e/ou situações que originaram sua elaboração, sua aceitação pelas várias esferas sociais, dentre outros.

A “Situação de Aprendizagem” seguinte, “*Grandes Linhas de Evolução dos Seres Vivos*”, busca retomar e integrar conceitos trabalhados anteriormente (adaptação, filogenia e seleção natural) à questão do tempo geológico. Para tanto, o currículo prevê um total de quatro aulas que compreendem: três etapas de ensino, uma pesquisa individual e uma proposta de avaliação. Os documentos oficiais sugerem a discussão, o estudo dirigido de textos e imagens e a pesquisa em sala de aula como estratégias didáticas para o desenvolvimento dos conteúdos preconizados pelo currículo (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Os momentos que abarcam esta situação de aprendizagem correspondem às etapas de ensino sugeridas pelo caderno do professor, a saber: (1) a história da Terra; (2) a história da vida na Terra; e, (3) relações filogenéticas entre os seres vivos (SÃO PAULO, 2009B). Vale

ressaltar que, para esta sequência de ensino, os materiais destinados aos docentes apresentam poucas indicações didático-pedagógicas acerca dos temas abordados em relação às demais “Situação de Aprendizagem”. Acreditamos que isto é decorrente desta situação de ensino-aprendizagem destinar-se, principalmente, à integração de conteúdos desenvolvidos anteriormente e, desta forma, o professor, em caso de dúvida, poderá recorrer às indicações curriculares fornecidas anteriormente.

O primeiro momento desta situação de aprendizagem busca resgatar as mudanças geológicas sofridas em nosso planeta ao longo das eras – do Pré-Cambriano (600 milhões de anos atrás) ao presente. Os principais elementos abordados referem-se às condições climatológicas da Terra, ressaltando os períodos de glaciações, e às mudanças ocorridas no nível do mar. Nesta última, os documentos oficiais sugerem o início da integração da história geológica do nosso planeta com a história da vida na Terra, dado que são apresentados os períodos de extinções em massa e sugerido que docente e educandos reflitam e busquem informações sobre as relações existentes entre quedas do nível do mar e os períodos de extinções (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

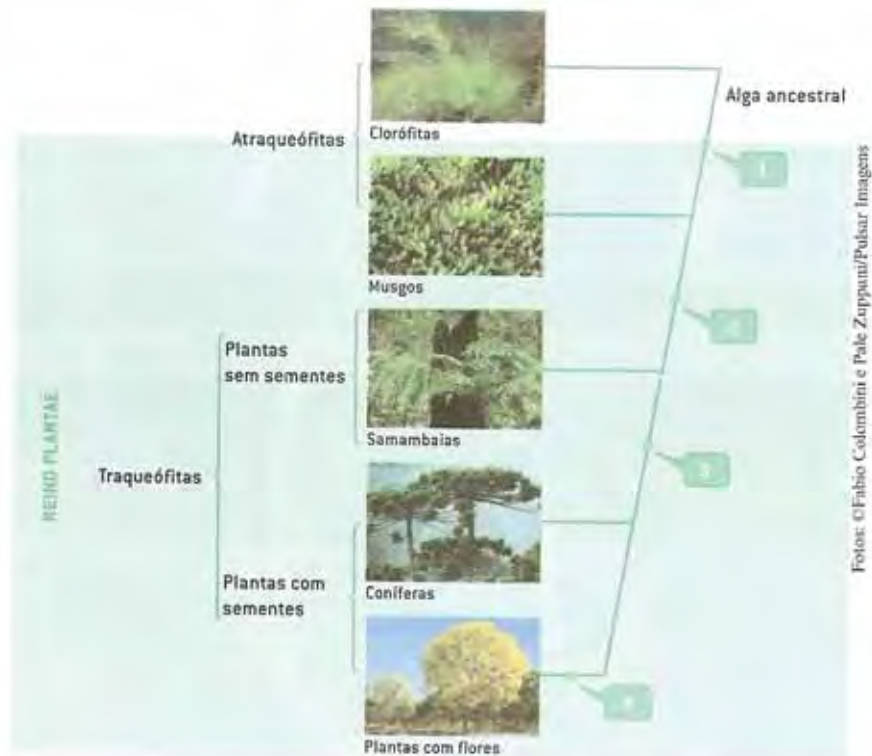
Na etapa seguinte, a história evolutiva da vida é integrada aos períodos geológicos da Terra, na qual há a integração dos principais eventos físicos e biológicos ocorridos em nosso planeta desde a origem da vida. Para tanto, o caderno do professor sugere que a integração se dê por meio do estudo dirigido de imagem (ANEXO H) e texto (ANEXO I), no qual, respectivamente, são abordadas a escala do tempo geológico e as novidades evolutivas surgidas no decorrer das eras e/ou períodos (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Esta abordagem vai ao encontro das orientações de Cicillini (1991) e Licatti(2005) que apontam para a importância de aliar o estudo do tempo geológico à história evolutiva dos seres vivos. Segundo os autores, o estudo da evolução biológica requer uma abordagem histórica das linhas evolutivas dos seres vivos, a qual busca explicar a diversidade de

organismos, as semelhanças e diferenças entre os mesmos, as adaptações das populações ao meio ambiente que estão inseridas e as interações intra e interespecíficas.

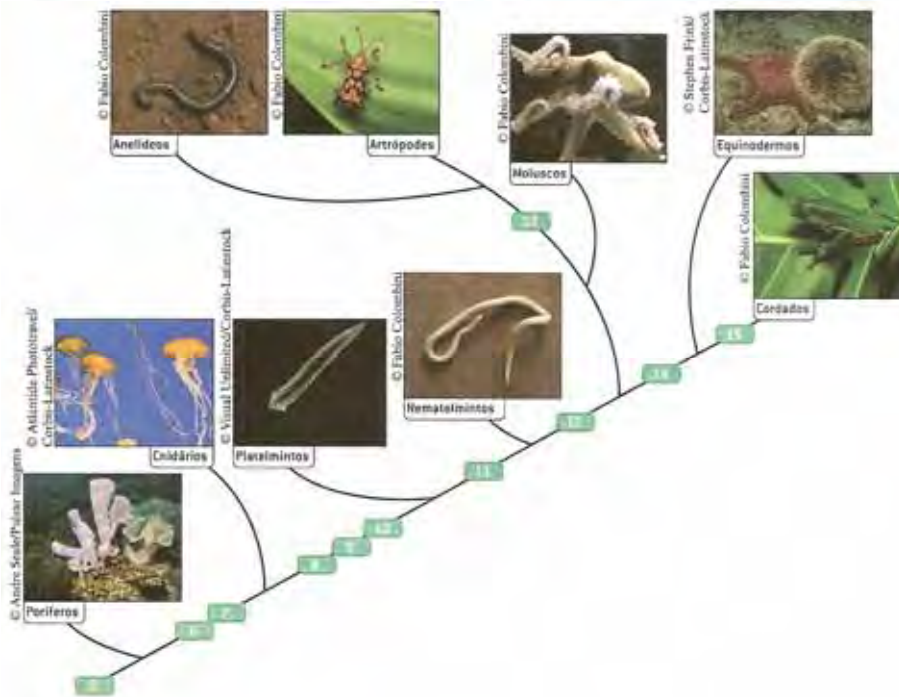
Para tanto, a abordagem histórica da vida pressupõe o trabalho com a dimensão temporal – o tempo geológico – que, além da compreensão acerca dos principais eventos biológicos ocorridos no passado, favorece a apropriação do aspecto gradual dos processos evolutivos. Neste contexto, ao trabalhar a evolução aliada aos períodos geológicos são oportunizadas situações para o desenvolvimento de conceitos relacionados à ancestralidade comum dos seres vivos, às radiações adaptativas, à biogeografia (distribuição geográfica das espécies) e aos processos de especiação (CICILLINI, 1991; LICATTI, 2005).

A última etapa desta “Situação de Aprendizagem” prevê a integração dos conceitos até então abordados e o resgate histórico das linhas evolutivas dos seres vivos. Para tanto, em um primeiro momento o currículo sugere que sejam trabalhadas, separadamente, as relações filogenéticas estabelecidas entre os principais grupos de plantas e entre alguns representantes do reino animal. Nestas atividades, os documentos oficiais sugerem a construção do conceito de filogenia, enfatizando as aproximações e os distanciamentos entre os grupos de organismos a partir de características que os mesmos compartilham (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D), como podemos verificar na figura abaixo:



Fotos: © Fabio Columbini e Pale Zappuni/Pulsar Imagens

A



B

**Plantas** – Embriões protegidos; plantas com sementes; traqueídes (tecido vascular verdadeiro); flores; carpelos e endosperma triploide.

**Animais** – Metameria, multicelularidade; diblástico; triblástico; protostomia; deuterostomia; simetria bilateral; celoma; pseudoceloma; notocorda; tecidos verdadeiros.

C

Figura 2. A. Hipótese de árvore filogenética: das algas às plantas. B. Hipótese de árvore filogenética: dos poríferos aos cordados. C. Novidades evolutivas a serem relacionadas aos números destacados na filogenia das plantas e dos animais. (SÃO PAULO, 2009B, p. 40-41).



A Figura 2 acima apresenta duas hipóteses de relações filogenéticas nas quais os estudantes deverão identificar os caracteres compartilhados entre os grupos de organismos listados pelos materiais curriculares. Nestas atividades, os alunos são levados a desenvolver e a integrar os conceitos referentes à ancestralidade comum, aos caracteres primitivos ou simplesiomórficos (características ancestrais compartilhadas por um dado grupo de seres vivos) e aos caracteres derivados ou sinapomórficos (características que surgiram recentemente na história evolutiva de determinado grupo de organismos e são compartilhadas pelos seus membros).

Nestes termos, tal atividade vai ao encontro das orientações realizadas pela literatura em ensino de evolução no que diz respeito à utilização de filogenias nos processos de ensino-aprendizagem em Biologia. Segundo Guimarães (2005), a abordagem filogenética favorece o desenvolvimento de conceitos relativos à evolução, pois a leitura, a interpretação e a construção de árvores filogenéticas pressupõem a mobilização e a integração de conteúdos como, por exemplo, ancestralidade comum, analogia e homologia, especiação, adaptação, seleção natural, etc.

O autor ressalta ainda que a abordagem filogenética favorece o desenvolvimento de uma visão dinâmica dos processos biológicos. Assim, ao relacionar os organismos por meio de cladogramas, os estudantes poderão compreender a vida como um processo dinâmico, transcendendo a estagnação da classificação biológica, em um movimento de integração e de unificação do acervo de conhecimentos desta ciência (GUIMARÃES, 2005).

Entretanto, apesar das potencialidades contidas nesta atividade, é preciso atentar para a maneira pela qual esta é apresentada a alunos e professores. Ao observarmos a Figura 2C, verificamos que os caracteres compartilhados pelos organismos são fornecidos aos estudantes que deverão relacioná-los às árvores filogenéticas propostas pelos materiais curriculares, aproximando-se de atividades como as de associação entre colunas, por exemplo.

Neste tipo de atividade, os alunos poderão efetuar associações que sugerem ou revelam modos de compreensão distintos das competências preconizadas, mas que os permitam utilizar todas as informações apresentadas pelo exercício proposto (no caso, os caracteres compartilhados entre os organismos). Campos e Nigro (1999) classificam este tipo de atividade/resposta como “não sobra nada, não falta nada”, pois, de acordo com os autores, os estudantes poderão utilizar as opções oferecidas pelo enunciado e organizá-las do modo que julgar mais adequado, na tentativa de que suas repostas sejam consideradas “*corretas não tanto por sentir que apresentam a melhor solução para o problema, mas sim por ter conseguido lidar com todas as informações do enunciado e jogá-las na resposta*” (CAMPOS e NIGRO, 1999, p. 67).

Assim sendo, acreditamos que a maneira mais adequada para a condução desta atividade – de modo a observar as indicações feitas pela literatura e a promover o desenvolvimento previsto de conceitos relacionados a tal atividade – seria oportunizar situações para que os próprios estudantes elegeassem os caracteres com os quais trabalhariam nas hipóteses filogenéticas presentes na Figura 2 acima. Nestes termos, os alunos seriam levados a reelaborar e questionar os conceitos que já dispõem com vistas a resolver a atividade proposta.

Em relação à reconstrução da história filogenética dos cordados, os documentos oficiais sugerem a utilização da pesquisa em sala de aula, na qual professor e alunos deverão buscar informações referentes à: (1) o surgimento do filo dos cordados (ou de uma de suas classes) em nosso planeta, (2) as características adaptativas dos mesmos, (3) as relações de parentesco entre os diferentes grupos deste filo de organismos, dentre outras (SÃO PAULO, 2009D, 2010D). Assim, encontramos novamente orientações curriculares que se coadunam com indicações presentes na literatura em ensino de evolução, visto que esta etapa prevê uma abordagem histórica da linha evolutiva dos vertebrados.

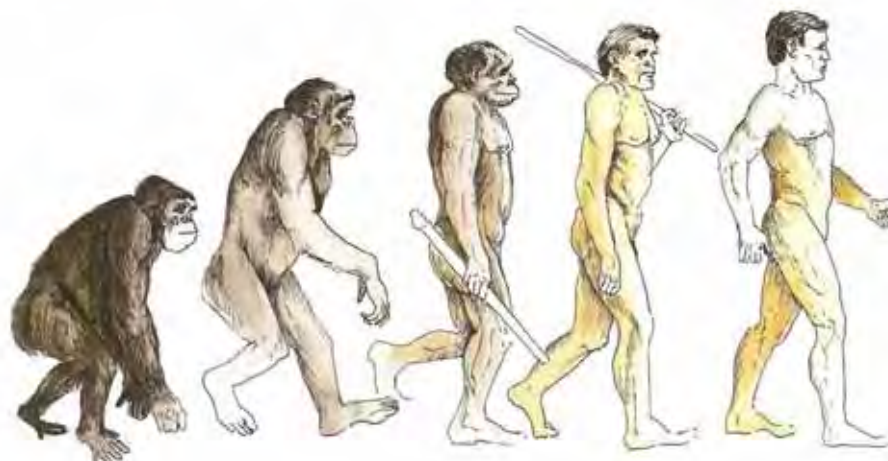
Esta atividade, além de apresentar consistências com as orientações realizadas por Cicillini (1991) e Guimarães (2005) no que diz respeito à abordagem filogenética associada ao fator tempo, também permite suprir as deficiências apontadas para a atividade anteriormente apresentada pelo currículo. Como destacamos em parágrafos acima, a pesquisa em sala de aula deve transcender o mero levantamento de referências bibliográficas e se constituir em um momento para levantar hipóteses e questões acerca do conhecimento disponível (ou mesmo inexistente) (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004).

Nestes termos, a atividade de pesquisa proposta levará os alunos a buscarem por informações referentes a história evolutiva do grupo dos cordados e, neste movimento de busca, os estudantes deverão eleger características deste grupo que os permitam elaborar uma hipótese filogenética para o mesmo. Assim sendo, efetuarão a articulação e a síntese de conhecimentos biológicos que, segundo Guimarães (2005), favorece a compreensão da Biologia enquanto ciência dinâmica e única.

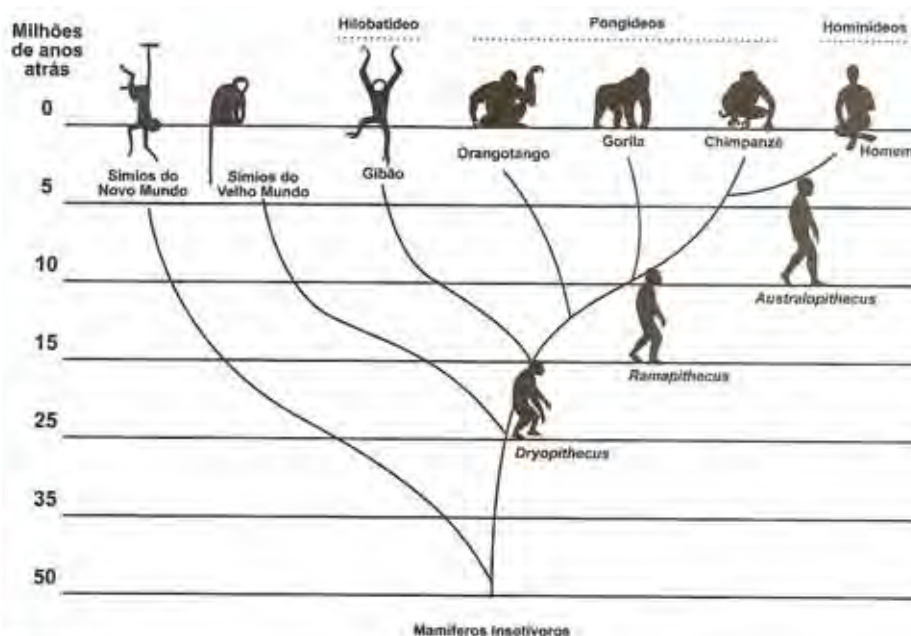
As “Situações de Aprendizagem” apresentadas até o momento dizem respeito às orientações curriculares para o desenvolvimento das aulas de Biologia do terceiro bimestre para a terceira série do ensino médio. Nestas, verificamos que a evolução biológica é abordada de modo geral, buscando-se a conceituação de teorias e de mecanismos subjacentes ao processo evolutivo. Todavia, notamos que a abrangência dos conteúdos acerca da evolução biológica não contempla todos os grupos de seres vivos. Tal fato é evidenciado, principalmente, na última sequência de ensino apresentada, dado que são tratados segundo o enfoque evolutivo somente o grupo das plantas e dos animais. Sobre este último aspecto, observamos que há a separação entre a evolução humana e a de outros animais, uma vez que os cadernos do professor e do aluno da disciplina de Biologia destinados ao quarto bimestre do terceiro ano do ensino médio – que serão apresentados posteriormente – tratam exclusivamente dos processos evolutivos de nossa espécie.

Assim sendo, a primeira “Situação de Aprendizagem” prevista para o quarto bimestre da disciplina de Biologia, “*Como os Seres Humanos Evoluíram?*”, busca iniciar a apresentação da história evolutiva por meio de discussões, estudos dirigidos e pesquisa. Nestas são retomados conceitos trabalhados nos cadernos anteriores (tais como adaptação, filogenia e seleção natural), durante o período de três aulas, sendo estas divididas em duas etapas de ensino e uma proposta de avaliação (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

O primeiro momento desta “Situação de Aprendizagem” pode ser compreendido como uma etapa de levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca do processo evolutivo humano, como também uma oportunidade para o docente avaliar a maneira pela qual seus alunos se apropriaram de conceitos abordados anteriormente. Nesta etapa, o currículo sugere a análise, seguida de discussões, de duas imagens (Figura 3) que retratam a evolução do homem na qual os estudantes deverão eleger àquela que melhor represente este processo e justificar tal escolha (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).



A



B

Figura 3. **A.** Evolução humana a partir de um modelo do século XIX (SÃO PAULO, 2009C, p. 10, 2009E, p. 3, 2010E, p. 3). **B.** Hipótese de árvore filogenética dos antropóides (SÃO PAULO, 2009C, p. 11, 2010C, p. 4, 2010E, p. 4).

Consideramos que esta atividade é adequada para verificar a percepção que os alunos desenvolveram sobre a evolução biológica. Assim, se durante as discussões, os estudantes demonstrarem predileção à Figura 3A – que transmite as ideias de direção, de linearidade, de substituição e de transformação – o docente poderá efetuar correções de percurso com vistas a favorecer a visão de evolução enquanto modificações das espécies ao longo do tempo, sendo este processo desenvolvido ao acaso.

Em continuidade a esta etapa, a situação de ensino seguinte sugere que, por meio de discussões e, sobretudo, de pesquisas em sala de aula, sejam exploradas as relações filogenéticas entre os homens e os demais animais, em um movimento ascendente de diferenciação da espécie humana. Para tanto, o currículo sugere que este processo de diferenciação ocorra em dois momentos: entre primatas e demais mamíferos e, posteriormente, entre o homem e os outros primatas (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Tal atividade é necessária, pois, como nos adverte Oliveira (1992), a visão antropocêntrica é desenvolvida e mantida ao longo de todo o período de escolarização. Segundo a autora, o estudo dos seres vivos, principalmente nas séries iniciais do ensino fundamental, segue o critério de classificação segundo sua importância e/ou utilização pelo homem, sendo esta visão consolidada ao longo de todo o ensino formal. Assim sendo, a atividade sugerida pelo currículo permitirá ao docente reconduzir os processos de ensino-aprendizagem caso seus alunos manifestem visões antropocêntricas a respeito da evolução humana. Neste contexto, esta situação de aprendizagem permitirá a (re)integração do homem à natureza, dado que ao longo da atividade os estudantes serão levados a compreender o homem enquanto uma espécie animal que também está sujeita aos processos evolutivos. Assim, será permitido discutir e questionar visões que tendem a considerar o *Homo sapiens* como ápice (produto perfeito) da evolução.

Em “*A Espécie Humana e seus Ancestrais*”, são abordadas questões relativas às evidências evolutivas de nossa espécie e como a cultura influenciou (e influencia) a evolução de nossa espécie. Esta “Situação de Aprendizagem” é composta por duas etapas de ensino, uma pesquisa individual e uma proposta de avaliação, cuja duração prevista pelos documentos oficiais é de cinco aulas. Assim como em outras sequências de ensino preconizadas pelo currículo, os materiais curriculares sugerem a utilização de discussões, estudos dirigidos e

pesquisas em sala de aula para o desenvolvimento dos conteúdos propostos (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Nesta “Situação de Aprendizagem”, a exemplo da anterior, o currículo sugere a retomada de conceitos já desenvolvidos e sua aplicação para o entendimento de como se dão os processos evolutivos do homem. Assim, em um primeiro momento, o caderno do professor recomenda a reconstrução da filogenia humana, enfatizando a importância do registro fóssil como evidência do processo evolutivo. Para tanto, os documentos oficiais orientam para uso do estudo dirigido de texto de divulgação científica sobre Lucy (ANEXO J), um dos fósseis mais antigos do gênero *Australopithecus*, e o homem de Piltdown (ANEXO K), uma fraude científica, com posterior pesquisa sobre as características dos gêneros *Proconsul*, *Ramapithecus*, *Australopithecus* e *Homo* (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Neste contexto, destacaremos a abordagem do caso do homem de Piltdown nesta “Situação de Aprendizagem”. Resumidamente, o caso do homem de Piltdown se refere a uma fraude científica ocorrida no início do século XX e que se manteve até meados de 1953. O embuste consistiu na “descoberta” de restos fossilizados de um suposto homínido primitivo, que chegou a receber a nomenclatura de *Eoanthropus dawsoni* (o epíteto específico *dawsoni* se refere a Charles Dawson, um dos autores iniciais dos achados de Piltdown). Todavia, tais dados consistiam na combinação de uma calota craniana de um homem moderno com a metade de uma mandíbula de orangotango que apresentava a implantação de molares com desgaste artificial dos mesmos, simulando o padrão de desgaste da dentição humana, além de outros fragmentos ósseos (VIEIRA, 1995).

Entretanto, apesar dos prejuízos causados à ciência, especialmente no que se refere aos estudos em evolução humana, o caso de Piltdown possui um aspecto positivo: proporcionou à comunidade científica um momento para repensar questões relativas ao rigor metodológico e à ética. Nas palavras de Vieira (1995):

Assim, os métodos ilícitos acompanham o processo de desenvolvimento da ciência e representam uma vertente a ter em conta na avaliação da informação científica em cada domínio e em cada período, tendo-se constituído recentemente um campo de investigação e reflexão sobre este tema (Broad & Wade, 1983; Judson, 2004; Greenberg, 2005). Para credibilidade científica plena, torna-se claro que é essencial preservar dois aspectos estreitamente inter-relacionados e que devem ser presentes em todo e qualquer momento da pesquisa: o rigor da metodologia, e a ética (devida à comunidade científica, aos seres vivos, à natureza em geral, e à própria ciência). E ainda assim, no dizer de Le Gros Clark, “a história de Piltdown tem afinal um lado positivo: porque a sua detecção levou ao desenvolvimento de um conjunto de técnicas que serão no futuro de grande valia na determinação da idade de fósseis genuínos e tornarão impossível a quem quer que seja repetir semelhantes falsificações.” (In Trinkaus & Shipman, 1993) (VIEIRA, 1995, p. 12-13).

Nesta perspectiva, esta “Situação de Aprendizagem” possibilita abordar o registro fóssil aliado à natureza da ciência, evidenciando que a produção científica não é desprovida de ideologias, interesses político-econômicos e, no caso de Piltdown, de vaidades. Desta maneira, é favorecida a clarificação de concepções que os alunos (e professores) possuem sobre a ciência e o trabalho científico, permitindo distanciamentos e/ou minimizando visões deformadas que possuem sobre os mesmos (FERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

Para finalizar esta sequência de ensino-aprendizagem, os documentos oficiais apregoam para o novo uso da pesquisa em sala de aula com vistas a traçar paralelos e relações entre a evolução biológica e a evolução cultural de nossa espécie. Assim, os cadernos do professor sugerem que os principais assuntos a serem abordados nesta etapa ressaltem o desenvolvimento da linguagem oral, a caça em grupo, o controle sobre o fogo e a fabricação de ferramentas e como estes colaboraram para a permanência do homem no ambiente até a atualidade (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Como nos diz Futuyma (2002), é possível traçar analogias entre evolução cultural e evolução biológica, visto que a primeira, assim como a segunda, sofre pressões seletivas, dado que algumas inovações culturais são arraigadas na sociedade, enquanto que outras são eliminadas e/ou substituídas. Porém, é preciso lembrar que a evolução cultural diverge da biológica em muitos aspectos e o mais importante destes é que a evolução cultural segue alguns padrões lamarckistas: “o comportamento, a língua e as peculiaridades que um



*indivíduo adquire ao longo de sua vida, são transmitidas para seus descendentes ou para outros indivíduos”* (FUTUYMA, 2002, p. 542).

Ainda segundo o autor:

Uma capacidade rudimentar para a cultura pode ser encontrada em muitas espécies de animais sociais [...] Entre os primatas, as “tradições” culturais podem variar de bando para bando. Os macacos japoneses (*Macaca fuscata*) desenvolveram uma variedade de tradições culturais que são difundidas através do aprendizado, como, por exemplo, separar o trigo da areia, colocando-os para flutuar na água [...]. A evolução das faculdades mentais humanas a partir de tais rudimentos certamente deve ter sido gradual, assim como a evolução do tamanho do cérebro. As ferramentas de pedra mostram um aumento esporádico, mas consistente, na variedade e na sofisticação dos modelos como da manufatura desde que as mais antigas apareceram, há 2,5 milhões de anos. De acordo com as evidências, o fogo possivelmente foi descoberta há 700.000 anos e com certeza foi exaustivamente usado desde há 500.000. Estatuetas religiosas parecem representar símbolos de fertilidade, talvez evidenciando crenças míticas ou religiosas datam de há 27.000; as pinturas perfeitas das cavernas dos Cro-Magnon datam de 28.000 a 10.000 anos atrás; rituais de enterros eram praticados pelo menos há 23.000 ou talvez até há 60.000. A agricultura, que iniciou a transformação humana na face da Terra, data de 11.000 anos atrás. Pelo menos no momento, não há maneiras de saber quais desses avanços culturais estiveram associados com alterações genéticas na capacidade de pensamento, imaginação e conscientização; tudo o que sabemos é que a meio milhão de anos, os cérebros dos hominídeos eram iguais aos nossos e toda a evolução cultural desde então tem sido a revelação de potencialidades intermináveis (FUTUYMA, 2002, p. 543-544).

Neste contexto, encontramos concordâncias entre as indicações da literatura e as sugestões curriculares no que se refere à evolução humana, visto que as atividades preconizadas pelos materiais curriculares buscam salientar a intrincada e complexa relação entre biologia e cultura. É importante destacar que ao chamar a atenção para o fato de o homem sofrer e intervir no processo evolutivo de sua espécie, são abertos caminhos para a abordagem do próximo conteúdo preconizado pelo currículo: a seleção artificial.

A última “Situação de Aprendizagem” sugerida pelos materiais curriculares, “*A Intervenção Humana na evolução, as Transformações no Ambiente e o Futuro da Humanidade*”, prevê a abordagem do conceito de seleção artificial e suas aplicações em nosso cotidiano. Esta sequência de ensino deverá ocorrer em um período de oito aulas compostas por quatro etapas de ensino e uma proposta de avaliação, na qual a discussão, o estudo

dirigido e a pesquisa são sugeridos como modalidades didáticas para a condução dos processos de ensino-aprendizagem (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

O primeiro momento desta sequência de ensino busca trabalhar o conceito de seleção artificial por meio do estudo dirigido e discussões de imagens e texto (ANEXO L, ANEXO M e ANEXO N). Nestes, são apresentados exemplos de organismos – animais e vegetais – que tiveram características morfofisiológicas selecionadas ao longo de seu processo de domesticação de acordo com os interesses humanos. Nesta perspectiva, também são abordadas questões referentes aos impactos da intervenção antrópica no ambiente, com vistas a garantir a sobrevivência e a reprodução de alguns tipos de organismos em detrimento de outros (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Por sua vez, os momentos finais desta situação de aprendizagem destinam-se às questões referentes às interferências que nossa espécie provoca em seu próprio processo evolutivo, isto é, como nós humanos modificamos o ambiente circundante e mobilizamos o conhecimento científico-tecnológico para aumentar nossa expectativa de vida. Nesta perspectiva, o currículo paulista enfatiza os impactos da medicina e da farmacologia na evolução humana, em particular na seleção de bactérias resistentes aos antibióticos e na adaptabilidade de vírus (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E). Em suma, a última situação de aprendizagem preconizada para a terceira série do ensino médio visa a trabalhar como a humanidade, consciente e/ou inconscientemente, interferiu e interfere nos processos evolutivos.

Contudo, verificamos nesta seção que o currículo do Estado de São Paulo apresenta, em seu texto, a evolução como eixo articulador e unificador do corpo de conhecimentos biológicos, porém, o desenvolvimento dos conceitos referentes à teoria evolutiva, enquanto conteúdo explicitado, estão previstos para os dois últimos bimestres da disciplina de Biologia para a terceira série do ensino médio. Tal fato vai de encontro com as orientações presentes na

literatura que apontam que, quando localizada ao final de livros didáticos, a evolução pode não ser abordada no ensino de Biologia, seja pela escassez de tempo, seja pelas polêmicas que permeiam esta temática.

Os conteúdos relativos à evolução biológica elencados pelo currículo paulista permitem, à primeira vista, o desenvolvimento dos descritores de aprendizagem preconizados pelos documentos oficiais. Entretanto, como discutimos ao longo desta seção, em algumas situações didáticas é necessário que o docente promova adequações uma vez que a abordagem de tais conteúdos sugerida pelo currículo pode conduzir a erros conceituais.

As modalidades didáticas sugeridas pelos materiais curriculares possibilitam o desenvolvimento das aprendizagens previstas pelos documentos oficiais, dado que as estratégias de ensino apresentadas – discussão, estudo dirigido e pesquisa em sala de aula – visam a promoção das habilidades de análise, compreensão, interpretação, reconhecimento, síntese, dentre outras. Todavia, sobre este último aspecto, é necessário contrastar os descritores de aprendizagem preconizados pelos documentos oficiais e suas condições de produção expressas pelos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP com vistas a verificar suas possíveis correspondências.

### **3.2. A MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA A AVALIAÇÃO DO SARESP, O CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO E OS DESCRITORES DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Como mencionado no primeiro capítulo deste trabalho, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo foi elaborada de modo a fundamentar o sistema de avaliação estadual, o SARESP. Neste contexto, para o ano de 2009, a construção das Matrizes de Referência para a Avaliação escolar paulista utilizaram como base a referida proposta, além de outros documentos que balizam as avaliações nacionais e internacionais, com vistas a verificar em que medida a nova base curricular proposta contribuía para o desenvolvimento e a melhoria da educação do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009A).

Os documentos oficiais apregoam que no setor educacional é de extrema importância a definição de matrizes de referência dado que, por intermédio destas, é possibilitado inferir se os processos de ensino-aprendizagem estão ocorrendo de modo efetivo. Nesta perspectiva, uma das finalidades atribuídas às Matrizes de Referência do SARESP é a de sinalizar se as crianças e os adolescentes desenvolveram os conteúdos básicos previstos para cada área curricular e para cada série. O estabelecimento de uma matriz de referência também permite que a SEE-SP possa monitorar o sistema educacional paulista e realizar ajustes, quando necessário, para garantir que os alunos tenham acesso a conhecimentos basilares que favorecerão sua leitura de mundo e seu posicionamento enquanto cidadãos críticos (SÃO PAULO, 2009A).

Para tanto, a construção de uma matriz de referência prevê a eleição de descritores de aprendizagem (entendendo-os como habilidades e competências) a serem avaliados em cada etapa educacional, visto que estes orientarão a elaboração dos instrumentos avaliativos. Este aspecto, segundo os documentos oficiais, é fundamental para que o sistema de avaliação

paulista se coloque a serviço da educação, apontando os êxitos e as necessárias correções para conduzir à melhoria do ensino estadual (SÃO PAULO, 2009A).

Os descritores de aprendizagem são obtidos através de uma escala de proficiência que permite inferir o quanto e o que cada estudante paulista (ou escola da rede estadual) é capaz de realizar no contexto do exame do SARESP. Nestes termos, a escala de proficiência apresentada pelos documentos oficiais sintetiza o domínio conceitual e as habilidades desenvolvidas em um dado nível de escolarização.

A figura abaixo nos auxilia a compreender as relações estabelecidas entre os principais elementos da matriz para a avaliação do SARESP:



Figura 4. Relações entre habilidades, conteúdos e competências avaliadas e expressas nos níveis de desempenho da Escala de Proficiência do SARESP nas disciplinas de Matemática, Língua Portuguesa, Ciências da Natureza e Ciências Humanas (SÃO PAULO, 2009A, p. 12).

Nas palavras do documento oficial:

Ela (avaliação do SARESP) se refere à verificação de conteúdos disciplinares, por intermédio da utilização de habilidades, graças às quais se poderá inferir o grau de proficiência das competências cognitivas desenvolvidas pelos alunos em seu processo de escolarização. A avaliação de competências, por intermédio destes dois indicadores (habilidades associadas a conteúdos em uma situação de prova) justifica-se pelo compromisso assumido no currículo [...] Trata-se do propósito de caracterizar a escola, entendida como um lugar e um tempo em que competências fundamentais ao conhecimento humano são aprendidas e valorizadas (SÃO PAULO, 2009A, p. 12).

As habilidades preconizadas pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP correspondem aos descritores de aprendizagem que refletem os conceitos desenvolvidos pelos estudantes em um dado período. A este respeito, as habilidades são expressas, no contexto do SARESP, na resolução das questões propostas durante a avaliação e permitem sua mensuração e caracterização de maneira objetiva (SÃO PAULO, 2009A).

Ainda nesta tônica, as competências citadas pelos documentos oficiais representam modalidades estruturais da inteligência que abarcam diferentes habilidades. Em outras palavras, as competências preconizadas tanto pelas Matrizes de Referência para a Avaliação estadual como pelo currículo paulista representam “*o conjunto de ações e operações mentais que o sujeito utiliza para estabelecer relações com e entre os objetos, fenômenos e pessoas que deseja conhecer*” (SÃO PAULO, 2009A, p. 14).

Assim, as habilidades desenvolvidas pelos estudantes paulistas em um ano letivo são avaliadas através de um conjunto de competências que, por sua vez, permitem inferir a maneira pela qual os sujeitos compreendem os conteúdos e/ou operações das várias áreas curriculares (SÃO PAULO, 2009A). A figura abaixo sintetiza as competências cognitivas avaliadas pelo exame do SARESP e suas interrelações:



Figura 5. Grupos de competências avaliados nas provas do SARESP e as funções (observar, realizar e compreender) valorizadas (SÃO PAULO, 2009A, p. 15).

As competências contidas no Grupo I dizem respeito aos esquemas presentativos piagetianos que, dentre outros, possibilitam uma dupla condição de leitura: por um lado, o registro perceptivo da linguagem empregada no texto; por outro lado, a interpretação do mesmo que permite sua assimilação. As habilidades abarcadas por este grupo de competências correspondem à primeira condição para a resolução de um problema e possibilitam compreender “*o quanto e o como o aluno pôde considerar, antes de decidir por uma melhor resposta, as informações propostas na pergunta*” (SÃO PAULO, 2009A, p. 16).

Nestes termos, as habilidades contidas no Grupo I são:

- Observar para levantar dados, descobrir informações nos objetos, acontecimentos, situações etc. e suas representações.
- Identificar, reconhecer, indicar, apontar, dentre diversos objetos, aquele que corresponde a um conceito ou a uma descrição.
- Identificar uma descrição que corresponde a um conceito ou às características típicas de objetos, da fala, de diferentes tipos de texto.
- Localizar um objeto, descrevendo sua posição ou interpretando a descrição de sua localização, ou localizar uma informação em um texto.
- Descrever objetos, situações, fenômenos, acontecimentos etc. e interpretar as descrições correspondentes.
- Discriminar, estabelecer diferenciações entre objetos, situações e fenômenos com diferentes níveis de semelhança.
- Constatar alguma relação entre aspectos observáveis do objeto, semelhanças e diferenças, constâncias em situações, fenômenos, palavras, tipos de texto etc.

- Representar graficamente (por gestos, palavras, objetos, desenhos, gráficos etc.) os objetos, situações, sequências, fenômenos, acontecimentos etc.
- Representar quantidades por meio de estratégias pessoais, de números e de palavras (SÃO PAULO, 2009A, p. 17).

Por sua vez, as habilidades abarcadas pelo Grupo II de competências caracterizam os procedimentos mobilizados pelos estudantes para a tomada de decisões frente aos problemas propostos, isto é, são habilidades relacionadas ao “o quê” e ao “como” os alunos fazem algo. Segundo os documentos oficiais, avaliar este grupo de competências é necessário uma vez que os procedimentos para a resolução de problemas envolvem o estabelecimento de relações que transformam os conteúdos envolvidos, dando-lhes uma configuração diversa de acordo com a relação estabelecida (SÃO PAULO, 2009A).

As habilidades listadas para o Grupo II são:

- Classificar – organizar (separando) objetos, fatos, fenômenos, acontecimentos e suas representações, de acordo com um critério único, incluindo subclasses em classes de maior extensão.
- Seriar – organizar objetos de acordo com suas diferenças, incluindo as relações de transitividade.
- Ordenar objetos, fatos, acontecimentos, representações, de acordo com um critério.
- Conservar algumas propriedades de objetos, figuras etc. quando o todo se modifica.
- Compor e decompor figuras, objetos, palavras, fenômenos ou acontecimentos em seus fatores, elementos ou fases etc.
- Fazer antecipações sobre o resultado de experiências, sobre a continuidade de acontecimentos e sobre o produto de experiências.
- Calcular por estimativa a grandeza ou a quantidade de objetos, o resultado de operações aritméticas, etc.
- Medir, utilizando procedimentos pessoais ou convencionais.
- Interpretar, explicar o sentido que têm para nós acontecimentos, resultados de experiências, dados, gráficos, tabelas, figuras, desenhos, mapas, textos, descrições, poemas etc. e apreender este sentido para utilizá-lo na solução de problemas (SÃO PAULO, 2009A, p. 18).

Finalmente, as habilidades compreendidas pelo Grupo III se relacionam aos grupos anteriores e assumem a condição de meio, não de fim, para a resolução de problemas. Desta maneira, tais habilidades agem de modo a permitir realizações via procedimentos (Grupo II) ou leituras via representações (Grupo I). As competências deste grupo representam operações



mentais complexas que, em última instância, favorecem o raciocínio hipotético-dedutivo (SÃO PAULO, 2009A). Nestes termos, as habilidades preconizadas para este grupo são:

- Analisar objetos, fatos, acontecimentos, situações, com base em princípios, padrões e valores.
- Aplicar relações já estabelecidas anteriormente ou conhecimentos já construídos a contextos e situações diferentes; aplicar fatos e princípios a novas situações, para tomar decisões, solucionar problemas, fazer prognósticos etc.
- Avaliar, isto é, emitir julgamentos de valor referentes a acontecimentos, decisões, situações, grandezas, objetos, textos etc.
- Criticar, analisar e julgar, com base em padrões e valores, opiniões, textos, situações, resultados de experiências, soluções para situações-problema, diferentes posições assumidas diante de uma situação etc.
- Explicar causas e efeitos de uma determinada sequência de acontecimentos.
- Apresentar conclusões a respeito de ideias, textos, acontecimentos, situações etc.
- Levantar suposições sobre as causas e efeitos de fenômenos, acontecimentos etc.
- Fazer prognósticos com base em dados já obtidos sobre transformações em objetos, situações, acontecimentos, fenômenos etc.
- Fazer generalizações (indutivas) a partir de leis ou de relações descobertas ou estabelecidas em situações diferentes, isto é, estender de alguns para todos os casos semelhantes.
- Fazer generalizações (construtivas) fundamentadas ou referentes às operações do sujeito, com produção de novas formas e de novos conteúdos.
- Justificar acontecimentos, resultados de experiências, opiniões, interpretações, decisões etc (SÃO PAULO, 2009A, p. 19).

Neste cenário foram elaborados os descritores de aprendizagem sobre o tema “Origem e Evolução da Vida” que deverão ser desenvolvidos ao longo do ensino médio na disciplina de Biologia, sendo estes divididos em grupos de competências. Em relação aos conteúdos a serem desenvolvidos neste período, os documentos oficiais enfatizam, por meio das competências a serem alcançadas, os seguintes elementos: (1) a constituição histórica da evolução biológica, com ênfase nas teorias evolutivas propostas por Lamarck e Darwin; (2) as evidências da evolução biológica; (3) a seleção natural, a mutação e a recombinação gênica como principais mecanismos evolutivos; e, (4) a intervenção humana na evolução.

Abaixo, o Quadro 5 apresenta as habilidades referentes ao tema origem e evolução da vida, sendo estas divididas segundo conteúdos e grupos de competências:

OBJETOS DO CONHECIMENTO (CONTEÚDOS)	COMPETÊNCIAS DO SUJEITO		
	GRUPO I Competências para observar	GRUPO II Competências para realizar	GRUPO III Competências para compreender
<b>Tema 1 – Origem e evolução da vida: hipóteses e teorias</b>	<p><b>H01</b> Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais).</p> <p><b>H03</b> Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e Lamarck, com base na leitura de textos históricos.</p> <p><b>H07</b> Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos.</p>	<p><b>H02</b> Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem, etc.).</p>	<p><b>H04</b> Explicar a transformação das espécies ao longo do tempo por meio dos mecanismos de mutação, recombinação gênica e seleção natural.</p> <p><b>H05</b> Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no meio ambiente.</p> <p><b>H06</b> Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos.</p>
<b>Tema 2 – Origem e evolução da vida: evolução biológica e cultural</b>	<p><b>H08</b> Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, agricultura e farmacologia, e a relação com o aumento da expectativa de vida.</p>	<p><b>H09</b> Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos.</p>	<p><b>H10</b> Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação de mecanismos biológicos e culturais.</p> <p><b>H11</b> Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais.</p> <p><b>H12</b> Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana.</p>

Quadro 5. Matrizes de referência para avaliação do SARESP – Biologia para o tema “*Origem e Evolução da Vida*” (SÃO PAULO, 2009A, p. 104).

Todavia, quando a proposta curricular adquiriu a condição de currículo, esta divisão de habilidades em grupos de competências deixou de ser abordada. No Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A) as habilidades são apresentadas ao lado dos conteúdos a que são associadas, sendo esta apresentação realizada por série e por bimestre. Vale ressaltar que, além dos descritores de aprendizagem previstos pelas Matrizes de Referências para a Avaliação do SARESP para o ano de 2009, há acréscimos de descritores nos documentos oficiais referentes ao ano de 2010.

No caso específico da disciplina de Biologia, considerando os conteúdos relativos à temática “Origem e Evolução da Vida”, o currículo preconiza um número maior de habilidades a serem desenvolvidas a partir dos mesmos materiais utilizados pela rede estadual durante o ano de 2009. Como verificamos na seção anterior deste capítulo, somente uma situação de aprendizagem apresentou alterações entre os anos de 2009 e de 2010, sendo esta em nível de abordagem de conceitos e não em diferenciação ou substituição dos mesmos. Nestes termos, em um primeiro momento, somos levados a crer que os processos de ensino-aprendizagem deveriam ser reconduzidos e/ou ressignificados de modo a possibilitar o desenvolvimento de um número maior de habilidades por meio de materiais que foram preconizados a partir de um número menor destas.

O quadro abaixo traz as habilidades preconizadas para o ano de 2010 pelo Currículo do Estado de São Paulo para o tema “Origem e Evolução da Vida”:

		3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO	
		CONTEÚDOS	HABILIDADES
3º bimestre	<b>Origem e evolução da vida – Hipóteses e teorias</b>		
	A origem da vida		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos.</li> <li>• Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica.</li> <li>• Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos.</li> <li>• Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies.</li> <li>• Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</li> <li>• Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais).</li> <li>• Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.).</li> </ul>
	Ideias evolucionistas e evolução biológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipóteses sobre a origem da vida.</li> <li>• Vida primitiva.</li> <li>• As ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck.</li> <li>• Mecanismos da evolução das espécies – mutação, recombinação gênica e seleção natural.</li> <li>• Fatores que interferem na constituição genética das populações – migração, seleção e deriva genética.</li> <li>• Grandes linhas da evolução dos seres vivos – árvores filogenéticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos.</li> <li>• Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente.</li> <li>• Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos.</li> <li>• Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos.</li> <li>• Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros.</li> <li>• Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos.</li> </ul>

4º bimestre	<p><b>Origem e evolução da vida – Evolução biológica e cultural</b></p> <p>A origem do ser humano e a evolução cultural</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A árvore filogenética dos homínídeos.</li> <li>• Evolução do ser humano – desenvolvimento da inteligência, da linguagem e da capacidade de aprendizagem.</li> <li>• A transformação do ambiente pelo ser humano e a adaptação de espécies animais e vegetais a seus interesses.</li> <li>• O futuro da espécie humana.</li> </ul> <p>Intervenção humana na evolução</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Processos de seleção animal e vegetal.</li> <li>• Impactos da medicina, agricultura e farmacologia no aumento da expectativa de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ler e interpretar imagens relativas à evolução dos homínídeos.</li> <li>• Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana.</li> <li>• Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas.</li> <li>• Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos.</li> <li>• Analisar criticamente a relação homem–meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive.</li> <li>• Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida.</li> <li>• Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais.</li> <li>• Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais.</li> <li>• Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana.</li> </ul>
-------------	--	--

Quadro 6. Conteúdos disciplinares relativos ao temas “Origem e Evolução da Vida” e habilidades a estes associadas (SAO PAULO, 2010A, p. 92-95).

Cabe ressaltar que, ao compararmos as habilidades preconizadas para o ensino-aprendizagem de evolução biológica apresentadas pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A), verificamos que há a ocorrência de sobreposições de descritores de aprendizagem entre tais documentos oficiais. Desta maneira, encontramos semelhanças na redação entre as versões propostas para os anos de 2009 e 2010, ou ainda desmembramentos de habilidades preconizadas pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP no currículo.

Além das situações supracitadas, também verificamos a ocorrência de sobreposições e/ou redundâncias de habilidades na própria lista de habilidades apresentada pelo currículo paulista. Como exemplo, podemos citar as habilidades “*Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica*” e “*Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais)*” que dizem respeito ao mesmo objeto de conhecimento, sendo a única diferença substancial encontrada em ambas as habilidades o uso do termo “caracterizar”.

O Quadro 7 abaixo traz uma comparação entre os descritores de aprendizagem para o ensino-aprendizagem do tema origem e evolução da vida apresentados pelos referidos documentos:

DESCRITORES DE APRENDIZAGEM		
MATRIZES DE REFERÊNCIA PARA A AVALIAÇÃO DO SARESP – 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO – BIOLOGIA (SÃO PAULO, 2009A)	CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO: CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS – 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO – BIOLOGIA (SÃO PAULO, 2010A)	
<b>Origem e evolução da vida: Hipóteses e Teorias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir de textos históricos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos;</li> <li>• Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer as relações entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar a transformação das espécies ao longo do tempo por meio dos mecanismos de mutação, recombinação gênica e seleção natural;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;</li> <li>• Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar a história da vida na Terra com base em escala de temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem, etc.);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e Lamarck, com base na leitura de textos históricos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</li> <li>• Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</li> <li>• Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos;</li> <li>• Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</li> </ul>

Origem e evolução da vida: Evolução biológica e cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</li> <li>• Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas;</li> <li>• Ler e interpretar imagens relativas à evolução dos homínídeos;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana;</li> <li>• Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, agricultura e farmacologia, e a relação com o aumento da expectativa de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida;</li> <li>• Analisar criticamente a relação homem–meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive.</li> </ul>

Quadro 7. Descritores de aprendizagem para o tema “Origem e Evolução da Vida” segundo as Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e o Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A).



Diante do exposto, elaboramos uma síntese das habilidades e competências apresentadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Justificamos nosso procedimento devido às sobreposições já mencionadas e também pela facilidade oferecida em se trabalhar com um único quadro de habilidades e competências durante o período de análise e discussão dos dados recolhidos por este trabalho.

Para a elaboração da referida síntese, realizamos a leitura e a análise das competências preconizadas pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e as expostas pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A) referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida”. Neste processo, buscamos identificar as competências e habilidades que possuíam redações semelhantes, preservando aquelas com maior clareza de enunciado. Realizamos agregações de descritores de aprendizagem quando possível, visto que alguns destes se referiam a um mesmo conteúdo, estabelecendo assim relações de complementaridade.

Os descritores de aprendizagem obtidos a partir desta proposta de síntese foram organizados segundo as temáticas apresentadas em ambos os documentos oficiais, a saber: (1) *Origem e Evolução da vida – Hipóteses e Teorias* e (2) *Origem e Evolução da Vida – Evolução Biológica e Cultural*. Semelhante à organização presente no currículo paulista, nossa síntese de descritores de aprendizagem não se apresenta dividida em grupos de competências e habilidades como nas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (ainda que tais agrupamentos sejam possíveis).

Justificamos nossa escolha pelo fato de não compartilharmos o referencial teórico piagetiano que subjaz as Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP e também porque partilhamos das mesmas concepções de competências expressas por Zabala e Arnau (2010) em seu trabalho, que pressupõem a ocorrência da integração de fatos, conceitos, procedimentos e atitudes para a resolução de situações e/ou problemas. Segundo os autores:

A competência identificará aquilo que qualquer pessoa necessita para responder aos problemas aos quais se deparará ao longo da vida. Portanto, competência constituirá na intervenção eficaz nos diferentes âmbitos da vida mediante ações nas quais se mobilizam, ao mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, componentes atitudinais, procedimentais e conceituais (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 37)

Abaixo, o Quadro 08 apresenta nossa proposta de síntese das competências e habilidades referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida” preconizadas pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) e pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A)

---

**DESCRITORES DE APRENDIZAGEM PARA A TEMÁTICA “ORIGEM E EVOLUÇÃO DA VIDA”  
HIPÓTESES E TEORIAS** **EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E CULTURAL**

---

- |  |  |
|--|--|
| <p>(1) Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos;</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos;</p> <p>(2) Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;</p> <p>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</p> <p>(4) Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies;</p> <p>(5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;</p> <p>(6) Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;</p> <p>(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</p> <p>(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos;</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</p> <p style="padding-left: 20px;">b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</p> | <p>(9) Analisar criticamente a relação homem–meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive;</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;</p> <p style="padding-left: 20px;">b. Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;</p> <p style="padding-left: 20px;">c. Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida.</p> <p>(10) Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos e na análise de árvores filogenéticas;</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</p> <p style="padding-left: 20px;">b. Ler e interpretar imagens relativas à evolução dos homínídeos;</p> <p>(11) Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;</p> <p style="padding-left: 20px;">a. Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana;</p> |
|--|--|
- 

Quadro 8. Síntese das competências e habilidades referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida” preconizadas pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SAREPS (SÃO PAULO, 2009A) e pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A).

Ao observarmos o Quadro 8 acima, verificamos que as competências apregoadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo podem ser vinculadas às seguintes temáticas: história e natureza da ciência, evidências da evolução biológica, mecanismos evolutivos, tempo geológico, filogenia, intervenções humanas no processo evolutivo e evolução humana. Tais relações são representadas no quadro abaixo:

TEMÁTICA	DESCRITOR DE APRENDIZAGEM
História e natureza da ciência	(1) Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos; <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos;</li> </ul> (2) Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;
Evidências da evolução biológica	(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais); <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</li> </ul>
Mecanismos evolutivos	(4) Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies;           (5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;           (6) Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;
Tempo geológico	(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.); <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</li> </ul>
Filogenia	(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos; <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</li> <li>b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</li> </ul>
Intervenções humanas no processo evolutivo	(9) Analisar criticamente a relação homem–meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive; <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;</li> <li>b. Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;</li> <li>c. Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida.</li> </ul>

---

Evolução humana	(10) Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas; <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</li> <li>b. Ler e interpretar imagens relativas à evolução dos homínídeos;</li> </ol> (11) Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais; <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana;</li> </ol>
-----------------	---

---

**Quadro 9.** Temáticas vinculadas aos descritores de aprendizagem para o tema "Origem e evolução da vida".

Em um primeiro momento, verificamos que as competências e habilidades preconizadas pelos documentos oficiais da educação paulista encontram sustentação nas indicações apresentadas pela literatura em evolução e em ensino de evolução.

A história e a natureza da ciência são apontadas por Cicillini (1991, 1997), Meghlioratti (2004), Licatti (2005) e Oliveira (2009) como elementos favorecedores para o ensino-aprendizagem de evolução, concordando com as orientações presentes nos documentos oficiais para o desenvolvimento da competência “*Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos*”. Segundo os autores, a abordagem histórica da consolidação da teoria evolutiva permite que o aluno apreenda não somente os conceitos referentes à evolução, mas que também os compreenda como produção humana condicionada pelo momento histórico-social em que fora criada. Ainda nesta perspectiva, a história e a natureza da ciência permitem que as polêmicas que permeiam a teoria evolutiva sejam trabalhadas e questionadas durante o processo educativo, de modo que os embates entre criacionismo e evolucionismo não se reduzam a momentos de tensões em sala de aula, mas em oportunidades para o desenvolvimento de conceitos e comparações entre diferentes visões de mundo.

As evidências acerca do processo evolutivo também se mostram como elementos importantes para o ensino-aprendizagem de evolução biológica, dado que esta teoria é respaldada por observações diretas dos ambientes naturais e é documentada através do

registro fóssil. Nestes termos, podemos destacar a presença de homologias entre espécies que nos sugerem que estas descendem de um ancestral comum. Ainda nesta perspectiva, podemos nos reportar ao código genético, considerado como homologia universal, dado que este é encontrado em todos os seres vivos de modo a sugerir que todos os organismos da Terra são descendentes de um único ancestral comum. Além desta e de outras observações que se colocam como evidências a favor da evolução, temos o registro fóssil como documento direto da história da vida em nosso planeta, em que encontramos não somente vestígios de ancestrais comuns aos organismos ainda viventes, mas também as marcas de muitas outras espécies que atingiram seu apogeu e que desapareceram completamente da face da Terra (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

Entendendo a evolução biológica enquanto modificação na forma e/ou no comportamento dos seres vivos ao longo das gerações, e que estas mudanças são evidenciadas por meio de uma série de observações dos ambientes naturais, o estudo dos mecanismos evolutivos nos permite responder o “como” estas modificações ocorrem (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006). Nesta perspectiva, julgamos pertinentes os conceitos relacionados às competências (4), (5) e (6) preconizadas pelos documentos oficiais, a saber: a especiação, a seleção natural e a adaptação. Além de permitir elaboração de respostas para a existência da grande diversidade de seres vivos presentes em nosso planeta, o desenvolvimento de tais competências favorece a compreensão da evolução como um processo que ocorre ao acaso, sem direção e/ou finalidade.

Neste contexto, o tempo geológico também pode ser compreendido como um importante conteúdo a ser abordado durante o ensino-aprendizagem de evolução biológica. Assim, a sétima competência elencada para o ensino-aprendizagem da teoria evolutiva vai ao encontro das recomendações feitas por Cicillini (1991) e Licatti (2005), que apontam para a necessidade de se trabalhar o aspecto temporal e sua íntima relação com os processos

evolutivos. Futuyma (2002) e Ridley (2006) também apontam para a importância da dimensão temporal para a evolução biológica, dado que esta nos permite compreender o fenômeno vida como um contínuo processo de modificações ao longo do tempo, sendo que este desempenha papel preponderante nos processos evolutivos.

Diante do exposto, compreendemos que a oitava competência presente no Quadro 8, que diz respeito às relações filogenéticas entre os seres vivos, representa a síntese dos elementos discutidos até o momento. A reconstituição da filogenia de um grupo de organismos representa uma hipótese sobre a história evolutiva deste grupo e expressa as relações de ancestralidade entre as espécies. As hipóteses filogenéticas são inferidas e respaldadas por meio das evidências evolutivas e, a partir destas representações, podemos inferir como os mecanismos evolutivos atuaram em um dado grupo de seres vivos (RIDLEY, 2006). Nestes termos, esta competência vai ao encontro das afirmações de Guimarães (2005), que aponta para a importância da utilização da filogenia no ensino-aprendizagem de evolução, pois, além do exposto, possibilitam a integração do conhecimento biológico.

As competências seguintes – (9), (10) e (11) – apontam para o homem enquanto agente e objeto dos processos evolutivos. Por um lado, a primeira competência aponta para o desenvolvimento de conceitos referentes às intervenções humanas na evolução, destacando que, por meio da seleção artificial, o homem tornou-se capaz de “moldar” os demais seres vivos segundo seus interesses. Por outro lado, as demais competências buscam favorecer a compreensão do homem como mais um organismo submetido aos processos evolutivos. Todavia, o processo evolutivo humano não se resume tão somente a aspectos biológicos, mas às interações entre biologia e cultura (FUTUYMA, 2002).

Nas palavras de Futuyma (2002):

Mas nós devemos ter consciência de que ao mesmo tempo em que a biologia evolutiva tem muito a ver com a condição humana, esta também é parte da antropologia e sociologia, da psicologia e da história, e da filosofia, religião e artes. Os seres humanos são complexos demais para serem compreendidos somente pela perspectiva da biologia ou de qualquer outra área isolada do conhecimento (FUTUYMA, 2002, p. 531).

Diante do exposto, a análise isolada das competências preconizadas pelos documentos oficiais nos leva a crer que estas observam as indicações presentes na literatura em ensino de evolução. Entretanto, é necessário ampliar nossas reflexões de modo a contrastar os descritores de aprendizagem e as possibilidades de seu desenvolvimento através das atividades e das orientações didático-pedagógicas presentes nos cadernos de Biologia do aluno e do professor dos terceiro e quarto bimestres da terceira série do ensino médio distribuídos pela SEE-SP à rede pública de ensino.

Todavia, antes de procedermos este esforço de análise, é preciso tecer algumas considerações acerca da natureza das competências elencadas pelos documentos oficiais da educação básica para o ensino-aprendizagem de evolução biológica. Assim, ao observamos o Quadro 08, verificamos que é preconizado o desenvolvimento de competências de natureza procedimental, isto é, as competências apresentadas pelos documentos oficiais da educação básica paulista possuem preponderância do componente procedimental.

Entendemos por componente (ou conteúdo) procedimental o conjunto de ações ordenadas que visam a realização de um objetivo, sendo que tais ações incluem as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias, os procedimentos, dentre outros (ZABALA, 1998).

São conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, traduzir, recortar, saltar, inferir, espetar, etc. Conteúdos que, como podemos ver, apesar de terem como denominador comum o fato de serem ações ou conjunto de ações, são suficientemente diferentes para que a aprendizagem de cada um deles tenha características bem específicas (ZABALA, 1998, p. 44).



As especificidades da aprendizagem de conteúdos procedimentais podem situar-se ao longo de três eixos e/ou parâmetros, a saber: (1) motor/cognitivo; (2) poucas ações/muitas ações; e, (3) algorítmico/heurístico. Os conteúdos procedimentais são situados no primeiro eixo conforme as ações desenvolvidas impliquem componentes mais ou menos motores/cognitivos. Deste modo, conteúdos procedimentais como saltar e recortar estariam próximos à extremidade motora, enquanto ler e inferir, ao extremo cognitivo. O segundo parâmetro define os conteúdos procedimentais segundo o número de ações necessárias para sua realização. Assim, conteúdos como saltar, alguns cálculos e traduções requerem poucas ações para sua concretização, enquanto ler e observar demandam um maior número de ações para sua realização. Por fim, o eixo algorítmico/heurístico define os conteúdos procedimentais por meio da ordenação das ações necessárias para sua ocorrência: enquanto no primeiro extremo a ordem das ações é praticamente a mesma, na extremidade oposta, estas são organizadas e realizadas segundo as características da situação em que o procedimento é aplicado (ZABALA, 1998, ZABALA e ARNAU, 2010).

Nestes termos, a peculiaridade da aprendizagem de conteúdos procedimentais diz respeito à localização destes ao longo do *continuum* dos eixos supracitados. Todavia, em termos gerais, podemos afirmar que a aprendizagem de procedimentos se dá através de um processo de exercitação tutelada e reflexiva<sup>12</sup> a partir de modelos científicos e/ou especializados, sendo que as ações que compõem o procedimento (ou estratégia de ação) correspondem ao ponto de partida (ZABALA, 1998, ZABALA e ARNAU, 2010).

A realização das ações que constituem um conteúdo procedimental é uma condição *sine qua non* para a aprendizagem do mesmo. Em outras palavras, “*aprende-se a falar,*

---

<sup>12</sup> A exercitação tutelada e reflexiva pressupõe que os alunos desenvolvam atividades que favoreçam a prática dos modelos científicos e/ou especializados com vistas a compreendê-los e dominá-los. Neste processo de exercitação, também deve existir espaços para a reflexão das atividades e/ou dos procedimentos praticados ou que se praticarão, o que significa a presença de um tempo considerável para que os estudantes reflitam sobre os passos desenvolvidos ao longo de cada atividade, bem como estabeleçam vínculos entre fatos, conceitos, procedimentos e atitudes.

*falando; a caminhar, caminhando; a desenhar, desenhando; a observar, observando”* (ZABALA, 1998, p. 45). Ainda que as afirmações apresentadas por Zabala (1998) pareçam óbvias em um primeiro momento, verificamos que as mesmas não se sustentam quando consideramos modelos educacionais em que a transmissão-recepção de conteúdos é assumida como principal proposta de ensino.

Nas palavras de Zabala e Arnau (2010):

Os componentes procedimentais das competências, como, por exemplo, o trabalho em equipe, a classificação ou a observação, aprendem-se exercendo as ações correspondentes que as configuram (...). Uma análise mais detalhada nos permite ver que o simples exercício não é suficiente, mas é imprescindível que as atividades as quais devem ser realizadas variem de menor a maior dificuldade, ou seja, que estejam seqüenciadas progressivamente e que, além disso, em seu desenvolvimento auxílios sejam fornecidos a fim de que os alunos superem as sucessivas dificuldades. Vale dizer que a aprendizagem destes conteúdos exige um processo de ensino o qual não se pode reduzir a uma única unidade didática ou ser desenvolvido em um ano escolar ou nível determinado, mas deve estar imerso em um longo processo no tempo e, dadas as características da maioria destes conteúdos, é necessário que, para conseguir seu domínio, essas atividades sejam realizadas no máximo de áreas possível e não somente em uma (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 133).

Outro elemento necessário para o domínio competente de conteúdos procedimentais é a exercitação múltipla guiada, isto é, as ações são exercitadas quantas vezes forem necessárias para o seu domínio em um processo contínuo de maior ou menor ajuda e/ou colaboração externa, sendo esta proveniente do professor e/ou de outros alunos. Vale ressaltar que este momento da aprendizagem de conteúdos procedimentais deve ser acompanhado pela reflexão sobre a atividade/ação realizada, de modo a refletir sobre a atuação e suas condições de produção (ZABALA, 1998, ZABALA e ARNAU, 2010).

Salientamos que a aprendizagem de conteúdos procedimentais torna-se significativa à medida que os mesmos podem ser mobilizados e aplicados em contextos diversos. Deste fato, podemos depreender que, por um lado, os demais conteúdos (factuais<sup>13</sup>, conceituais<sup>14</sup> e

---

<sup>13</sup> “Os conteúdos factuais ou fatos são definidos como conteúdos de aprendizagem singulares, de caráter descritivo e concreto. Nessa categoria encontramos: nomes de personagens históricos e literários, datas de acontecimentos, obras de arte, nomes e localização da geografia física e política mundial, fórmulas matemáticas, símbolos, códigos, categorias, classificações, etc. Esses conteúdos são fundamentais, pois, frequentemente, são

atitudinais<sup>15</sup>) desempenham papel importante para a aprendizagem de procedimentos e, por outro, que estes conhecimentos sejam funcionais (ZABALA, 1998, ZABALA e ARNAU, 2010).

Diante desta breve reflexão sobre os conteúdos procedimentais e sua aprendizagem, e ao considerarmos o processo de atuação competente e analisarmos cada uma de suas etapas, verificaremos que o domínio procedimental desempenha papel fundamental para o ensino-aprendizagem pautado em competências. Nestes termos, os conteúdos procedimentais correspondem às habilidades iniciais para a mobilização e a aplicação de uma dada competência. Assim, em última instância, o componente procedimental constitui a chave para a própria ação competente (ZABALA e ARNAU, 2010).

Entendemos por ação competente o conjunto de ações mobilizadas e aplicadas para a intervenção e/ou resolução de uma situação única e complexa em um dado contexto. Utilizamos o termo “situação única e complexa”, pois, mesmo que as circunstâncias sejam similares, nunca serão idênticas e também porque são inúmeras as variáveis que influem em uma determinada situação, assim como são múltiplas as relações estabelecidas pelas mesmas (ZABALA e ARNAU, 2010).

Para desempenhar uma ação competente frente a uma situação única e complexa, o indivíduo necessita realizar uma série de etapas complexas em um curto período de tempo. A Figura 5 abaixo, ilustra os passos percorridos durante o desenvolvimento de uma ação competente:

---

necessários para compreender a maioria das informações e problemas que surgem na vida cotidiana e profissional, sempre que se disponha, por sua vez, dos conceitos associados aos quais permitem sua interpretação” (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 100).

<sup>14</sup> “Os conceitos e os princípios são conteúdos de aprendizagem de caráter abstrato, os quais exigem a compreensão. São exemplos de conceitos: mamífero, densidade, impressionismo, função, sujeito, romantismo, demografia, nepotismo, cidade, potência, acordo, pirueta, etc. São princípios ou leis as regras como a de Arquimedes, as que relacionam demografia e território, as normas ou as regras de uma corrente arquitetônica ou literária, as conexões entre diferentes axiomas matemáticos, etc.” (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 101).

<sup>15</sup> “Os conteúdos atitudinais englobam valores, atitudes e normas. Todos esses conteúdos são configurados por componentes cognitivos (conhecimentos e crenças), afetivos (sentimentos e preferências) e atitudes (ações e declarações de intenções), mas a incidência de cada um destes componentes varia em se tratando de um valor, uma atitude ou uma norma” (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 102).

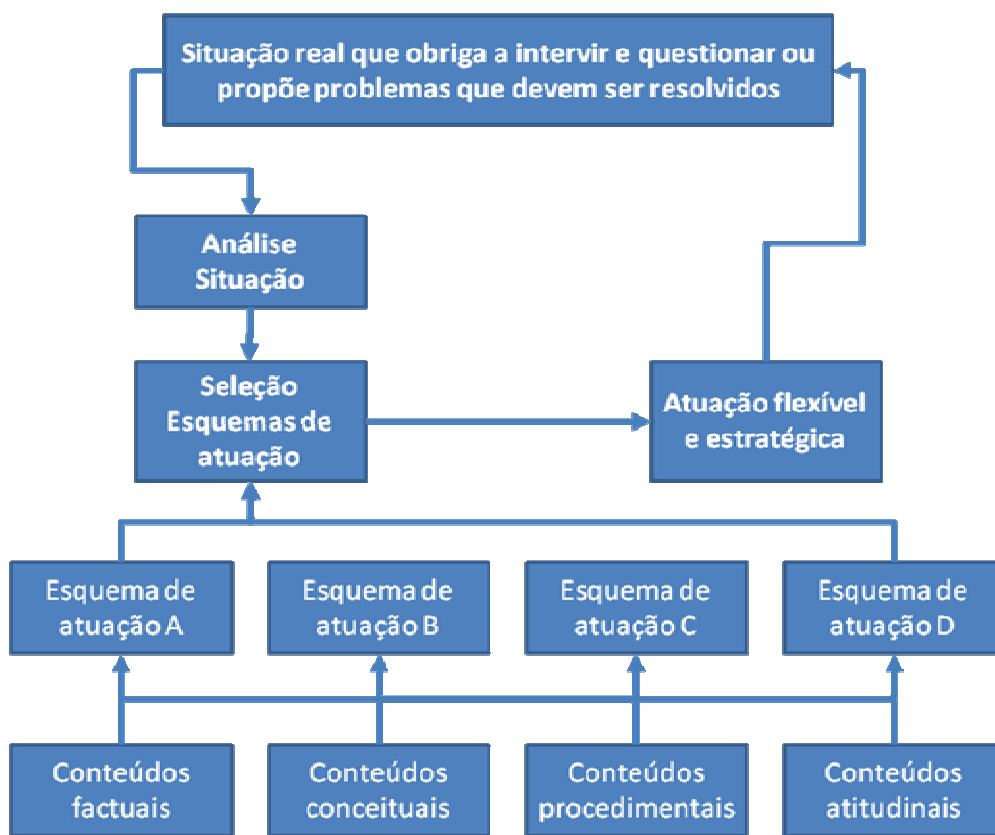


Figura 6. Processo desenvolvido em uma ação competente (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 39).

O desenvolvimento de uma ação competente tem início com a análise da situação a ser enfrentada, de modo a identificar os problemas e/ou questões que possibilitam sua resolução (ou seu questionamento). Concomitantemente, é necessário eleger quais os dados relevantes oferecidos pela situação-problema, com vistas a solucionar as questões propostas (ZABALA e ARNAU, 2010).

A partir desta primeira análise, é preciso revisar os esquemas de atuação disponíveis, isto é, identificar os conteúdos desenvolvidos que se mostram mais adequados para a resolução do problema proposto. Como são múltiplas as possíveis respostas, é necessário refletir sobre quais são mais apropriadas. Para tanto, efetua-se a revisão de todos os dados eleitos como mais importantes da situação para, a partir dos mesmos, determinar quais esquemas de atuação são mais apropriados (ZABALA e ARNAU, 2010).

Posteriormente, os esquemas de atuação são aplicados de modo flexível, isto é, estes são adequados às características específicas da situação-problema enfrentada. Neste processo, é realizada a transferência do contexto em que os conteúdos foram desenvolvidos para este novo contexto. Todavia, é preciso considerar que os componentes da competência (os conteúdos factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais) nunca estão dissociados, pois a atuação competente implica a utilização interrelacionada destes (ZABALA e ARNAU, 2010).

Ao associarmos as etapas da ação competente acima descritas aos tipos de conteúdos componentes de uma dada competência, verificaremos a preponderância do domínio procedimental, como afirmado em parágrafos anteriores:

<b>HABILIDADES / CAPACIDADES A DESENVOLVER NO USO DE UMA COMPETÊNCIA</b>	<b>TIPO DE CONTEÚDO</b>	
Análise de uma situação complexa.	Interpretação / compreensão da situação em toda a sua complexidade.	Procedimental
	Identificação dos problemas ou das questões que devem permitir enfrentar ou agir eficazmente.	Procedimental
	Identificação da informação relevante para o solucionamento das questões propostas.	Procedimental
Identificação dos possíveis esquemas que podem responder aos problemas que a situação apresenta.	Revisão dos esquemas de atuação aprendidos que podem responder a cada uma das questões ou problemas propostos.	Procedimental
	Análise da informação disponível em função de cada um dos esquemas.	Procedimental
Seleção dos esquemas e disposição para aplicá-los de modo estratégico	Valorização das variáveis reais e sua incidência nos esquemas aprendidos.	Procedimental
	Utilização do esquema com as mudanças necessárias para se adequar à situação real.	Procedimental
Conhecimento, domínio e transferência de cada um dos componentes da competência.	Aplicação da competência de forma adequada e integrada aos fatos, aos conceitos, aos procedimentos e às atitudes que constituem a coimpetência.	Factual Conceitual Procedimental Atitudinal

Quadro 10. Fases de uma ação competente (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 104).

Diante do exposto e retomando a definição de competência apresentada por Zabala e Arnau (2010), reiteramos que a atuação competente pode ser compreendida como a manifestação de um procedimento, sendo este amparado por fatos memorizados, conceitos elaborados e atitudes interiorizadas. Deste modo, reafirmamos a importância de contrastar as competências preconizadas pelos documentos oficiais da educação básica paulista e suas

condições de desenvolvimento expressas pelas atividades e pelas orientações didático-pedagógicas presentes nos cadernos do aluno e do professor distribuídos pela SEE-SP à rede pública de ensino. Assim, verificamos se as condições de desenvolvimento das competências preconizadas pelos documentos oficiais expressas pelos materiais curriculares permitem que os alunos desempenhem ações competentes acerca da temática “Origem e Evolução da Vida”.

Neste contexto, as análises e contrastes entre descritores de aprendizagem e suas condições de produção serão amparadas pelas concepções de ação competente e ensino de competências expressas por Zabala e Arnau (2010). Justificamos nossa escolha teórica pelo fato de não compartilharmos a perspectiva piagetiana que embasa as Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP e também porque as questões referentes às competências e habilidades são apresentadas de maneira nebulosa pelos documentos oficiais, especialmente os modos para seu desenvolvimento. Assim, nas próximas seções deste trabalho, assumiremos os conceitos de competências e habilidades e suas condições de desenvolvimento segundo a perspectiva apresentada por Zabala e Arnau (2010).

### **3.3. O CURRÍCULO PAULISTA E OS DESCRITORES DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Após discorrer sobre o currículo paulista e os descritores de aprendizagem a este associado no que se refere ao tema “Origem e Evolução da Vida”, é necessária avançar e buscar por correspondências entre os mesmos.

Para tanto, estabelecemos relações entre as competências que deverão ser desenvolvidas ao longo das atividades preconizadas em cada uma das “Situações de Aprendizagem” presentes nos cadernos de Biologia do aluno e do professor destinados aos

terceiro e quarto bimestres da terceira série do ensino médio. Os Quadros 11 e 12 abaixo foram elaborados a partir da leitura e da identificação dos objetivos de ensino-aprendizagem expressos em cada “Situação de Aprendizagem”, bem como a análise das potencialidades das atividades presentes nos materiais curriculares, tendo como referencial de descritores de aprendizagem o quadro em que sintetizamos as competências e habilidades preconizadas para o ensino-aprendizagem da temática “Origem e Evolução da Vida (Cf. Quadro 8 deste trabalho).

TEMA	SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	DESCRIPTORIOS DE APRENDIZAGEM		
Origem e Evolução da Vida	A Origem da Vida	Etapa prévia – Sondagem inicial e sensibilização	São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	--	
		Etapa 1 – Duas visões sobre a origem da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(1); (7)	
		Etapa 2 – Discutindo os textos	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
		Pesquisa individual	São Paulo (2009D); São Paulo (2010D).	(3)	
		Etapa 3 – Novas evidências sobre a origem da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(3); (7)	
		Proposta de avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(1); (7)	
	Evolução: Os Seres Vivos em Transformação	Evolução e Evolução da Vida	Etapa prévia – Sondagem inicial e sensibilização	São Paulo (2009B);	--
			Etapa 1 – O pensamento evolucionista e as relações de parentesco	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	(2)
			Etapa 1 – O pensamento evolucionista e as relações de parentesco	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	
			Etapa 2 – Os fósseis mostram parentesco?	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	(3)
			Etapa 2 – Os fósseis mostram parentesco?	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	
			Etapa 3 (Pesquisa Individual) – As idéias evolucionistas	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	(1); (2); (5); (6)
			Etapa 3 – Como ocorre a evolução	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(2); (3); (4); (5)
			Pesquisa individual	São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(2)
Proposta de Avaliação – Seleção natural leva a perfeição			São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(4); (5)	
Etapa 4 – Evolução dos palitos: como a evolução trabalha?			São Paulo (2009B); São Paulo (2009D).	(3); (4); (5); (6); (8)	
Etapa 5 – Evolução e frequência gênica	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(4); (5); (6); (8)			
Proposta de Avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(2); (3); (5); (6)			



	Grandes Linhas de Evolução dos Seres Vivos	Etapa 1 – História da Terra	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(7)	
		Etapa 2 – A história da vida na Terra	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
		Etapa 3 – As árvores da vida	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(8)	
		Pesquisa individual	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).		
		Proposta de Avaliação	São Paulo (2009B); São Paulo (2009D); São Paulo (2010B); São Paulo (2010D).	(3); (7); (8)	
Origem e Evolução do Ser Humano e Sua Evolução Cultural	Como os Seres Humanos Evoluíram?	Etapa 1 – Sensibilização	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(10)	
		Etapa 2 – Ampliando a discussão: o bipedalismo	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).		
		Proposta de avaliação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(2); (5)	
	A Espécie Humana e Seus Ancestrais	Etapa 1 – O processo evolutivo: o que nos faz humanos?	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(3); (11)	
		Pesquisa individual	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(10)	
		Etapa 2 – Reconstruindo filogenias: uma árvore em transformação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(8); (10); (11)	
		Proposta de avaliação	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(7); (11)	
	A Intervenção Humana na Evolução	A Intervenção Humana na Evolução, as Transformações nos Ambientes e o Futuro da Humanidade	Etapa 1 – Sensibilização	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(5); (9)
			Etapa 2 – Evolução e resistência a antibióticos	São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(9)
Etapa 3 – A evolução está presente em nosso cotidiano			São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(9); (11)	
Etapa 4 – O futuro da humanidade			São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(6); (11)	
Proposta de Avaliação			São Paulo (2009C); São Paulo (2009E); São Paulo (2010C); São Paulo (2010E).	(9)	

Quadro 11. Organização dos descritores de aprendizagem referentes à temática “Origem e Evolução da Vida” segundo as situações de aprendizagem preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo.

TEMA	SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM	CONTEÚDOS ABORDADOS	MODALIDADE DIDÁTICA	DESCRITORES DE APRENDIZAGEM
3º Bimestre (2009 / 2010)	Origem e Evolução da Vida	Fósseis Origem da vida	Discussão Estudo dirigido Pesquisa	<p>(1) Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos;</p> <p>a. Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos;</p> <p>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestígias);</p> <p>a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</p> <p>(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);</p> <p>a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</p>

---

<p>Evolução: Os Seres Vivos em Transformação</p>	<p>Adaptação Especiação Filogenia Fósseis Frequência gênica Seleção natural Teorias evolutivas de Lamarck e Darwin</p>	<p>Aula expositivo- dialogada Discussão Estudo dirigido Jogo Pesquisa Problematização Simulação</p>	<p>(1) Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos; a. Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida dos seres vivos;</p> <p>(2) Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;</p> <p>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais); a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</p> <p>(4) Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies;</p> <p>(5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;</p> <p>(6) Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;</p> <p>(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos; a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros; b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</p>
--	--	---	--

---

	Grandes Linhas de Evolução dos Seres Vivos	Adaptação Filogenia Seleção natural Tempo geológico	Discussão Estudo dirigido Pesquisa	<p>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);</p> <p>a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</p> <p>(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);</p> <p>a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</p> <p>(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos;</p> <p>a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</p> <p>b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</p>
4º Bimestre (2009 / 2010)	Origem e Evolução do Ser Humano e Sua Evolução Cultural	Como os Seres Humanos Evoluíram?	Adaptação Evolução humana Seleção natural	<p>(2) Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;</p> <p>(5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;</p> <p>(10) Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas;</p> <p>a. Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</p>

---

A Espécie Humana e Seus Ancestrais	Evolução humana Filogenia Fósseis	Discussão Estudo dirigido Pesquisa	<p>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);</p> <p>a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</p> <p>(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);</p> <p>a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</p> <p>(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos;</p> <p>a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</p> <p>b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</p> <p>(10) Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas;</p> <p>a. Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</p> <p>(11) Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;</p> <p>a. Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana;</p>

---

A Intervenção Humana na Evolução

A Intervenção Humana  
na Evolução, As  
Transformações nos  
Ambientes e o Futuro da  
Humanidade

Evolução humana  
Seleção artificial

Discussão  
Estudo dirigido  
Pesquisa

- (5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;
- (6) Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;
- (9) Analisar criticamente a relação homem-meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive;
- a. Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;
  - b. Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;
  - c. Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida.
- (11) Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;
- a. Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana;

Quadro 12. Vinculação de descritores de aprendizagem referentes à temática “Origem e Evolução da Vida” aos conteúdos abordados em cada “Situação de Aprendizagem” e às modalidades didáticas preconizadas pelo Currículo do Estado de São Paulo.

Observando os Quadros 11 e 12 acima, verificamos que as atividades presentes nos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP permitem, à primeira vista, o desenvolvimento de todas as competências preconizadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Todavia, é necessário aprofundar nosso olhar para verificar em que medida currículo e descritores de aprendizagem sustentam as estimadas correspondências.

Tomaremos como primeiro exemplo as competências (1) e (2) de nosso quadro síntese que se referem, respectivamente, a “*Analisar as ideias sobre a origem da vida partir da leitura de textos históricos*” e a “*Identificar as idéias evolucionistas de Darwin e Lamarck com base na leitura de textos históricos*”. Apesar de o currículo contemplar tais competências ao longo das atividades e das orientações presentes nos materiais destinados a alunos e professores da rede pública de ensino paulista (como podemos verificar nos Quadros 11 e 12), acreditamos que estas competências dificilmente serão desenvolvidas (ou o serão com algumas limitações), dado à maneira como são abordadas pelos materiais curriculares.

As competências supracitadas prevêm o uso da história da ciência como elemento favorecedor à aprendizagem de conteúdos biológicos, assim como para o desenvolvimento da compreensão da ciência enquanto produção humana condicionada pelas várias instâncias sociais em diferentes tempos e espaços. Esta orientação vai ao encontro das afirmações de Cicillini (1991, 1997), Meghlioratti (2004), Licatti (2005) e Oliveira (2009) que, dentre outros, apontam para a importância do uso da história da ciência para o ensino-aprendizagem da evolução biológica.

Vale a pena ressaltar que a história da ciência pode ser utilizada como um recurso didático útil que: (1) desperta o interesse dos alunos pelos conceitos abordados; (2) humaniza os conteúdos científicos; (3) apresenta a ciência como uma construção mutável e, nesta perspectiva, o conhecimento científico atual é passível de transformações; e, (4) permite

questionar visões ingênuas acerca do desenvolvimento científico (MATTHEWS, 1994; MARTINS, 1998).

Entretanto, o uso da história da ciência requer alguns cuidados, pois, do contrário, esta poderá ser prejudicial aos processos de ensino-aprendizagem, reforçando visões dogmáticas da ciência. Nestes termos, Martins (1998) salienta que se deve evitar: (1) o uso de textos que não trazem referências sobre o contexto cultural, econômico, político e/ou social no qual os cientistas estavam inseridos ou sobre a recepção de uma dada teoria por uma determinada sociedade (acadêmica e civil); (2) omissões das dificuldades encontradas para o desenvolvimento de um dado conceito, salientando apenas os sucessos (individuais) de um cientista ou de um grupo de especialistas; e (3) desconsiderar as concepções alternativas dos estudantes, uma vez que estas podem se aproximar de uma das etapas percorridas durante a consolidação de um determinado conceito.

Considerando o acima exposto e voltando o olhar para as atividades (textos e exercícios associados) presentes nos cadernos do aluno e as orientações didático-pedagógicas existentes no caderno do professor (sugestões para a condução de atividades e correções das mesmas), verificamos que estas apresentam os desacertos apontados por Martins (1998) sobre o uso da história da ciência. Assim, encontramos contradições entre as competências preconizadas pelos documentos oficiais e suas condições de produção por meio das atividades previstas pelo currículo paulista.

Em ambas as competências encontramos a menção de “*textos históricos*”<sup>16</sup> como objetos a partir dos quais se é possível depreender e emitir juízos acerca de conceitos relacionados a origem e evolução da vida. Todavia, ao observamos os textos apresentados pelo currículo (ANEXO A e ANEXO B), constatamos que estes não constituem textos históricos, mas escritos de outras naturezas. Em relação à competência (2) – *Identificar as*

---

<sup>16</sup> Entendemos como “textos históricos” os materiais nos quais “*são relatados os eventos históricos da maneira mais ampla possível, mostrando as hipóteses apresentadas pelos cientistas, as teorias alternativas, tudo dentro do contexto da época*” (MARTINS, 1998, p. 20).



*idéias evolucionistas de Darwin e Lamarck com base na leitura de textos históricos* – as pesquisas previstas para o ano de 2009 sobre a teoria da evolução por seleção natural proposta por Darwin são substituídas por estudo dirigido de texto (ANEXO O e ANEXO P) (SÃO PAULO, 2010B, 2010D).

Os textos apresentados pelo currículo se distanciam do que entendemos por “textos históricos”, uma vez que não fornecem elementos sobre o momento sócio-cultural em que as teorias abordadas pelos materiais curriculares foram elaboradas. Em decorrência deste fato, tais omissões podem acarretar o desenvolvimento e/ou a manutenção de visões deformadas acerca da ciência e do trabalho científico, tais como: a concepção aistórica e aproblemática da ciência, o conceito de que o trabalho científico é meramente cumulativo, a visão individualista e elitista da ciência, dentre outras.

Ainda a este respeito, ao reconsiderar o conceito de ação competente e a maneira como ocorre o ensino-aprendizagem de competências expressos por Zabala e Arnau (2010), verificamos, novamente, que as competências curriculares (1) e (2) apresentam falhas para o seu desenvolvimento. Como discutimos anteriormente, o componente procedimental desempenha papel preponderante no ensino-aprendizagem de competências e seu aprendizado ocorre através de um processo de exercitação tutelada e refletida (ZABALA e ARNAU, 2010). Assim sendo, é necessário oportunizar diversas situações, com progressiva retirada da intervenção docente, para que os alunos possam desenvolver as habilidades de “analisar” e “inferir” concepções presentes em um dado texto, como no caso das competências acima descritas.

Vale salientar ainda que, segundo Zabala e Arnau (2010), a aprendizagem de conteúdos procedimentais requer a aplicação destes em contextos diferenciados, favorecendo sua extensão para outras situações de maneira mais fácil em ocasiões futuras. Nesta perspectiva, verificamos que o desenvolvimento das competências (1) e (2) encontrará

dificuldades, dado que são preconizadas poucas situações e/ou atividades que abordam as mesmas (Cf. Quadros 11 e 12 deste trabalho).

Além deste fato, encontramos similaridades entre as diversas situações de aprendizagem em que a competência (1) pode ser desenvolvida. Tais semelhanças referem-se à maneira como é abordada a história da ciência nos textos sugeridos e nas atividades associadas aos mesmos que, na maioria das vezes, não exigem a máxima transformação do conhecimento<sup>17</sup>.

Nestes termos, ao compararmos os textos “*Teoria da sopa orgânica*” (ANEXO B) e “*Cinquenta anos de ‘vida’ no laboratório*” (ANEXO C), constatamos que ambos desconsideram os fatores sócio-históricos vivenciados pelos cientistas durante a proposição da teoria molecular da origem da vida. Vale salientar que a abordagem utilizada pelo texto “*Cinquenta anos de ‘vida’ no laboratório*” oportuniza meios para o desenvolvimento de visões deformadas sobre a ciência como, por exemplo, o elitismo e o individualismo científicos (MATTHEWS, 1994).

Tal fato decorre da maneira através da qual o autor descreve o experimento e a teoria proposta por Urey e Miller. Assim, encontramos a apresentação linear dos sucessos obtidos pelos referidos pesquisadores, sem menções das dificuldades transpostas, da contextualização do meio social em que viviam e do modo como sua teoria fora recebida pela comunidade daquele período histórico. Desta maneira, os cuidados sugeridos por Martins (1998) no que se refere à utilização da história da ciência nos processos de ensino-aprendizagem em sala de aula não são observados.

Esta abordagem prossegue nos exercícios (ANEXO C) associados ao texto “*Cinquenta anos de ‘vida’ no laboratório*”. Nestes, a história da ciência é deixada às margens do processo de ensino-aprendizagem em detrimento do desenvolvimento de conceitos relativos à teoria da

---

<sup>17</sup> Entendemos por “máxima transformação do conhecimento” a aplicação de conceitos em problemas e/ou situações não familiares, isto é, distintas daquelas em que o conteúdo fora desenvolvido.

sopa orgânica. Porém, verificamos que as respostas sugeridas para as atividades preconizadas pelos materiais curriculares são encontradas no texto e/ou enunciado, cabendo ao aluno identificá-las e transcrevê-las. Deste modo, tais exercícios presentes nos cadernos do aluno e do professor não oferecem situações distintas para a aplicação e/ou transferência de conceitos aprendidos, dificultando a prática reflexiva, elemento necessário ao desenvolvimento de competências.

Em contrapartida, a competência (3) – *“Identificar evidências do processo de evolução biológica”* – apresenta maiores chances para seu desenvolvimento, dado que os materiais curriculares oferecem várias situações para a sua abordagem, assim como diferentes contextos para sua aplicação.

Como mencionado anteriormente, as evidências do processo evolutivo (homologias, registro fóssil, dentre outros) desempenham papel importante para o ensino-aprendizagem de evolução. Segundo Puig e Jiménez-Aleixandre (2009), aprender a avaliar e a utilizar provas, assim como coordená-las com teorias e hipóteses, é fundamental em todas as áreas científicas. Ainda segundo as autoras, no caso da evolução biológica, o aprendizado acerca de evidências evolutivas proporciona ferramentas para que os alunos: (1) construam argumentações e posicionem-se frente aos embates entre criacionismo e evolucionismo; (2) desenvolvam uma visão crítica sobre afirmações veiculadas pelos diversos meios de comunicação, tais como, internet, jornais, revistas, etc.; e, (3) compreendam e considerem a evolução como um processo atual que mantém relações com seu cotidiano.

Vale salientar ainda que, como nos advertem Futuyma (2002) e Ridley (2006), as evidências evolutivas tornam plausíveis afirmações sobre evolução biológica que, à primeira vista, podem parecer improváveis. Neste contexto, ao combinarmos as evidências evolutivas à extrapolação que o princípio do uniformitarismo nos permite, a compreensão de que as diversas linhagens de seres vivos compartilham um ancestral comum e que a origem da

grande diversidade de organismos é explicada pela teoria da seleção natural deixam de nos ser estranhas.

Nestes termos, encontramos respaldo na literatura para a pertinência do desenvolvimento da competência (3) – “*Identificar evidências do processo de evolução biológica*” – preconizada pelos documentos oficiais. Entretanto, é preciso verificar quais as condições sugeridas pelo currículo para que os estudantes a desenvolvam.

Como verificamos anteriormente, o ensino-aprendizagem de competências prevê, segundo Zabala e Arnau (2010), situações em que ocorra a exercitação tutelada e refletida de componentes procedimentais (amparados por elementos factuais, conceituais e atitudinais) com progressiva retirada da interferência docente, favorecendo a autonomia do educando. Os autores também nos lembram da importância de se oferecer contextos diferenciados para a aplicação dos conteúdos aprendidos, pois, desta maneira, é facilitada a extensão dos mesmos em ocasiões futuras.

Sobre este aspecto, ao observamos os Quadros 11 e 12 presentes neste trabalho, verificamos que o desenvolvimento desta competência é preconizado para cinco das seis situações de aprendizagem sugeridas pelo currículo paulista. Deste modo, encontramos ao longo dos cadernos do aluno e do professor diversas situações em que as evidências do processo evolutivo são apresentadas e mobilizadas de maneiras distintas, com vistas a favorecer o desenvolvimento desta competência.

As principais evidências evolutivas trabalhadas pelo currículo paulista se referem às homologias e ao registro fóssil. Segundo Puig e Jiménez-Aleixandre (2009), tais evidências favorecem a compreensão do enunciado de que os seres vivos existentes compartilham ancestrais comuns. Neste trabalho, destacaremos o modo como os fósseis são empregados ao longo das atividades presentes nos cadernos do aluno e do professor e os contextos de

aplicação deste conceito. Justificamos nossa escolha pelo fato de o registro fóssil ser evocado praticamente em todas as “Situações de Aprendizagem” analisadas.

Na “Situação de Aprendizagem: *A Origem da Vida*”, os fósseis são abordados com vistas a subsidiar o aprendizado de seu significado e sua importância para a ciência, uma vez que estes constituem dados que documentam a passagem de diversas linhagens de seres vivos pela Terra. Nesta situação de aprendizagem, os documentos orientam que os docentes também abordem o fato de que os fósseis não dizem respeito somente a organismos pluricelulares e, enquanto dados da existência da vida, contribuem para a compreensão da origem e diversificação dos seres vivos (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D).

Os alunos deverão desenvolver os conteúdos referentes aos fósseis (o que representam, qual o seu significado biológico e qual sua importância para a ciência) e expressar seu entendimento sobre o tema por meio da realização de pesquisas<sup>18</sup> que, como discutido anteriormente, favorecem o desenvolvimento da autonomia e da criticidade e contribui para que alunos e professores se coloquem como colaboradores durante o processo educativo (MORAES, GALIAZZI e RAMOS, 2004). Neste contexto, as atividades existentes no currículo observam as orientações presentes na literatura que dizem respeito à abordagem das evidências evolutivas no ensino-aprendizagem de evolução e ao desenvolvimento de competências expresso por Zabala e Arnau (2010).

Na “Situação de Aprendizagem” seguinte, “*Evolução: Os Seres Vivos em Transformação*”, o conceito de fósseis é retomado e ampliado, apresentando-os como dados que permitem o estabelecimento de relações de parentesco entre os seres vivos (SÃO PAULO, 2009B, 2009D, 2010B, 2010D). Deste modo, o registro fóssil não é considerado tão somente como documentos que retratam a passagem da vida pela Terra, mas como dados que

---

<sup>18</sup> Os cadernos do aluno nas versões de 2009 e 2010 apresentam as seguintes questões para delimitar a atividade de pesquisa: “*O que são fósseis? Qual é a sua importância para a ciência? Quais são os fósseis mais antigos? Onde foram encontrados?*” (SÃO PAULO, 2009D, p. 6).

permitem estabelecer relações filogenéticas entre as diversas linhagens de seres vivos ao longo do tempo e espaço (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

Para tanto, através de estudo dirigido de textos (ANEXO E e ANEXO F), os estudantes deverão buscar respostas para: (1) a importância dos fósseis para a ciência; (2) o porquê o registro fóssil é considerado como um dos dados do pensamento evolucionista; (3) de que maneira os fósseis contribuem para o estabelecimento de relações de parentesco entre os indivíduos; e, (4) levantar hipóteses para o desaparecimento e surgimento de espécies ao longo da história da Terra.

Esta tônica é mantida na próxima “Situação de Aprendizagem” em que os fósseis são evocados, “*A Espécie Humana e seus Ancestrais*”. Nesta, através de estudo dirigido de textos (ANEXO J e ANEXO K), os conceitos trabalhados anteriormente são retomados, enfatizando os aspectos do estabelecimento de relações filogenética a partir do registro fóssil e também a reconstrução das interações ecológicas que espécies extintas, mais especificamente os hominídeos do gênero *Homo* (ANEXO Q), desenvolviam com o meio biótico e abiótico (SÃO PAULO, 2009C, 2009E, 2010C, 2010E).

Ainda nesta “Situação de Aprendizagem”, é apresentado o caso do homem de Piltdown (ANEXO K) e, neste novo contexto, os fósseis são mobilizados de modo a questionar a natureza dos dados utilizados pela ciência e como estes amparam e são amparados por teorias. Assim, esta última abordagem do registro fóssil, além de constituir em mais uma situação para o desenvolvimento da competência (3) – “*Identificar evidências do processo de evolução biológica*” –, também permite abordar questões relativas à natureza das ciências e do trabalho científico.

Diante do exposto, verificamos que a competência (3) – “*Identificar evidências do processo de evolução biológica*” – apresenta maiores possibilidades para seu desenvolvimento, uma vez que o currículo oportuniza várias situações para que os estudantes

efetuem a exercitação tutelada da mesma em contextos diferenciados, favorecendo a extensão de saberes para ocasiões futuras.

Todavia, é importante salientar que nem todas as atividades relativas ao desenvolvimento desta competência favorecem que os alunos realizem a máxima transformação do conhecimento, visto que algumas questões sugeridas para os estudos dirigidos não oportunizam reflexões acerca da temática abordada. Como exemplo deste fato, podemos citar os exercícios associados aos textos “*Lucy e os ancestrais humanos*” (ANEXO J) e “*O homem de Piltdown*” (ANEXO K). As atividades preconizadas pelo currículo são compostas por questões cujas respostas são identificadas nos textos apresentados pelos materiais curriculares. Assim sendo, os alunos serão levados a efetuar a localização e a transcrição de excertos que melhor respondem às referidas questões, não ocorrendo a aplicação e/ou transferência de conteúdos para situações não familiares. Porém, acreditamos que o professor, ao trabalhar com os materiais analisados por esta pesquisa poderá realizar adequações com o intuito de tornar as atividades desafiadoras e motivadoras aos seus alunos.

Por sua vez, a quarta competência preconizada pelo currículo paulista – “*Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies*” –, assim como as competências (1) e (2) anteriormente mencionadas, apresenta apenas uma situação para seu desenvolvimento. Esta é encontrada na sequência de ensino-aprendizagem “*Evolução: os seres vivos em transformação*”, mais especificamente na ocasião em que o currículo sugere a utilização da atividade “*A evolução dos palitos*”.

Neste contexto, os materiais curriculares destinados aos docentes apresentam as seguintes indicações para o desenvolvimento da referida competência:

A transmissão das variações selecionadas não parece garantir a formação de espécies diferentes. Proponha aos alunos a seguinte situação: Ocorreu algum evento que separou a população, como no momento III da Figura 3 (Cf. Figura 1 deste trabalho). Esse evento poderia ser, por exemplo, um isolamento geográfico ocasionado por uma barreira, como o aparecimento de um rio ou uma montanha, após um terremoto. Um dos ambientes continuou com suas características de flores e o outro se transformou em campo. Os dois grupos, portanto, estão sujeitos a pressões seletivas diferenciadas. Não há mistura de material genético, pois os dois grupos estão completamente separados. Proponha as seguintes questões:

O que ocorrerá com as características dos dois grupos?

Em que momento as diferenças serão significativas a ponto de termos espécies diferentes?

*Espera-se que os alunos reconheçam o aparecimento de uma nova espécie quando essas duas populações estiverem isoladas reprodutivamente, isto é, divergiram tanto, a ponto de não poderem mais se cruzar, e mesmo que o consigam, não geram prole fértil (SÃO PAULO, 2009B, p. 28)*

As orientações curriculares são consistentes com os apontamentos realizados por Futuyama (2002) e Ridley (2006) que ressaltam o papel dos isolamentos geográfico e/ou reprodutivo no processo de especiação, visto que estes contribuem sobremaneira para a diferenciação e progressivo distanciamento genético entre as populações. Entretanto, como discorremos na seção anterior deste trabalho, a atividade “*Evolução dos palitos*” apresenta uma visão linear e transformista sobre o processo evolutivo, o que pode acarretar o desenvolvimento e/ou a manutenção de concepções alternativas sobre a temática. Assim, acreditamos que as competências curriculares associadas a tal atividade, como a competência (4), por exemplo, poderão ter seu desenvolvimento dificultado e/ou inexistente.

É importante ressaltar também que, ao considerarmos os elementos necessários para a ocorrência da atuação competente expressos por Zabala e Arnau (2010), verificamos que a competência (4) apresenta dificuldades para seu desenvolvimento. Os autores orientam que o ensino-aprendizagem por competências deve favorecer a prática reflexiva e tutelada dos conteúdos abordados, de modo que os estudantes possam aplicá-los e estendê-los em diversas situações. Nestes termos, o currículo paulista não oferece condições para o desenvolvimento da competência em questão, uma vez que esta é abordada apenas em uma situação ao longo



dos materiais analisados, impossibilitando sua aplicação e extensão para contextos diferenciados por parte dos alunos.

As competências (5) e (6) – “*Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variedade dos seres vivos*” e “*Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente*”, respectivamente – também apresentam obstáculos para o seu desenvolvimento, assim como ocorre com a competência (4) discutida acima.

Os conteúdos relacionados a tais competências são conceitos basilares para a compreensão da evolução biológica. Por meio da seleção natural, características favoráveis à sobrevivência e ao sucesso reprodutivo são transmitidas aos descendentes e, assim, são mantidas em maior proporção dentro das populações. Vale ressaltar que os mecanismos seletivos atuam sobre as variações existentes em uma dada população e que a fonte de matérias-primas para tais variações correspondem às mutações e às recombinações genéticas (FUTUYMA, 2002; RIDLEY, 2006).

Todavia, apesar da importância dos conceitos vinculados às competências (5) e (6), encontramos a abordagem destes em somente duas situações ao longo dos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP. A primeira abordagem ocorre na situação de ensino-aprendizagem “*Evolução: os seres vivos em transformação*”, momento em que os referidos conteúdos deverão ser desenvolvidos por meio da atividade “*A evolução dos palitos*”. Posteriormente, as competências (5) e (6) são retomadas nas duas últimas situações de aprendizagem presentes nos materiais curriculares destinados ao quarto bimestre da terceira série do ensino médio.

Considerando a necessidade da prática reflexiva e tutelada para o desenvolvimento de competências (ZABALA e ARNAU, 2010), verificamos que o currículo paulista oferece um

número significativo de ocasiões que buscam favorecer o desenvolvimento das competências (5) e (6), visto que os cadernos do aluno e do professor sugerem sua abordagem em três das seis “Situações de Aprendizagem” preconizadas pelos documentos oficiais. Em relação aos contextos em que tais competências são mobilizadas, verificamos que há diferenciação entre estes: enquanto “*Evolução: os seres vivos em transformação*” se constitui no primeiro momento para o desenvolvimento dos conteúdos vinculados às competências citadas, “*Como os seres humanos evoluíram?*” busca aplicar tais conceitos à diversificação da espécie humana (ANEXO Q) e, “*A intervenção humana na evolução*” visa a aplicação dos mesmos em situações cotidianas, especialmente àquelas relacionadas à seleção artificial (ANEXO L, ANEXO M e ANEXO N).

Porém, é necessário destacar que o momento inicial para o desenvolvimento dos conceitos vinculados às competências (5) e (6) se encontra na atividade “*A evolução dos palitos*”. Como insistimos ao longo deste trabalho, tal atividade é problemática à medida que apresenta uma visão linear e transformista do processo evolutivo. Deste modo, mesmo que as orientações didático-pedagógicas presentes no caderno do professor<sup>19</sup> sejam consistentes com a literatura, é necessário que o docente permaneça atento às manifestações orais e/ou gráficas de seus alunos, com vistas a reconduzir tal atividade com o intuito de minimizar possíveis erros conceituais decorrentes da mesma.

A sétima competência preconizada pelos documentos oficiais – “*Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem, etc.)*” – também encontra correspondências com as orientações realizadas pela literatura em ensino de evolução.

---

<sup>19</sup> O caderno de Biologia do professor sugere que o docente “*Destaque que a seleção natural atua sobre as variações dos seres vivos e que as características não surgem com uma ou outra finalidade. As populações vão sofrendo modificações ao longo do tempo, pois os ambientes estão em constante transformação. Vale ressaltar que, na época de Darwin e Wallace, não havia muitos conhecimentos de Genética e que, atualmente, a evolução é explicada pela teoria neodarwinista, que é a teoria darwinista acrescida dos conhecimentos de Genética.*” (SÃO PAULO, 2009B, p. 28).

Associar a dimensão temporal aos processos evolutivos permite clarificar a compreensão da história evolutiva das diversas linhagens de seres vivos, especialmente a história evolutiva das adaptações, contribuindo assim com o desenvolvimento de conceitos relativos a esta temática (CICILLINI, 1991; LICATT, 2005). Adaptações complexas como o olho dos vertebrados, por exemplo, surgem através de uma série de etapas intermediárias que se acumulam gradualmente ao longo das gerações. Neste processo, o tempo é fundamental para a fixação de caracteres nas populações e, em alguns casos, para a ocorrência de especiações (FUTUYMA, 2006).

Ao voltarmos o olhar para os materiais curriculares, verificamos que há apenas um único momento em que a dimensão temporal é associada ao processo evolutivo. Esta ocorre durante a segunda etapa da “Situação de Aprendizagem: *Grandes Linhas de evolução dos Seres Vivos*”, ocasião em que é apresentado, tanto no caderno do aluno como no do professor, a escala do tempo geológico associada aos eventos biológicos mais significativos de cada período (ANEXO H).

As atividades presentes no caderno do aluno e as orientações didático-pedagógicas existentes no caderno do professor associadas à escala do tempo geológico priorizam a identificação de alguns eventos considerados importantes pelo currículo, sendo estes: a conquista do ambiente terrestre, o surgimento dos mamíferos e os períodos de extinção. Neste contexto, os cadernos do professor trazem apenas as respostas para os exercícios propostos pelos cadernos do aluno, nos quais são solicitadas a leitura das informações contidas na referida figura e a localização de eventos específicos.

Deste modo, esta etapa da “Situação de Aprendizagem” não apresenta condições para que os alunos desenvolvam os conteúdos relacionados à importância da dimensão temporal para os processos evolutivos. Assim, as atividades sugeridas pelo currículo, bem como o

contexto apresentado para as mesmas, afastam-se das condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem conceitual. Tais condições são descritas por Zabala e Arnau (2010) como:

Trata-se de atividades complexas que promovam um verdadeiro processo de elaboração e construção pessoal do conceito; que facilitem a relação dos novos conteúdos de aprendizagem com os conhecimentos prévios; que promovam uma forte atividade mental que facilite essas relações; que atribuam relevância e funcionalidade aos novos conceitos e princípios; que representem um desafio ajustado às possibilidades reais, etc. E, por último, atividades que favoreçam a compreensão do conceito a fim de utilizá-lo para a interpretação ou para o conhecimento de situações, ou ainda para a construção de outras ideias (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 101).

Nesta perspectiva, o desenvolvimento da competência preconizada pelo currículo será falho, pois, como discutido anteriormente, a atuação competente apresenta preponderância do elemento procedimental, mas este é amparado pelos conteúdos factuais, conceituais e atitudinais. Considerando ainda as condições para a ocorrência do ensino-aprendizagem de competências propostas por Zabala e Arnau (2010) – a prática reflexiva e tutelada em diferentes situações – verificamos que as condições expostas pelo currículo paulista impossibilitam o desenvolvimento da sétima competência preconizada pelo currículo paulista.

Por sua vez, a competência (8) – *“Interpretar árvores filogenéticas e determinar, neste tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos”* – pertence ao grupo de competências que apresentam um número significativo de abordagens ao longo do currículo, assim como contextos diferenciados para seu tratamento. Deste modo, verificamos a ocorrência da prática reflexiva e tutelada em situações distintas para o desenvolvimento desta competência, elementos estimados como necessários para o ensino-aprendizagem de competências segundo Zabala e Arnau (2010).

Compreender o estabelecimento de relações filogenéticas se mostra como competência fundamental ao ensino-aprendizagem de evolução biológica, dado que estas representações expressam hipóteses das relações evolutivas que as diversas espécies estabelecem entre si, bem como os ancestrais compartilhados pelas mesmas. Futuyma (2002) e Ridley (2006) nos

advertem que estas representações não devem ser compreendidas como sistemas hierárquicos, mas como o padrão de relações divergentes ocorridas ao longo do tempo que conduziram a biodiversidade atual. Ainda a este respeito, os autores nos lembram que as relações filogenéticas são inferidas a partir de caracteres compartilhados entre os grupos de organismos, podendo estes serem morfológicos (de espécies fósseis e/ou viventes) e/ou moleculares.

Nesta perspectiva, o currículo oferece quatro momentos para o desenvolvimento da competência em questão: (1) em “*Evolução: os seres vivos em transformação*” os alunos tem o primeiro contato com este tipo de representação gráfica, bem como com os conteúdos relacionados à mesma (adaptação, especiação, seleção natural, etc.), por meio da atividade “*A evolução dos palitos*”; (2) em “*Grandes linhas de evolução dos seres vivos*”, os estudantes deverão trabalhar com o conceito de caracteres compartilhados e como estes contribuem para a elaboração de hipóteses filogenéticas (Cf. Figura 2 deste trabalho); (3) em “*Como os seres humanos evoluíram?*”, a utilização da filogenia visa à retomada de conteúdos abordados com o intuito de verificar a maneira pela qual os estudantes compreenderam o processo evolutivo (Cf. Figura 3 desta pesquisa); e, (4) em “*A espécie humana e seus ancestrais*”, os alunos deverão construir uma hipótese filogenética dos homínídeos com base no levantamento das principais características das espécies do gênero *Homo* (ANEXO Q).

Entretanto, como discutimos em parágrafos anteriores, as situações supracitadas apresentam obstáculos para o pleno desenvolvimento de conteúdos referentes à filogenia, dado que as atividades sugeridas pelo currículo podem conduzir a erros conceituais e/ou inviabilizar a prática reflexiva por parte dos estudantes. Como exemplos, destacamos a atividade “*A evolução dos palitos*” que, devido às deficiências já discutidas, pode acarretar a compreensão de árvores filogenéticas como representações hierárquicas que tratam os organismos segundo uma ordem crescente de aperfeiçoamento/complexidade. Podemos

salientar ainda a atividade “As ‘árvores da vida”” (Cf. Figura 2 deste trabalho) que, apesar de buscar favorecer o desenvolvimento da competência “*Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos*”, as sugestões expressas pelos materiais curriculares para a condução desta atividade poderão dificultar o desenvolvimento dos conteúdos associados a esta, uma vez que tal atividade se aproxima de exercícios classificados por Campos e Nigro (1999) como do tipo “não sobra nada, não falta”.

Nesta perspectiva, verificamos que apesar da oitava competência apresentar os elementos necessários para o ensino-aprendizagem de competências expressos por Zabala e Arnau (2010) – a prática reflexiva e tutelada em contextos distintos – seu desenvolvimento poderá ser dificultado devido à maneira como esta é abordada pelos materiais curriculares. Todavia, acreditamos que os docentes poderão efetuar adequações nas atividades sugeridas pelo currículo paulista com vistas a minimizar aprendizagens distintas das previstas pelos documentos oficiais.

Porém, esbarramos novamente em uma problemática apontada pela literatura: as deficiências na formação docente. Autores como Goederte (2004), Licatti (2005) e Souza (2008) revelam que os professores possuem concepções sobre o processo evolutivo que se distanciam dos conceitos científicos ou ainda que não dominam conceitos basilares da teoria evolutiva. Assim sendo, os docentes poderão não atentar para os erros que as atividades relacionadas à competência (8) podem conduzir, redundando no não desenvolvimento da mesma.

Por sua vez, a competência (9) – “*Analisar criticamente a relação homem-meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive*” – possui grandes possibilidades para o seu desenvolvimento, visto que esta perpassa todo o material destinado

ao quarto bimestre da disciplina de Biologia da terceira série do ensino médio. Neste contexto, enquanto as duas primeiras situações de aprendizagem são destinadas ao processo evolutivo humano, a última busca favorecer a compreensão do modo pelo qual o homem intervém no processo evolutivo de outras espécies.

Para as discussões que seguem a respeito desta competência, destacaremos as situações didáticas que tratam da seleção artificial (intervenções humanas no processo evolutivo), pois as demais competências curriculares tratam exclusivamente da evolução humana. Assim, voltaremos nosso olhar para a última “Situação de Aprendizagem” preconizada pelos materiais curriculares: “*A intervenção humana na evolução, as transformações no ambiente e o futuro da espécie humana*”.

Apesar dos materiais curriculares oferecerem apenas uma situação de aprendizagem para a abordagem de conceitos relativos à seleção artificial e suas implicações, verificamos que os cadernos do aluno e do professor oportunizam uma série de contextos distintos para o desenvolvimento destes. A primeira atividade preconizada pelo currículo (ANEXO L) busca evidenciar que o homem, ao longo da domesticação de espécies animais e vegetais, interferiu no processo reprodutivo de algumas espécies com vistas a favorecer o aumento de variações específicas de seu interesse dentro das populações.

Posteriormente, por meio de estudos dirigidos (ANEXO M e ANEXO N), os estudantes são levados a relacionar a intervenção humana na reprodução de indivíduos com características específicas ao processo evolutivo. Sobre este aspecto, destacamos a atividade “*A domesticação do milho*” (ANEXO M), pois os exercícios associados ao texto favorecem a máxima transformação do conhecimento: enquanto o texto traz explicações sobre os processos que conduziram ao surgimento das espécies de milhos atuais, os exercícios convidam os estudantes a extrapolar tais explicações para o contexto do surgimento das diversas raças de cães. Vale ressaltar que os exercícios citados não representam mera

aplicação direta das explicações contidas no texto, visto que é preciso considerar as diferenças entre a reprodução animal e vegetal na elaboração das respostas.

Finalmente, os materiais curriculares buscam aproximar os conceitos abordados ao cotidiano dos estudantes. Para tanto, novamente através de estudos dirigidos (ANEXO R, ANEXO S e ANEXO T), os cadernos do aluno e do professor apontam para os impactos da intervenção humana no processo evolutivo, sobretudo no campo da medicina. Assim, encontramos indicações para que alunos relacionem os conceitos de seleção artificial e seleção natural com vistas a compreender o surgimento de patógenos resistentes aos medicamentos e como nós contribuímos para este processo.

Nesta perspectiva, verificamos que o currículo oportuniza a prática reflexiva e tutelada dos conceitos abordados em sala de aula, bem como a aplicação e/ou extensão destes em contextos distintos. Assim sendo, esta competência apresenta os elementos necessários para a ocorrência de seu desenvolvimento, aproximando-se das orientações de Zabala e Arnau (2010) no que se refere ao ensino-aprendizagem de competências.

A décima competência preconizada pelo currículo – *“Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos e na análise de árvores filogenéticas”* – aparece nas duas primeiras situações de aprendizagem dos materiais destinados ao quarto bimestre da disciplina de Biologia da terceira série do ensino médio.

Considerando a importância da prática reflexiva e tutelada para o ensino-aprendizagem de competências (ZABALA e ARNAU, 2010), verificamos que os materiais curriculares oferecem um número significativo de ocasiões para a aplicação dos conceitos vinculados à competência em questão. Observamos também que os conteúdos são mobilizados em diferentes contextos como, por exemplo, no levantamento de concepções prévias dos estudantes (Cf. Figura 3 deste trabalho), no estudo dirigido de textos que relatam a importância do registro fóssil para a construção da filogênese humana (ANEXO J e



ANEXO K) e na pesquisa em sala de aula para a elaboração de hipóteses filogenéticas para o gênero *Homo* (ANEXO Q).

Todavia, é importante salientar que nem todas as situações supracitadas permitem que os estudantes realizem a máxima transformação do conhecimento. Como exemplo deste fato, podemos citar as atividades relacionadas ao texto “*Lucy e os ancestrais humanos*” (ANEXO J), em que os alunos são levados a localizar no referido texto as respostas mais adequadas para as questões propostas e transcrevê-las. Neste contexto, encontramos poucas atividades relacionadas à competência (10) que requeiram atividade mental<sup>20</sup> dos alunos, o que pode acarretar desenvolvimentos falhos desta competência, visto que a aplicação e/ou a extensão de conceitos é dificultada devido à maneira pela qual os exercícios são apresentados nos materiais curriculares.

Por fim, a competência (11) – “*Interpretar o processo evolutivo humano como o resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais*” – apresenta uma única situação para o seu desenvolvimento. Nesta, por meio de pesquisas (ANEXO U), os alunos deverão compreender como o surgimento da linguagem oral, da caça cooperativa, do controle e produção de fogo e a técnica de fabricação de ferramentas influenciaram o processo evolutivo humano.

Neste contexto, observamos a não ocorrência da prática reflexiva e tutelada em situações distintas para o desenvolvimento desta competência. Assim, acreditamos que os conteúdos vinculados à competência (11) terão seu desenvolvimento dificultado (ou inexistente), uma vez que os materiais curriculares não oportunizam a prática dos mesmos, sendo este um elemento necessário para a aplicação de conceitos em ocasiões futuras (ZABALA e ARNAU, 2010).

---

<sup>20</sup> “Atividade mental que é possível a partir da realização de diversas atividades pessoais que facilitam esse processo: a observação, a análise, os contrastes, a aplicação em contextos diversos, etc. Essa atividade mental, conseqüentemente, passa em muitos casos pela atividade física do aluno, mas na qual esta atividade física é somente o meio para que o processo mental construtivo seja produzido” (ZABALA e ARNAU, 2010, p. 98).

Contudo, verificamos que não há uma completa correspondência entre as competências preconizadas pelos documentos oficiais para o ensino-aprendizagem de evolução e as condições para o seu desenvolvimento sugeridas pelo currículo paulista. Tomando como referência os pressupostos de Zabala e Arnau (2010) sobre o ensino-aprendizagem de competências e a partir dos exemplos discutidos, constatamos que as atividades sugeridas nos cadernos do aluno e as orientações didático-pedagógicas presentes nos cadernos do professor não favorecem que os estudantes pratiquem a exercitação tutelada e reflexiva em diferentes contextos dos conteúdos (factuals, conceituais, procedimentais e atitudinais) preconizados pelos materiais analisados.

Assim, os descritores de aprendizagem referentes à evolução encontram-se dispostos em um continuum, sendo que em um dos extremos encontramos aqueles que terão seu desenvolvimento favorecido dado às condições de produção oferecidas pelo currículo e, em outro extremo, aqueles que seu desenvolvimento será dificultado (ou impossibilitado), visto que as atividades referentes aos mesmos não subsidiam o processo de ensino-aprendizagem. Nestes termos, a fim de desenvolver igualmente todas as competências preconizadas pelos documentos oficiais, os professores deverão realizar adequações nos materiais distribuídos pela SEE-SP de modo a possibilitar que os alunos exercitem os conteúdos aprendidos ao longo do processo de ensino-aprendizagem e o façam em contextos diferenciados.

Nestes termos, acreditamos também que é necessário que a SEE-SP realize trabalhos de revisão e atualização dos cadernos do aluno e professor com vistas não somente a modificar os conteúdos abordados nos mesmos, mas também suas condições de produção. Desta maneira, julgamos ser importante que novas edições destes materiais apresentem mais situações em que os estudantes sejam levados a realizar a máxima transformação dos conteúdos aprendidos e também que possam realizar transferências destes entre contextos distintos.

### **3.4. INDICADORES DE APRENDIZAGEM E A LITERATURA EDUCACIONAL SOBRE ENSINO DE EVOLUÇÃO**

As discussões empreendidas até o momento nos possibilitaram demarcar e discutir respostas para duas das três questões de pesquisa por nós propostas no início deste trabalho, a saber: (1) Quais os descritores de aprendizagem (e suas características) para o tema “Origem e Evolução da Vida” preconizados para a educação básica do Estado de São Paulo?; e (2) Quais são as principais características das condições didáticas sugeridas e estimadas como necessárias para ocorrência dos descritores explicitados para o ensino de evolução?

O caminho trilhado evidenciou que há sobreposições entre os descritores de aprendizagem (ou competências) preconizados pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP e o Currículo do Estado de São Paulo. Tal fato se deve à maneira pelo qual ocorreu a elaboração da nova base curricular paulista, visto que esta fora elaborada de modo fundamentado nas Matrizes de Referência que orientam o sistema de avaliação estadual.

As competências preconizadas pelos documentos oficiais para o ensino-aprendizagem de evolução biológica apresentam concordâncias com a literatura educacional da área, uma vez que prevêem o desenvolvimento de conceitos (factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais) importantes para a compreensão da origem e da evolução da vida na Terra. Verificamos também que as referidas competências possuem características que as aproximam dos pressupostos de Zabala e Arnau (2010) no que se refere ao ensino-aprendizagem de competências: a atuação competente possui preponderância do elemento procedimental, sendo este amparado por fatos, conceitos e atitudes.

Entretanto, ao contrastarmos as competências preconizadas pelos documentos oficiais e suas condições de produção expressas pelos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP à rede estadual de ensino, verificamos que seu desenvolvimento não se apresenta como consequência direta e imediata da adesão às orientações e às modalidades didáticas presentes

nestes materiais, diferentemente, a consecução dos indicadores de aprendizagem impõe análises e interpretações criteriosas das condições didáticas e as atuações competentes que definem tais descritores. Tal situação se apresenta porque as atividades presentes nos cadernos do aluno e as orientações didático-pedagógicas existentes nos cadernos do professor não favorecem, em alguns casos, a prática tutelada e reflexiva dos conteúdos aprendidos, assim como a aplicação destes em contextos diferenciados. Nestes termos, constatamos uma correspondência parcial entre os descritores de aprendizagem previstos para o ensino de evolução biológica e as “Situações de Aprendizagem” apresentadas pelo currículo do Estado de São Paulo.

Assim sendo, ainda nos resta responder uma questão: nas duas últimas décadas (1990-2010), ou seja, em um período coincidente com a implantação da avaliação do SARESP no Estado de São Paulo, quais são as principais medidas de aprendizagem apontadas pela pesquisa acadêmica (representadas por dissertações e teses) para o desenvolvimento de conteúdos referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida”?

Tal questionamento é necessário porque acreditamos que, dentre outros aspectos, a pesquisa acadêmica deva se colocar a serviço da educação básica, seja apontando caminhos didático-pedagógicos, seja se constituindo em subsídios para a formação docente inicial e/ou continuada. Também julgamos pertinente esta nossa questão de pesquisa uma vez que as investigações científicas se inserem em um dado tempo e espaço e, sendo assim, sofrem influências e influenciam o contexto sócio-histórico ao qual pertencem.

Nesta perspectiva, com vistas a responder nossa questão de pesquisa, realizamos o levantamento de dissertações e teses produzidas junto a programas de Pós-Graduação em Educação e/ou Educação para a Ciência como o descrito no segundo capítulo deste trabalho. O primeiro procedimento de busca – levantamento de trabalhos acadêmicos em bases de dados disponíveis na internet – gerou um total de trinta e nove pesquisas, cuja leitura dos

títulos, palavras-chave e/ou resumos indicavam que as mesmas versavam sobre o ensino-aprendizagem de evolução biológica.

A segunda etapa do levantamento consistiu na verificação de quais destes trabalhos se encontram disponíveis integralmente em endereços eletrônicos da internet. Como justificamos anteriormente, procedemos desta maneira porque direcionamos nossos esforços de pesquisa para aqueles materiais que se encontram prontamente disponíveis ao público, dado o objetivo prioritário de cotejar nossas análises dos descritores de aprendizagem com as pesquisas acadêmicas de domínio público, tanto quanto de acesso mais direto e facilitado. Possivelmente tal condição possa não somente induzir o contato de audiências distintas com os materiais envolvidos, como também ampliar as possibilidades de sucesso na iniciativa.

Para verificar a disponibilidade online dos materiais, utilizamos três ferramentas de busca, a saber: (1) as bases de dados consultadas, dado que apresentam, em alguns casos, os endereços eletrônicos em que se encontram as pesquisas levantadas; (2) os sites dos programas de pós-graduação em que os trabalhos foram desenvolvidos, uma vez que estes oferecem, geralmente, bibliotecas online; e, (3) sites de busca<sup>21</sup> da internet, nos quais utilizamos como marcadores de pesquisa os nomes dos autores e/ou os títulos das dissertações e/ou teses levantadas. Neste processo, constatamos que dos trinta e nove materiais levantados, apenas dezenove destes encontram-se disponíveis integralmente na internet. O quadro abaixo traz as pesquisas acadêmicas levantadas, destacando aquelas com acesso livre e que foram analisadas por esta pesquisa:

---

<sup>21</sup> Para esta pesquisa, utilizamos os seguintes sites: Bing® (Disponível em <<http://br.bing.com>>), Google® (Disponível em <<http://www.google.com.br>>), Google Acadêmico® (Disponível em <<http://scholar.google.com.br>>) e Yahoo! Search® (Disponível em <<http://br.search.yahoo.com>>).

ANO	NÍVEL ACADÊMICO	INSTITUIÇÃO / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO	AUTOR(A)	TÍTULO
1991	Mestrado	Universidade Estadual de Campinas / Educação	Graça Aparecida Cicillini	A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no segundo grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos
1991	Doutorado	Universidade de São Paulo / Educação	Nélio Marco Vincenzo Bizzo	Ensino de evolução e história do darwinismo
1993	Mestrado	Universidade Estadual de Campinas / Educação	Silvia Nogueira Chaves	Evolução de idéias e idéias de evolução: a evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor do ensino secundário
1997	Doutorado	Universidade Estadual de Campinas / Educação	Graça Aparecida Cicillini	A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do ensino médio: a teoria da evolução como exemplo
1999	Mestrado	Universidade Metodista de Piracicaba / Educação	Irene Carniatto	A formação inicial do sujeito professor - investigação narrativa na prática do ensino da didática das Ciências/Biologia
1999	Mestrado	Universidade Federal Fluminense / Educação	Ligia Cristina Ferreria Machado	Interações discursivas e aprendizagem no contexto da sala de aula de ciências
1999	Mestrado	Universidade de São Paulo / Educação / Ciências Biológicas (Genética)	Silvana Cristina dos Santos	O ensino e aprendizagem da evolução biológica no cotidiano da sala de aula
2000	Mestrado	Universidade Estadual de Campinas / Educação	Daniel Luis Montagnini	O ensino da diversidade e da evolução biológicas: um estudo crítico-reflexivo sobre a própria prática docente
2000	Mestrado	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / Educação para a Ciência	Júlio César Castilho Razera	Ética em assuntos controvertidos no ensino de Ciências: perspectivas ao desenvolvimento moral nas atitudes que configuram as controvérsias entre evolucionismo e criacionismo
2001	Mestrado	Universidade Estadual de Maringá / Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática	Simone Sartori Jabur	História, evolução e educação: o materialismo científico de Charles Darwin e Thomas Henry Huxley
2002	Mestrado	Universidade Federal de Minas Gerais / Educação	Gisnaldo Amorim Pinto	Análise reptórica de livros didáticos: o caso da evolução biológica
2003	Mestrado	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / Educação para a Ciência	Elaine Aparecida Daniel	Concepções de futuros professores da escola básica sobre evolução dos seres vivos: implicações para a prática docente
2004	Mestrado	Universidade Federal de Santa Catarina / Educação Científica e Tecnológica	Ana Paula Carneiro Neto	A evolução biológica aos olhos de professores não licenciados
2004	Mestrado	Universidade Federal de São Carlos / Educação	Douglas Verrangia Corrêa da Silva	Análise do desenvolvimento de conceitos científicos sobre a teoria da evolução das espécies em alunos do ensino médio

2004	Mestrado	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / Educação para a Ciência	Fernanda Aparecida Meglhoratti	História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da Ciência pelos professores de Biologia
2004	Mestrado	Universidade Federal de Santa Catarina / Educação Científica e Tecnológica	Lidiane Goedert	A formação do professor de Biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica
2005	Mestrado	Universidade Federal do Rio de Janeiro / Educação em Ciência e Saúde	Eliane Dias de Franco Trigo	Ciência, um convidado especial na sala de aula de Biologia: estudo exploratório de um encontro cultural entre ciência e religião no ensino médio
2005	Mestrado	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / Educação para a Ciência	Fábio Licatti	O ensino da evolução biológica no nível médio: investigando concepções de professores de Biologia
2005	Mestrado	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" / Educação para a Ciência	Márcio Andrei Guimarães	Cladogramas e evolução no ensino de Biologia
2006	Doutorado	Universidade de São Paulo / Educação	Jeferson Botelho de Oliveira	O tempo geológico no ensino fundamental e médio: os estudantes e os livros didáticos
2006	Mestrado	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais / Educação Tecnológica	Maria de Fátima Marcelos	Analogias e metáforas da árvore da vida de Charles Darwin na prática escolar
2007	Mestrado	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo / Ciências da Religião	Andrea Porto Luiz Madeira	Fé e evolução: a influência de crenças religiosas sobre a criação do homem na aprendizagem da teoria da evolução com alunos do 3º ano do ensino médio
2007	Doutorado	Universidade Federal de Pernambuco / Psicologia cognitiva	Argus Vasconcelos de Almeida	A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Lamarck e Darwin e os processos de conceitualização da biologia evolutiva
2007	Mestrado	Universidade Federal Fluminense / Educação	Maicon Jeferson da Costa Azevedo	Explicações teleológicas no ensino de evolução: um estudo sobre os saberes mobilizados por professores de Biologia
2007	Mestrado	Universidade Luterana do Brasil / Ensino de Ciência e Matemática	Roberta Lipp Coimbra	A influência da crença religiosa no processo de ensino em evolução biológica
2008	Mestrado Profissionalizante	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais / Ensino	Adriana Gonçalves Soares	A produção de sentido em Biologia: a contribuição de uma atividade de leitura, discussão e produção de texto
2008	Mestrado	Universidade de Brasília / Educação	Alessandra Kemper	A evolução biológica e as revistas de divulgação científica: potencialidades e limitações para o uso em sala de aula
2008	Mestrado	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul / Educação em Ciência e Matemática	Aline de Castilho Mello	Evolução biológica: concepções de alunos e reflexões didáticas

2008	Mestrado	Universidade Estadual de Campinas / Ensino e História das Ciências da Terra	Carina Merheb de Azevedo Souza	A presença do evolucionismo e do criacionismo em disciplinas do ensino médio (Geografia, História e Biologia): um mapeamento de conteúdos na sala de aula sob a ótica dos professores
2008	Mestrado	Fundação Oswaldo Cruz	Chrystian Carlétti	A percepção infantil das questões relacionadas à teoria da evolução: um estudo com crianças do Rio de Janeiro
2008	Mestrado	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” / Educação para a Ciência	Daniel Pauli Lucena	Evolução biológica pelo modo não-tradicional: como professores de ensino médio lidam com esta situação?
2008	Mestrado	Universidade Estadual de Londrina / Ensino de Ciência e Educação Matemática	Edmara Silvana Joia Zamberlan	Contribuições da história e filosofia da Ciência para o ensino da evolução biológica
2009	Doutorado	Universidade de São Paulo / Educação	Acacio Alexandre Pagan	Ser (animal) humano: evolucionismo e criacionismo nas concepções de alguns graduandos em ciências biológicas
2009	Mestrado	Universidade Federal do Rio de Janeiro / Educação em Ciência e Saúde	Andrea Vianna Cerqueira	Representações sociais de dois grupos de professores de biologia sobre ensino de origem da vida e evolução biológica: aspirações, ambiguidades e demandas profissionais
2009	Mestrado	Universidade de São Paulo / Educação	Graciela da Silva Oliveira	Aceitação / rejeição da evolução biológica: atitudes de alunos da educação básica
2009	Mestrado	Universidade Federal da Bahia / Ensino, Filosofia e História das Ciências	Helenadja Mota Rios Pereira	Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de Biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica
2009	Mestrado	Universidade Federal de Minas Gerais / Educação	Júnia Freguglia Machado Garcia	A Produção de sentidos no contexto de uma aula de ciências sobre adaptação biológica mediada por um desenho de animação
2009	Mestrado	Universidade Federal de Minas Gerais / Educação	Mariana de Lima Tavares	Argumentação em sala de aula de biologia sobre a teoria sintética da evolução
2010	Mestrado	Universidade Federal de Santa Maria / Educação em Ciências	Luciane Carvalho Oleques	Evolução biológica: percepções de professores de Biologia de Santa Maria, RS

Quadro 13. Dissertações e teses sobre ensino de evolução biológica produzidas entre as décadas de 1990 e 2010. Em destaque, as pesquisas que se encontram disponíveis integralmente na internet.



Ao observarmos o quadro acima, verificamos que o acervo de materiais levantados – tanto o acervo geral como os documentos selecionados para esta investigação – é composto, em sua maioria, por dissertações de mestrado. Dentre os dezenove trabalhos acadêmicos por nós analisados, a proporção de dissertações mostra-se superior à de teses, dado que estas respondem por cerca de 90% do acervo pesquisado.

Outra característica que podemos depreender a partir do Quadro 13 é que a grande maioria das pesquisas acadêmicas com acesso livre na internet, dezesseis dos dezenove documentos, é representada por investigações desenvolvidas durante a década de 2000. Entretanto, julgamos ser prematuro atribuir este fato aos avanços na área da informática, visto que há programas de pós-graduação em Educação como, por exemplo, o da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), que disponibilizam gratuita e integralmente todos os trabalhos acadêmicos desenvolvidos junto a esta instituição de ensino superior. Deste modo, acreditamos que uma provável explicação se deva ao maior ou menor interesse das universidades em tornar público as pesquisas desenvolvidos em seu âmbito.

Em relação às temáticas investigadas pelas pesquisas em ensino de evolução biológica, constatamos que estas são variadas, compreendendo estudos sobre concepções prévias de estudantes e professores, análises de livros didáticos, utilização de analogias e metáforas nos processos de ensino-aprendizagem, dentre outras. O quadro abaixo apresenta os temas pesquisados pelo conjunto de documentos analisados:

TEMÁTICA(S)		AUTOR(ES)	
Analogias e metáforas		Marcelos (2006).	
Concepções prévias sobre origem e evolução da vida	Professores	Carneiro (2004); Meghlioratti(2004); Licatti (2005); Azevedo (2007); Madeira (2007); Souza (2008); Oleques (2010).	
		Ensino Fundamental	Oliveira (2009)
	Alunos	Ensino Médio	Chaves (1993); Guimarães (2005); Madeira (2007); Mello (2008).
		Ensino Superior	Meghlioratti (2004); Pagan (2009).
Divulgação científica		Kemper (2008).	
Educação não-formal		Lucena (2008).	
Formação docente	Formação inicial	Goedert (2004).	
	Formação continuada	Meghlioratti (2004); Licatti (2005); Azevedo (2007)	
Livro didático		Cicillini (1991).	
Recursos didáticos alternativos		Garcia (2009).	
Sequência didática		Chaves (1993); Cicillini (1997)	

Quadro 14. Temáticas abordadas pelas pesquisas em ensino de evolução biológica representadas por dissertações e/ou teses produzidas durante o período de 1990-2010 e que se encontram disponíveis integralmente em endereços eletrônicos.

O Quadro 14 acima revela que as pesquisas sobre concepções prévias acerca da temática origem e evolução da vida respondem pela maioria dos trabalhos levantados. Sobre este aspecto, constatamos que esta tendência de investigação se manteve ao longo de todo período considerado neste estudo e englobam todos os níveis de ensino. Tal fato vai ao encontro dos achados de Teixeira (2008), que aponta que as investigações sobre concepções alternativas em ensino de Biologia representam cerca de 20% das pesquisas desenvolvidas na área, tendo um aumento em sua concentração a partir da década de 1990.

Na sequência, empreendemos a leitura das dissertações e das teses relacionadas por esta investigação, buscando elementos indicativos de quais temáticas ou conteúdos curriculares deveriam ser considerados em se tratando do ensino-aprendizagem de evolução biológica, bem como quais os fatos, conceitos, procedimentos e/ou atitudes deveriam se

constituir em medidas do desenvolvimento de uma atuação competente em torno da teoria evolutiva.

Ressaltamos que este nosso olhar sobre as pesquisas levantadas não busca criticar a produção acadêmica sobre ensino de evolução biológica, pois os diversos autores sustentam objetivos que se distanciam da apresentação e/ou proposição de indicadores de aprendizagem para a temática evolutiva, como podemos verificar no quadro abaixo:

AUTOR / ANO	OBJETIVO(S)	ESTRATÉGIA(S) METODOLÓGICA(S)
Cicillini (1991)	<i>“(…) pretende-se verificar, neste trabalho, de que maneira os livros didáticos de Biologia usualmente utilizados no ensino de 2º grau tratam a Teoria da Evolução enquanto um princípio ordenador dos conteúdos biológicos e, conseqüentemente, como um componente metodológico deste ensino, na medida em que o conhecimento biológico tem na Teoria da Evolução o seu princípio ordenador” (p. 24).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental</li> </ul>
Chaves (1993)	<i>“(…) centramos nossa atenção em um processo de ensino-aprendizagem de Evolução, objetivando analisar as concepções manifestadas por 24 (vinte e quatro) alunos e pelo professor naquele processo, que se desenvolveu em uma sala de aula do ensino secundário de Biologia de uma escola pública estadual da cidade de Belém (PA)” (p. 3).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas;</li> <li>• Observação;</li> <li>• Questionários.</li> </ul>
Cicillini (1997)	<i>“- verificar de que maneira está acontecendo a produção do conhecimento biológica no ambiente escolar do Ensino Médio no interior da sala de aula, tendo como foco de análise os conteúdos relacionados à Teoria da Evolução - elucidar alguns aspectos das condições de produção do ensino de Biologia que aproximam ou distanciam esse ensino dos conhecimentos usualmente produzidos na academia” (p. 29)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observação.</li> </ul>
Carneiro (2004)	<i>“O objetivo geral deste estudo é o de contribuir para o entendimento dos problemas que permeiam a abordagem docente do tema Evolução Biológica, a partir da identificação e análise de diferentes concepções expressas por professores de Biologia do ensino médio” (p. 16)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental;</li> <li>• Questionários;</li> </ul>
Meghlioratti (2004)	<i>“a presente pesquisa procura compreender quais concepções os professores em formação inicial e continuada possuem sobre ciência, evolução e história do pensamento evolutivo. Além disso, pretende delinear caminhos para a utilização da história da construção do conceito de evolução biológica através da formulação de um aporte teórico (revisão histórica) e pela realização de algumas reflexões geradas a partir da análise dos questionários e entrevistas com professores em formação inicial e continuada” (p. 15).</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevista semiestruturada;</li> <li>• Questionários.</li> </ul>

Goedert (2004)	<p>“(…) o presente trabalho tem como objetivo geral contribuir para a melhoria do ensino do tema <i>Evolução Biológica</i>, tanto no Ensino Médio quanto nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas em geral e, de modo especial, no curso da UFSC. De maneira mais específica, visou-se: a) analisar aspectos da formação inicial do professor de <i>Biologia</i> egresso da UFSC, durante a década de 1990, que possam ter contribuído (ou não) para as dificuldades que se apresentam ao ensinar o tema <i>Evolução Biológica</i>; b) caracterizar a formação inicial e continuada dos licenciados quanto ao tratamento do tema <i>Evolução Biológica</i>; c) identificar como os licenciados lidam com o ensino da <i>Evolução Biológica</i> na sua prática escolar; e d) identificar quais as dificuldades que enfrentam no ensino da <i>Evolução Biológica</i>.” (p. 18-19)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas semiestruturadas.</li> </ul>
Licatti (2005)	<p>“• Identificar e analisar concepções de professores de Ciências e <i>Biologia</i> sobre conteúdos de <i>Evolução Biológica</i>, em um contexto de formação continuada sobre o tema.</p> <p>• Contribuir para as discussões sobre o ensino de conteúdos de <i>Evolução</i> na disciplina de <i>Biologia</i> no Ensino Médio, tendo como referência a análise das concepções dos professores participantes da investigação” (p. 13).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental;</li> <li>• Entrevistas semiestruturadas;</li> <li>• Observação participante.</li> </ul>
Guimarães (2005)	<p>“(…) buscou-se analisar as contribuições da sistemática filogenética para o ensino de <i>biologia</i> de nível médio” (p. 7).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observação participante</li> </ul>
Marcellos (2006)	<p>“Temos o objetivo de contribuir para a melhoria do ensino de <i>Biologia</i> por meio da análise de analogias e metáforas contidas em teorias científicas. Neste estudo, nos propusemos realizar uma análise das A&amp;M presentes na <i>Árvore da Vida da Teoria da Evolução darwinista</i> e verificar como elas aparecem no discurso de professores de <i>Biologia</i>, na concepção de alunos de Ensino Médio e em livros didáticos” (p. 20-21).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental;</li> <li>• Grupo Focal;</li> <li>• Observação;</li> <li>• Questionários.</li> </ul>
Madeira (2007)	<p>“o que nos interessa investigar é como a escola pública age e reage diante de questões de alunos com determinada orientação religiosa que privilegia a abordagem bíblica da origem do homem e do universo e que se sentem agredidos no âmbito da sala de aula, com respeito a seu direito de crer e pensar sobre a criação do homem como uma questão de ordem religiosa” (16-17).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário</li> </ul>
Azevedo (2007)	<p>“O presente trabalho tem como finalidade investigar o pensamento teleológico em suas implicações para o ensino e a formação de professores de <i>Biologia</i>. Particularmente, visa a compreender como os professores utilizam os argumentos teleológicos na elaboração das explicações sobre temáticas de evolução no ensino de <i>Biologia</i>” (p. IV)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental;</li> <li>• Grupo focal;</li> <li>• Observação participante.</li> </ul>
Kemper (2008)	<p>“Este trabalho tem como objetivo examinar como a <i>Evolução Biológica</i> é apresentada em duas revistas de <i>Divulgação Científica</i> com maior tiragem no Brasil, com vistas ao uso desse material em sala de aula de ciências” (p. 48).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise documental.</li> </ul>

Mello (2008)	<p>“1. Investigar concepções de alunos de uma turma do 3º ano do Ensino Médio sobre a Evolução Biológica, analisando possíveis confusões conceituais e dificuldades de compreensão.</p> <p>2. Identificar obstáculos (didáticos, epistemológicos e religiosos) que permeiam o entendimento do tema Evolução Biológica pelos alunos envolvidos na pesquisa” (p. 13).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionário.</li> </ul>
Souza (2008)	<p>“O principal objetivo deste trabalho é investigar e avaliar como se dá a abordagem do evolucionismo e do criacionismo nas escolas particulares, públicas e confessionais de Ensino Médio nas disciplinas de Biologia, Geografia e História na região de Campinas, levando em consideração os seguintes aspectos: 1. A reação dos alunos frente às aulas expositivas e atividades propostas; 2. a possível interferência da direção na autonomia dos professores; e 3. o resultado das avaliações aplicadas, referentes ao assunto em questão. Estes serão os elementos considerados para a explicação dos conceitos definidos como influentes na caracterização do ensino das teorias sobre a origem do universo e sobre a origem da evolução da vida” (p. 2).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas semiestruturadas.</li> </ul>
Lucena (2008)	<p>“Este estudo tem como objetivo verificar como professores de ensino médio lidam com o uso de recursos e estratégias alternativas de ensino ao ensinarem evolução biológica, verificar como ocorre a relação entre educação informal e a formal na aprendizagem desse conteúdo e como professores do Ensino Médio se posicionam diante dessa relação. Além disso, procuramos verificar como professores do Ensino Médio se portam diante da possibilidade de se oferecer o ensino da evolução biológica ou de alguns de seus aspectos em espaços não-escolares” (p. 11).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas semiestruturadas;</li> <li>• Questionários.</li> </ul>
Pagan (2009)	<p>“(…) o objetivo geral desta pesquisa foi identificar possíveis influências do evolucionismo e do criacionismo nas concepções sobre ‘ser humano’ manifestadas por estudantes universitários de Ciências Biológicas (bacharelado e licenciatura), da Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Tangará da Serra” (p. 19-20).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevista coletiva;</li> <li>• Questionários.</li> </ul>
Oliveira (2009)	<p>“(…) este trabalho pretende verificar a aceitação/rejeição da teoria da evolução de alunos recém-egressos da oitava série (8ª série) do Ensino Fundamental de escolas públicas de Tangará da Serra – MT e São Caetano do Sul – SP; e caracterizar possíveis relações entre a atitude dos informantes sobre teoria evolutiva e a proximidade à ciência e à religião” (p. 20).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questionários</li> </ul>
Garcia (2009)	<p>“(…) busquei compreender os processos de negociação de significados que ocorreram na interação entre estudantes e entre estes e o professor, explicitando também os modos de pensamento acessados por eles e revelados em suas formas de enunciação” (p. 10).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observação</li> </ul>

---

Oleques (2010)	<i>“(...) esta pesquisa tem como objetivo geral verificar as concepções sobre evolução biológica apresentadas por professores de Biologia de escolas estaduais de Santa Maria, RS.” (p. 3).</i>	• Questionários
----------------	---	-----------------

---

Quadro 15. Objetivos de pesquisa e estratégias metodológicas para coleta de dados empregados nas dissertações/teses analisadas por esta pesquisa.

Observando o Quadro 15 acima, constatamos que as dissertações e as teses analisadas não visam à indicação e ao estabelecimento de indicadores de aprendizagem para o ensino de evolução. Todavia, apesar deste distanciamento entre os objetivos sustentados pelos autores analisados e o olhar que lançamos sobre suas pesquisas, acreditamos que é possível depreender destes materiais indicadores para o desenvolvimento de competências e conteúdos vinculados à temática “Origem e Evolução da Vida”. Neste contexto, tais indicadores podem ser depreendidos, sobretudo, a partir da leitura analítica da apresentação e da discussão dos dados levantados pelos pesquisadores, assim como através das considerações emitidas pelos mesmos. Deste modo, ainda que os objetivos sejam distintos, a redação desenvolvida pelos autores lança luzes, em maior ou menor proporção, para quais indicadores de aprendizagem devam ser privilegiados para o ensino de evolução.

Nesta perspectiva, podemos citar a pesquisa desenvolvida por Meghioratti (2004) como um dos trabalhos que nos permite depreender indicadores de aprendizagem para a temática evolutiva. Em seu trabalho, Meghioratti (2004) objetiva compreender as concepções de docentes – em formação inicial e continuada – sobre a teoria da evolução biológica e, ao longo de suas discussões, destaca quais ideias alternativas estão presentes entre os professores e como estas podem interferir nos processos de ensino-aprendizagem. Porém, no decorrer de seu trabalho, a autora aponta para a importância da utilização da história da ciência para o desenvolvimento de conceitos relativos à evolução, destacando que seu uso, além de favorecer o ensino-aprendizagem de conceitos científicos, possibilita a compreensão da ciência enquanto produção humana sócio e historicamente situada.

Em contrapartida, há trabalhos como o desenvolvido por Pagan (2009) que contribuem para a fundamentação da área de pesquisa em ensino de evolução, mas que não nos possibilita depreender indicadores de aprendizagem para a temática evolutiva. Pagan (2009) buscou identificar e compreender as influências do evolucionismo e do criacionismo na concepção de “ser humano” de bacharelandos e licenciandos em Ciências Biológicas e, dentre seus achados, o autor constatou que a aceitação do evolucionismo não se deve à compreensão da teoria evolutiva, mas se constitui como sinal de rompimento com práticas culturais e/ou religiosas e também como busca de aceitação pelo meio científico. Nesta perspectiva, embora o trabalho de Pagan (2009) aponte para os modos através dos quais se dá aceitação da teoria da evolução por graduandos de Ciências Biológicas, o autor, ao longo da redação de seu trabalho, não traz indicações de quais elementos devam ser privilegiados nos processos de ensino-aprendizagem de evolução biológica.

Nestes termos, voltamos a ressaltar que este nosso esforço de análise não visa à crítica, nem a classificação de dissertações e/ou teses em mais ou menos adequadas em termos metodológicos. Desta maneira, lançamos nosso olhar para a produção acadêmica com vistas a buscar, em meio à diversidade de objetivos e objetos de pesquisa, elementos que apontem para quais indicadores de aprendizagem devam ser considerados para o ensino de evolução.

A partir desta proposta de análise, elaboramos um quadro que expõe os indicadores de aprendizagem (ou competências) apontados pela literatura em ensino de evolução:

AUTOR(ES)	TEMA / CONTEÚDO CURRICULAR	INDICADOR DE APRENDIZAGEM
Cicillini (1991, 1997); Chaves (1993); Carneiro (2004); Meghlioratti (2004); Licatti (2005); Oliveira (2009); Oleques (2010)	História e Natureza da Ciência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar e interpretar as várias teorias sobre a origem e a evolução da vida; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconhecer a ciência como produção humana;</li> <li>○ Reconhecer e avaliar que as teorias científicas carregam ideologias e valores dominantes do momento sócio-histórico em que foram elaboradas;</li> <li>○ Reconhecer os momentos sócio-históricos em que as mesmas foram elaboradas e consolidadas;</li> </ul> </li> </ul>
Cicillini (1991); Licatti (2005)	Tempo Geológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar a história da origem e da evolução da vida na Terra com base em escala temporal (escala do tempo geológico); <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconhecer a vida como um processo contínuo de modificação ao longo do tempo;</li> <li>○ Reconhecer o papel preponderante que o tempo desempenha nos processos evolutivos.</li> </ul> </li> </ul>
Guimarães (2005); Oleques (2010)	Filogenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir, ler e interpretar cladogramas; <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estabelecer sínteses e sistematizações de conceitos biológicos por meio de cladogramas;</li> <li>○ Identificar e interpretar as relações de parentesco entre os grupos de seres vivos;</li> </ul> </li> </ul>

Quadro 16. Indicadores de aprendizagem apontados pela literatura em ensino de evolução biológica para o tema "*Origem e Evolução da Vida*".

Ao compararmos os indicadores de aprendizagem depreendidos da literatura com os preconizados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo (Cf. Quadro 8 deste trabalho), verificamos que a abrangência das competências sugeridas pelas pesquisas em ensino de evolução apresentam menor número em relação às apreoadas pela matriz de avaliação do SARESP e pelo currículo paulista. Apesar desta limitação, é possível traçar aproximações entre as referidas medidas de aprendizagem, como podemos observar no quadro abaixo:



TEMÁTICA	INDICADORES DE APRENDIZAGEM PRESENTES NA LITERATURA SOBRE ENSINO DE EVOLUÇÃO (1990-2010)	INDICADORES DE APRENDIZAGEM PRECONIZADOS PELOS DOCUMENTOS OFICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA DO ESTADO DE SÃO PAULO
História e natureza da ciência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar e interpretar as várias teorias sobre a origem e a evolução da vida;               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconhecer a ciência como produção humana;</li> <li>○ Reconhecer e avaliar que as teorias científicas carregam ideologias e valores dominantes do momento sócio-histórico em que foram elaboradas;</li> <li>○ Reconhecer os momentos sócio-históricos em que as mesmas foram elaboradas e consolidadas;</li> </ul> </li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Analisar as ideias sobre a origem da vida a partir da leitura de textos históricos;               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Interpretar concepções religiosas e científicas para a origem da vida e dos seres vivos;</li> </ol> </li> <li>(2) Identificar as ideias evolucionistas de Darwin e de Lamarck com base na leitura de textos históricos;</li> </ol>
Evidências evolutivas		<ol style="list-style-type: none"> <li>(3) Identificar evidências do processo de evolução biológica (fósseis, órgãos análogos, homólogos e vestigiais);               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar e caracterizar as evidências da evolução biológica;</li> </ol> </li> </ol>
Mecanismos evolutivos		<ol style="list-style-type: none"> <li>(4) Identificar o papel dos isolamentos geográfico e reprodutivo na formação de novas espécies;</li> <li>(5) Identificar os mecanismos geradores (mutação e recombinação) e os fatores orientadores (seleção natural) da grande variabilidade dos seres vivos;</li> <li>(6) Inferir que o resultado da seleção natural é a preservação e a transmissão para os descendentes das variações orgânicas favoráveis à sobrevivência da espécie no ambiente;</li> </ol>
Tempo geológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar a história da origem e da evolução da vida na Terra com base em escala temporal (escala do tempo geológico);               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reconhecer a vida como um processo contínuo de modificação ao longo do tempo;</li> <li>○ Reconhecer o papel preponderante que o tempo desempenha nos processos evolutivos.</li> </ul> </li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(7) Interpretar a história da vida na Terra com base em escala temporal, indicando os principais eventos (surgimento da vida, das plantas, do homem etc.);               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Estabelecer a relação entre as condições da Terra primitiva e a origem dos primeiros seres vivos;</li> </ol> </li> </ol>
Filogenia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir, ler e interpretar cladogramas;               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Estabelecer sínteses e sistematizações de conceitos biológicos por meio de cladogramas;</li> <li>○ Identificar e interpretar as relações de parentesco entre os grupos de seres vivos;</li> </ul> </li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>(8) Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os seres vivos;               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar por comparação as conquistas evolutivas de um grupo de seres vivos em relação a outros;</li> <li>b. Reconhecer as principais etapas da evolução dos grandes grupos de organismos.</li> </ol> </li> </ol>

Intervenções humanas no processo evolutivo	<p>(9) Analisar criticamente a relação homem-meio, em situações concretas, reconhecendo a espécie humana como parte integrante de um processo no qual ela modifica e é modificada pelo ambiente em que vive;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Avaliar as implicações evolutivas dos processos de seleção artificial de espécies animais e vegetais;</li> <li>b. Avaliar os impactos da transformação e adaptação do ambiente aos interesses da espécie humana;</li> <li>c. Reconhecer os impactos da intervenção humana na evolução, nos campos da medicina, da agricultura e da farmacologia, e a relação com o aumento da esperança de vida;</li> </ul>
Evolução humana	<p>(10) Identificar as principais etapas da evolução humana com base em textos ou na análise de árvores filogenéticas;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Estabelecer relações de parentesco em árvores filogenéticas de homínídeos;</li> <li>b. Ler e interpretar imagens relativas à evolução dos homínídeos;</li> </ul> <p>(11) Interpretar o processo evolutivo humano como resultado da interação entre mecanismos biológicos e culturais;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identificar e explicar aspectos da interação entre os mecanismos biológicos e culturais na evolução humana.</li> </ul>

Quadro 17. Comparação entre os indicadores de aprendizagem para o ensino-aprendizagem presentes na literatura em ensino de evolução biológica e nos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo.

Observando o Quadro 17 acima, verificamos que a literatura apresenta um menor número de indicadores de aprendizagem para o tema “Origem e Evolução da Vida” em relação aos descritores preconizados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Enquanto os descritores de aprendizagem apregoados pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP e pelo currículo paulista apontam para a necessidade de desenvolver competências e conteúdos associados às sete temáticas descritas no Quadro 17 acima (história e natureza das ciências, evidências evolutivas, mecanismos evolutivos, tempo geológico, filogenia, intervenções humanas no processo evolutivo, evolução humana), a literatura em ensino de evolução destacam a importância de enfatizar as temáticas relativas à

história e natureza da ciência, ao tempo geológico e à filogenia para o desenvolvimento de competências e conteúdos referentes à evolução biológica.

Ao compararmos os indicadores e os descritores de aprendizagem, constatamos que os primeiros apresentam elementos adicionais em relação aos últimos. Nesta perspectiva, os indicadores depreendidos da literatura relativos à temática “História e natureza da ciência”, abarcam sobremaneira a dimensão sociológica para o desenvolvimento de competências e conteúdos vinculados à teoria evolutiva; em relação ao tema “Tempo geológico”, as competências sugeridas pela literatura enfatizam o reconhecimento da preponderância da dimensão temporal nos processos evolutivos; e, para a “Filogenia”, as pesquisas orientam que os alunos devem desenvolver as habilidades de leitura, de interpretação e de construção de cladogramas, ressaltando a importância desta última para os processos de ensino-aprendizagem de evolução biológica.

Todavia, é importante salientar que as pesquisas acadêmicas, apesar de possibilitarem a depreensão de indicadores de aprendizagem, não oferecerem subsídios no que se refere ao desenvolvimento destes, isto é, os trabalhos analisados não apresentam situações e/ou orientações didáticas para a consecução de tais indicadores. Nestes termos, os autores não explicitam quais atividades, estratégias de ensino, conteúdos, etc., são mais adequados para a condução dos processos de ensino-aprendizagem com vistas a favorecer o desenvolvimento de competências acerca da temática evolutiva e de conteúdos vinculados à mesma. Sendo assim, as pesquisas acadêmicas fornecem subsídios para ampliar a dimensão dos descritores das aprendizagens considerados como importantes para o tema evolução biológica segundo os documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Porém, tal contribuição se mostra parcial, dado que as condições para a consecução de tais indicadores são omitidas e/ou não consideradas pelos autores.

Reconhecemos que tais omissões e/ou considerações são justificadas pelo fato de as dissertações e as teses analisadas sustentam objetivos de pesquisa que se distanciam dos presentes neste trabalho (Cf. Quadro 15). Deste modo, voltamos a insistir que não visamos à crítica, mas a constatação e, sendo assim, lançamos nosso olhar para as pesquisas com o intuito de buscar subsídios para o desenvolvimento de processos de ensino-aprendizagem relativos à temática “Origem e Evolução da Vida”.

Acreditamos também que uma possível explicação para este fato seja a forte orientação para o desenvolvimento de pesquisas sobre concepções prévias acerca da origem e evolução da vida (Cf. Quadro 14 deste trabalho). Desta maneira, ao observarmos as dissertações e as teses analisadas, verificamos que a corrente das concepções prévias se faz presente em todo o período considerado e esta área de investigação responde pela maioria das produções acadêmicas investigadas.

Diante deste cenário, a ausência de exposição de situações de ensino-aprendizagem pela literatura educacional, empreendemos o contraste entre os indicadores de aprendizagem sugeridos pelas pesquisas acadêmicas e as condições de seu desenvolvimento presentes nos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP. Assim, buscamos verificar em que medida as situações didáticas oferecidas pelos cadernos do aluno e do professor (atividades e modalidades didáticas sugeridas) subsidiam o desenvolvimento das competências apreendidas da literatura e a ocorrência de correspondências entre descritores e indicadores de aprendizagem.

Contrastando as competências relativas à história e natureza das ciências, verificamos que os indicadores presentes na literatura apresentam maior clareza na descrição das aprendizagens esperadas em relação aos descritores preconizados pelo currículo. Nestes termos, as pesquisas acadêmicas orientam que a compreensão sobre a origem e a evolução da vida se estenda para além dos embates entre criacionismo e evolucionismo e da diferenciação

das teorias evolutivas propostas por Lamarck e por Darwin (e Wallace), requerendo, deste modo, o entendimento da consolidação histórica da teoria evolutiva, bem como as influências decorrentes da relação existente entre ciência e sociedade sofridas ao longo deste processo.

Nesta perspectiva, o desenvolvimento de tal competência requer a abordagem da história da consolidação do pensamento evolutivo que transcenda a mera enumeração de datas significativas e/ou nomeação de personagens importantes, mas a compreensão do contexto histórico-social, dos avanços e retrocessos e dos interesses que permearam (e permeiam) a consolidação da teoria evolutiva. Assim, o indicador de aprendizagem “*Analisar e interpretar as várias teorias sobre a origem e a evolução da vida*” (e seus desdobramentos) depreendido da literatura vai ao encontro das afirmações de autores como Gil-Péres et al (2001), Fernández et al (2002) e Acevedo et al (2005) que orientam os docentes a abordarem as ciências de modo a humanizá-la com vistas a afastar e/ou minimizar visões distorcidas que poderão se colocar como obstáculos à aprendizagem de conteúdos científicos.

Entretanto, se considerarmos como condições para o desenvolvimento desta competência as atividades e as orientações didático-pedagógicas existentes currículo do Estado de São Paulo, constatamos que seu desenvolvimento será falho (ou inexistente). Como discutido na seção anterior deste trabalho, os cadernos do aluno e do professor oferecem poucas situações para a prática tutelada e reflexiva desta competência, assim como sua aplicação em contextos diferenciados. Nestes termos, encontramos poucas situações que remetam à história da consolidação da teoria evolutiva ao longo dos materiais curriculares, bem como à natureza da ciência.

Considerando ainda as diferenças existentes entre as versões de 2009 e de 2010 dos materiais curriculares do Estado de São Paulo, constatamos que a dimensão histórica fora deixada às margens do ensino de evolução nos cadernos do aluno e do professor no ano de 2010. Deste modo, a pesquisa em sala de aula a ser desenvolvida sobre as teorias propostas

por Lamarck e Darwin para a evolução dos seres vivos e que apresenta possibilidades para a abordagem da história e da natureza das ciências (Cf. Quadro 4 deste trabalho), é substituída por uma pesquisa que visa à mera comparação entre as referidas teorias (ANEXO G) (SÃO PAULO, 2009B, 2010D). Nesta tônica, julgamos que as atividades curriculares previstas para o ano de 2009 se mostram mais adequadas, ainda que estas possuam limitações quanto à abordagem histórica da teoria evolutiva, visto que observamos um esvaziamento da dimensão histórico-social dos conteúdos relativos à evolução nos materiais curriculares distribuídos à rede estadual de ensino no ano de 2010.

Assim sendo, julgamos que o professor deverá realizar adequações nas referidas atividades para favorecer o desenvolvimento das competências relativas à história e natureza da ciência. Neste contexto, acreditamos que o docente poderá inserir elementos à pesquisa proposta pelo currículo com o intuito de contemplar a história da consolidação da teoria evolutiva ao longo dos processos de ensino-aprendizagem, tais como os sugeridos por Martins (1998) para a abordagem histórica de teorias científicas: considerar os contextos cultural, econômico, político e social vividos pelos cientistas, buscar pelas dificuldades encontradas pelos pesquisadores ao longo da proposição de teorias e verificar como estas foram recebidas pela comunidade acadêmica e leiga.

Ainda a este respeito, julgamos que a literatura em ensino de evolução, especialmente as pesquisas que nos permitiram depreender esta competência, oferece subsídios aos professores para a adequação das atividades relativas à história e natureza das ciências. Como exemplo deste fato, podemos citar o trabalho de Meghlioratti (2004) que, em seu segundo capítulo, traça o delineamento histórico da construção do conceito de evolução biológica, constituindo-se assim em material de estudo e formação docente.

Por sua vez, a competência “*Interpretar a história da origem e da evolução da vida na Terra com base em escala temporal (escala do tempo geológico)*” depreendida da literatura

apresenta, dentre seus desdobramentos, a necessidade de reconhecer a importância do tempo para a evolução biológica. Entretanto, esta competência, assim como a discutida anteriormente, apresenta dificuldades para sua consecução a partir das atividades previstas pelos cadernos do aluno e do professor distribuídos pela SEE-SP.

Os materiais curriculares apresentam somente uma situação para que os conteúdos relativos à dimensão temporal (tempo geológico) e sua associação à evolução sejam abordados em sala de aula. Em tal situação (ANEXO H e ANEXO I), os alunos são levados a somente identificar determinadas inovações biológicas em uma escala do tempo geológico, impossibilitando o estabelecimento de relações entre o tempo decorrido entre cada inovação, fato que contribuiria sobremaneira para ressaltar a importância da dimensão temporal para o surgimento de adaptações complexas e/ou a ocorrência de especiações.

Nesta perspectiva, verificamos que os cadernos do aluno e do professor se mostram insuficientes para o desenvolvimento da competência depreendida da literatura, sendo necessárias adequações por parte do docente para observar as indicações das pesquisas em ensino de evolução. Desta maneira, acreditamos que os professores poderiam realizar tais adequações por meio da inserção da dimensão temporal nas atividades sugeridas pelo currículo em que são abordados os conceitos de adaptação, ancestralidade comum, especiação, filogenia, seleção natural, etc. Sendo assim, o tempo geológico não seria trabalho somente na situação de aprendizagem “*Grandes linhas de evolução dos seres vivos*” (SÃO PAULO, 2009B), mas ao longo de todos os materiais curriculares, especialmente os destinados ao terceiro bimestre da disciplina de Biologia da terceira série do ensino médio.

Finalmente, a competência “*Construir, ler e interpretar cladogramas*” (e seus desdobramentos) depreendida da literatura também estabelece correspondências com a preconizada pelos documentos oficiais da educação básica paulista – “*Interpretar árvores filogenéticas e determinar, nesse tipo de representação, as relações de parentesco entre os*

*seres vivos*”. Porém, verificamos que o indicador de aprendizagem sugerido pelas pesquisas possui uma dimensão maior em relação ao presente no currículo: o aluno não deverá apenas ler e interpretar árvores filogenéticas, ele também deverá saber construí-las.

Compreender e representar relações filogenéticas são competências fundamentais para o ensino-aprendizagem de evolução biológica, dado que estas representações expressam hipóteses das relações evolutivas que as diversas espécies estabelecem entre si, bem como os ancestrais compartilhados pelas mesmas. Futuyma (2002) e Ridley (2006) nos advertem que estas representações não devem ser compreendidas como sistemas hierárquicos, mas como o padrão de relações divergentes ocorridas ao longo do tempo que conduziram a biodiversidade atual. Ainda a este respeito, os autores nos lembram que as relações filogenéticas são inferidas a partir de caracteres compartilhados entre os grupos de organismos, podendo estes ser morfológicos (de espécies fósseis e/ou viventes) e/ou moleculares. Nestes termos, compreendemos que a construção de árvores filogenéticas constitui uma das etapas a ser desenvolvida no processo de ensino-aprendizagem desta competência, uma vez que a construção de cladogramas representa a materialização do pensamento evolutivo.

Apesar de os cadernos do aluno e do professor apresentarem em várias situações, com mudanças de contexto em alguns casos, atividades relacionadas à compreensão de cladogramas, estas são dirigidas para a leitura e interpretação dos mesmos, com vistas a apreender, a partir destas representações, as relações de parentesco que determinado grupo de seres vivos estabelece.

Neste contexto, apenas uma etapa da “Situação de Aprendizagem: *Grandes Linhas de evolução dos Seres Vivos*” se aproxima da proposta de construção de árvores filogenéticas sugerida pela literatura (Cf. Figura 2 deste trabalho). Julgamos que se trata apenas de uma aproximação dado que a atividade preconizada pelos materiais curriculares já apresenta aos estudantes uma estrutura arboriforme que relaciona grupos de plantas e animais



filogeneticamente, bem como os caracteres compartilhados que os alunos deverão relacionar com a numeração presente nos referidos cladogramas (SÃO PAULO, 2009B, 2009, 2010D).

Como discutido em seções anteriores, apesar das potencialidades da referida atividade, os alunos são levados a desenvolver apenas uma atividade de associação entre os caracteres considerados pelo currículo para a construção de cladogramas referentes aos grupos vegetais e animais. Deste modo, tal atividade se aproxima de exercícios do tipo “não sobra nada, não falta nada” expressos por Campos e Nigro (1999), uma vez que em tal atividade os estudantes podem não expressar sua real compreensão sobre o tema abordado. Ainda sobre este aspecto, as hipóteses sobre quais relacionamentos filogenéticos os grupos trabalhados estabelecem ou podem estabelecer são fornecidos pelos próprios materiais curriculares. Deste modo, acreditamos que tal atividade seria mais significativa se os alunos fossem levados a eleger os caracteres com os quais trabalhariam para estabelecer as relações filogenéticas entre os referidos organismos, bem como levantar hipóteses sobre como representar esta associação em um cladograma.

Assim sendo, acreditamos que as condições oferecidas pelo currículo paulista não favorecem o desenvolvimento da competência depreendida da literatura sobre ensino de evolução, visto que o mesmo se volta apenas para dois aspectos para a compreensão de árvores filogenéticas – a leitura e a interpretação. Nesta perspectiva, com vistas a observar as orientações realizadas pela literatura, o docente deverá adequar as atividades existentes no currículo referentes às árvores filogenéticas e, na medida do possível, inserir exercícios para que os estudantes possam desenvolver a prática reflexiva e tutelada referentes aos conteúdos associados aos cladogramas. Desta maneira, as adequações também poderão favorecer o desenvolvimento da atuação competente por parte dos alunos, visto que, segundo Zabala e Arnau (2010), este é um elemento necessário para o ensino-aprendizagem de competências.

Diante do exposto, verificamos que os indicadores de aprendizagem identificados nas pesquisas acadêmicas sobre ensino de evolução estabelecem correspondências com os descritores preconizados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo. Todavia, os indicadores de aprendizagem sugeridos pelas pesquisas educacionais apresentam elementos adicionais que, a nosso ver, favorecem a compreensão sobre os conteúdos referentes à evolução biológica, dado que ampliam a dimensão sociológica deste tema (história e natureza das ciências), sugerem maior importância à questão temporal (e à gradualidade) do processo evolutivo, bem como o desenvolvimento das habilidades de construção, leitura e interpretação de árvores filogenéticas.

Entretanto, quando verificamos a possibilidade de desenvolvimento destas competências a partir das atividades e orientações didático-pedagógicas apresentadas pelos materiais curriculares (os cadernos do aluno e do professor distribuídos pela SEE-SP à rede estadual de ensino), constatamos que estes não oferecem situações para a ocorrência do desenvolvimento das competências apresentadas pela literatura. Tal fato pode estar relacionado às condições de elaboração do currículo paulista, uma vez que o mesmo fora elaborado de modo a fundamentar o sistema de avaliação estadual (SARESP) e, assim sendo, busca desenvolver as competências preconizadas pelos documentos oficiais, desconsiderando outros elementos indicados pela literatura em ensino de evolução.

Outro fator que dificulta o ensino-aprendizagem das competências apreendidas das pesquisas acadêmicas em ensino de evolução, tomando como condições para sua produção as atividades sugeridas pelo currículo, é o fato de os materiais curriculares oferecerem poucas situações para a prática reflexiva e tutela dos conhecimentos aprendidos, bem como sua aplicação em situações distintas. Neste contexto, encontramos nestes materiais atividades, especialmente aquelas relacionadas aos estudos dirigidos, que requerem pouca atividade mental dos alunos, isto é, poucas atividades em que os estudantes são levados a desenvolver

processos de reelaboração de seus esquemas de conhecimento com vistas a possibilitar manifestações de atuações competentes. Em decorrência deste fato, constatamos que não somente as competências depreendidas da literatura apresentam seu desenvolvimento dificultado (ou mesmo inexistente), mas também aquelas preconizadas pelos documentos oficiais, como discutimos na seção anterior.

Vale destacar também que os indicadores de aprendizagem para o tema “Origem e Evolução da Vida” sugeridos pela literatura correspondem aos descritores preconizados pelos documentos oficiais cujo desenvolvimento poderá ser falho e/ou inexistente, dados as condições didáticas para sua ocorrência oferecidas pelos cadernos do aluno e do professor. Assim, as pesquisas destacam que as competências e os conteúdos que deverão ser contemplados nos processos de ensino-aprendizagem de evolução biológica são justamente aqueles que apresentam poucas situações para seu desenvolvimento ao longo dos materiais curriculares analisados.

Assim sendo, acreditamos que o docente, ao utilizar as pesquisas acadêmicas sobre ensino de evolução como objeto de estudo, encontrará subsídios fundamentais que o auxiliarão em sua prática. Porém, a materialização destes em sala de aula com vistas a favorecer os processos de ensino-aprendizagem dos descritores referentes ao tema “Origem e Evolução da Vida” será dificultada, devido às condições didáticas (modalidades de ensino e atividades associadas) apregoadas pelos materiais curriculares. Nestes termos, julgamos que o professor, ao utilizar tais materiais, deverá realizar adequações nas atividades sugeridas pelos mesmos, com vistas a favorecer o desenvolvimento das competências acerca da teoria evolutiva, sejam estas as preconizadas pelo currículo e outros documentos oficiais, sejam as sugeridas pela literatura educacional.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Antes de tecermos quaisquer comentários acerca do trabalho desenvolvido e apresentado, julgamos pertinente recordar as questões de pesquisa e os objetivos traçados para este estudo.

Partindo da relevância que a evolução biológica desempenha para a Biologia, enquanto ciência e área curricular, questionamo-nos: *Quais as características dos descritores de aprendizagem para o tema “Origem e Evolução da Vida” preconizados pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo? Quais situações didáticas são propostas pelo currículo paulista com vistas a favorecer o desenvolvimento das competências apreoadas pelos documentos oficiais? Nas duas últimas décadas (1990-2010), quais medidas de aprendizagem são sugeridas pela literatura (dissertações e teses) para o ensino-aprendizagem de evolução biológica? Seria possível identificar correspondências entre os descritores de desempenho que definem as aprendizagens desejadas para este tema ao final*

*do ensino médio no Estado de São Paulo e os indicadores de aprendizagem estimados como relevantes pelas pesquisas acadêmicas?*

Frente a estas inquietações, objetivamos caracterizar – mediante análise de correspondências entre as competências preconizadas pelos documentos oficiais, as sugeridas pela literatura educacional e as suas possíveis condições de desenvolvimento através dos materiais curriculares distribuídos pela SEE-SP – a possibilidade de a produção acadêmica se constituir em subsídios à prática docente para o ensino-aprendizagem de evolução biológica no contexto paulista de avaliação do desempenho escolar.

Ao voltarmos o olhar às nossas indagações, ao nosso objetivo de pesquisa, aos dados recolhidos junto aos documentos oficiais e à produção acadêmica, e às discussões e às reflexões apresentadas neste trabalho, percebemos que seria necessário investigar outras dimensões para respondermos, com maior propriedade, nossas questões. Todavia, acreditamos que podemos tecer algumas considerações, ainda que transitórias, sobre o trabalho desenvolvido.

Os descritores de aprendizagem elencados pelo Currículo do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2010A) e pelas Matrizes de Referência para a Avaliação do SARESP (SÃO PAULO, 2009A) para o tema “Origem e Evolução da Vida” orientam para o desenvolvimento de competências e conteúdos vinculados às temáticas: história da consolidação da teoria evolutiva, natureza da ciência e do trabalho científico, evidências do processo evolutivo (fósseis, homologias, etc.) e seus mecanismos (adaptação, seleção natural, etc.), tempo geológico, relações de parentesco entre os seres vivos e intervenções humanas no processo evolutivo.

Vale salientar também que as competências preconizadas pelo currículo e pela matriz de referência para avaliação do SARESP apresentam preponderância de conteúdos procedimentais. Entretanto, é importante destacar que, como nos diz Zabala e Arnau (2010), a

predominância do elemento procedimental na atuação competente não a resume a um simples “fazer”, mas a um saber fazer amparado por conteúdos factuais, conceituais e atitudinais. Nestes termos, podemos considerar que as medidas de aprendizagem expressas pelos documentos oficiais dizem respeito aos conteúdos que os estudantes mobilizarão quando depararem-se com situações que exigem avaliações e/ou posicionamentos acerca da evolução biológica.

Ao considerarmos os materiais curriculares (cadernos do aluno e do professor) distribuídos pela SEE-SP à rede estadual de ensino, verificamos que estes ora se afastam, ora se aproximam das orientações realizadas pela literatura em ensino de evolução no que se refere aos indicadores de aprendizagem para esta temática. A este respeito, a primeira situação problemática que encontramos se refere à localização da teoria evolutiva no currículo. Apesar de os documentos oficiais apregoarem que a evolução é compreendida como o eixo unificador do corpo de conhecimentos biológicos, esta, enquanto conteúdo curricular explicitado, é posicionada como último elemento do currículo de Biologia do Estado de São Paulo. Tal fato vai de encontro com as observações realizadas desde o início da década de 1990 por Cicillini (1991) que, dentre outros, aponta que, quando localizada no final de livros didáticos, a teoria evolutiva comumente não é abordada em sala de aula devido à escassez de tempo para cobrir todos os conteúdos elencados para a disciplina de Biologia.

Em relação às situações didáticas sugeridas pelo currículo paulista, verificamos que as modalidades didáticas mais indicadas para o desenvolvimento dos processos de ensino-aprendizagem são as discussões, os estudos dirigidos e as pesquisas em sala de aula. Estas sugestões, a nosso ver, coadunam com as orientações dos documentos oficiais e da literatura pertinente no que se refere ao ensino-aprendizagem de competências, dado que a utilização destas estratégias didáticas prevê que os alunos desempenhem o papel de sujeitos no processo de ensino-aprendizagem, afastando-se assim de modelos transmissivos de educação.

Sobre os conteúdos abordados pelas situações de ensino-aprendizagem preconizadas pelos cadernos do aluno e do professor, verificamos que estes vão ao encontro dos previstos pelos documentos oficiais e dos sugeridos pela literatura. Todavia, encontramos ocasiões em que os mesmos poderão ser abordados de maneira a criar e/ou reforçar concepções distorcidas acerca da evolução biológica. Isto ocorre porque, em algumas atividades sugeridas pelo currículo, as orientações para a realização das tarefas presentes no caderno do aluno e/ou as indicações didático-pedagógicas existentes no caderno do professor abrem espaços para a compreensão finalista e/ou transformista do processo evolutivo.

Ao contrastarmos as competências para o ensino-aprendizagem de evolução biológica preconizadas pelo currículo e pelas Matrizes de Referência para Avaliação do SARESP às condições de seu desenvolvimento expressas pelos materiais curriculares, constatamos que há discrepâncias entre os mesmos. Assim sendo, ocorre uma polaridade entre os descritores de aprendizagem na qual, por um lado, encontramos as medidas de aprendizagem que poderão ser desenvolvidas e, por outro lado, aquelas cujo desenvolvimento será falho e/ou inexistente.

Esta discordância ocorre devido à maneira desigual pela qual as competências são abordadas pelas atividades previstas pelos materiais curriculares: enquanto algumas medidas de aprendizagem possuem um número significativo contextos variados para a mobilização de conhecimentos, outras detêm um número reduzido destes ou situações similares para a aplicação de competências e conteúdos desenvolvidos. Assim, a condição de prática reflexiva e tutelada, expressa por Zabala e Arnau (2010) como necessária para o desenvolvimento de competências não é observada para todos os descritores de aprendizagem, assim como são encontradas poucas diferenças nos contextos de aplicação dos conteúdos aprendidos.

A literatura em ensino de evolução, representadas pelas dissertações e teses analisadas por este trabalho, também possibilitam depreensões sobre quais competências são necessárias para os processos de ensino-aprendizagem da teoria evolutiva. Tais indicadores de

aprendizagem dizem respeito à história e à natureza da ciência, ao tempo geológico e às relações de parentesco entre os seres vivos. Estas medidas de aprendizagem se aproximam das preconizadas pelos documentos oficiais da educação básica do Estado de São Paulo, sendo a diferença fundamental entre ambas o fato de que as competências apreendidas da literatura apresentam elementos adicionais em relação aos descritores curriculares como, por exemplo, a ênfase sócio-cultural para a abordagem da história da consolidação da teoria evolutiva, o destaque da dimensão temporal para os processos evolutivos e a indicação do desenvolvimento da habilidade da construção de cladogramas por parte dos alunos.

Entretanto, ao contrastarmos os indicadores de aprendizagem para evolução sugeridos pela literatura pertinente às condições de produção oferecidas pelos materiais curriculares, verificamos que há uma impossibilidade para o desenvolvimento destes. Isto ocorre pelos mesmos motivos que geram discrepâncias entre as medidas de aprendizagem apregoadas pelos documentos oficiais e os cadernos do aluno e do professor distribuídos pela SEE-SP à rede estadual de ensino: a ausência de situações que favoreçam a prática reflexiva e tutela dos conteúdos apreendidos, bem como sua aplicação em contextos distintos em situações futuras.

Nestes termos, julgamos que as pesquisas acadêmicas (dissertações e teses) podem se constituir em subsídios para a prática docente no que se refere ao ensino-aprendizagem de evolução biológica, indicando as concepções prévias que os alunos comumente possuem, sugerindo leituras para ampliar o domínio conceitual de estudantes e professores, dentre outros. Todavia, os docentes poderão encontrar dificuldades para a materialização em sala de aula das competências sugeridas pela literatura, uma vez que as condições de desenvolvimento prescritas pelos materiais curriculares do Estado de São Paulo são desfavoráveis para esta ação.

Vale salientar que acreditamos que os docentes da rede estadual de ensino paulista podem realizar adequações dos materiais distribuídos pela SEE-SP com vistas a incluir as



indicações presentes nas pesquisas acadêmicas sobre quais competências são consideradas como importantes para o tema “Origem e Evolução da Vida” em sua prática. Entretanto, ao considerarmos o contexto de avaliação estadual no qual as escolas estão submetidas, constatamos que este processo torna-se difícil frente aos conteúdos curriculares que deverão ser cumpridos em um determinado período.

Diante deste cenário, avaliamos que há duas grandes possibilidades para a resolução das discordâncias acima expostas. Uma primeira alternativa seria a revisão dos materiais curriculares (cadernos do aluno e do professor) pela SEE-SP com o intuito de oferecer atividades (caderno do aluno) e orientações didático-pedagógicas (caderno do professor) com vistas a favorecer a prática reflexiva e tutelada por parte dos estudantes, bem como a aplicação de conteúdos aprendidos em contextos distintos. Tal revisão deveria ocorrer à luz das indicações presentes na literatura educacional com vistas a incluir suas contribuições no que se refere à escolha de conteúdos considerados como mais significativos para o tema “Origem e Evolução da Vida”, quais competências devem ser consideradas como importantes para o ensino de evolução, dentre outros.

Outra possibilidade que vislumbramos se refere à adoção de outros objetos de estudo por parte dos pesquisadores. Como verificamos neste trabalho, a grande maioria das investigações acadêmicas concentram esforços no estudo das concepções alternativas que os diferentes sujeitos (alunos e/ou professores) possuem sobre a teoria evolutiva. Reconhecemos a importância destas pesquisas, dado que contribuem sobremaneira com indicações de quais caminhos poderão ser trilhados em sala de aula. Todavia, julgamos que as pesquisas também deveriam se debruçar sobre a investigação de sequências de ensino sobre a temática evolutiva (planejadas pelos professores ou pelos próprios pesquisadores) com vistas a propor atividades e/ou metodologias que favoreçam a atuação competente dos estudantes frente a assuntos que envolvam a origem e a evolução da vida na Terra fundamentando, ainda que minimamente, as

propostas de investigação de descritores de aprendizagem que orientam os sistemas de avaliação de desempenho em larga escala na educação básica como, por exemplo, o SARESP e o ENEM.

Contudo, acreditamos que os elementos abordados nesta pesquisa constituem apenas os primeiros passos para traçar aproximações entre as pesquisas acadêmicas e o currículo paulista (prescrito e/ou real) no que se refere ao tema evolução biológica. Desta maneira, outros aspectos que poderão ser considerados em pesquisas futuras são: (1) quais competências são sugeridas para o tema evolução pelas pesquisas acadêmicas divulgadas sob a forma de artigos publicados em periódicos nacionais e/ou anais de congressos na área?; (2) quais adequações os docentes realizam nos materiais curriculares com vistas a favorecer o desenvolvimento de competências preconizadas pelos documentos oficiais da educação básica paulista?; (3) em que extensão tais adequações se mostram consistentes com os conhecimentos produzidos pelas pesquisas acadêmicas?; (4) como a evolução é considerada ao longo de todo o currículo de Biologia do Estado de São Paulo e como a abordagem de outros conteúdos biológicos pode favorecer (ou não) o desenvolvimento de competências relacionadas ao tema origem e evolução da vida?; dentre outras.

## REFERÊNCIAS

---

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

AZAMBUJA, J. Q.; SOUZA, M. L. R. **O estudo de texto como técnica de ensino**. In: VEIGA, I. P. A. (Org.). **Técnicas de ensino: por que não?** 16. ed. Campinas: Papyrus, 2005. p. 49-66. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

AZEVEDO, M. J. C. **Explicações teleológicas no ensino de evolução: um estudo sobre os saberes mobilizados por professores de Biologia**. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Tradução de: Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Morinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 335 p.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Bases Legais.** 2000A. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** 2000B. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** 2000C. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2011.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como investigação.** São Paulo: FTD, 1999. 190 p.

CARNEIRO, A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados.** 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CASTANHO, M. E. L. M. **Da discussão e do debate nasce a rebeldia.** In: VEIGA, I. P. A. (Org.). **Técnicas de ensino: por que não?** 16. ed. Campinas: Papirus, 2005. p. 49-66. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

CHAVES, S. N. **Evolução de idéias e idéias de evolução: a evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de biologia do ensino secundário.** 1993. 117 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia Educacional) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CICILLICNI, G. A. **A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no 2º grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos.** 1991. 230 f. Dissertação (Mestrado em Metodologia de Ensino) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CICILLICNI, G. A. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar no Ensino Médio: a teoria da evolução como exemplo**. 1997. 225 f. Tese (Doutorado em Metodologia de Ensino) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DOBZHANSKY, T. H. Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. **The American Biology Teacher**, n. 35 p. 125-129, mar. 1973.

FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 20, p. 477-488, 2002.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Tradução de: Joice Elias Costa. Porto Alegre: ArtMed, 2009. 405 p.

FRACALANZA, D. C.; FRACALANZA, H. **O ensino de Biologia**: da análise de suas características à elaboração de propostas alternativas. *In*: FRACALANZA, H. (Coord.). **Cadernos de Ensino de Biologia** (1). Campinas: Faculdade de Educação, UNICAMPA, 1985. p. 35-47 (Mímeo).

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. 2 ed. Tradução de: Mário de Vivo (Cord.). Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002. 631 p.

FUTUYMA, D. J. Biología evolutiva contemporânea. Trad.: Juan Nunes Farfán. **Ciencias**, n. 71, p. 16-28. jul./set. 2003.

GARCIA, J. F. M. **A produção de sentidos no contexto de uma aula de ciências sobre adaptação biológica mediada por um desenho de animação**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Educação; Área de Concentração em Educação e Ciências) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. S.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GUIMARÃES, M. A. **Cladogramas e evolução no ensino de Biologia**. 2005. 233 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência; Área de Concentração em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru.

KEMPER, A. **A evolução biológica e as revistas de divulgação científica: potencialidades e limitações para o uso em sala de aula**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Brasília.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EPU, 1987. 80 p. (Temas Básicos de Educação e Ensino).

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das Ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1., p. 85-93, 2000.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2008. 197 p.

LICATTI, F. **O ensino de evolução biológica no nível médio: investigando concepções de professores de biologia**. 2005. 242 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência; Área de Concentração em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru.

LUCENA, D. P. **Evolução biológica pelo modo não-tradicional: como professores do ensino médio lidam com esta situação?** 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência; Área de Concentração em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p. (Temas Básicos de Educação e Ensino).

MADEIRA, A. P. L. **Fé e evolução: a influência de crenças religiosas sobre a criação do homem na aprendizagem da teoria da evolução com alunos do 3º ano do ensino médio.** 2007. 186 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Religião) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

MARCELOS, M. F. **Analogias e metáforas da árvore da vida, de Charles Darwin, na prática escolar.** 2006. 202 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino de Biologia. **Ciência & Ensino**, n. 5, p. 18-21, dez. 1998.

MATTHEWS, M. R. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 12, p. 255-277, 1994.

MEGHLIORATTI, F. A. **História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica das ciências pelos professores de Biologia.** 2004. 272 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência; Área de Concentração em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru.

MELLO, A. C. **Evolução biológica: concepções de alunos e reflexões didáticas.** 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MEYWER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia.** São Paulo: UNESP Editora, 2005. 132 p. (Coleção Paradidáticos; Série Evolução).

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. **Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos.** In: MORAES, R.; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 9-24.

OLEQUES, L. C. **Evolução biológica: percepções de professores de Biologia de Santa Maria, RS**. 2010. 78 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

OLIVEIRA, D. L. O antropocentrismo no ensino de Ciências. **Revista Espaços da Escola**, n. 4, p. 08-15, abr./jun. 1992.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica: atitudes de alunos da educação básica**. 2009. 163 f. Dissertação (Mestrado em Educação; Área de Concentração em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAGAN, A. A. **Ser (animal) humano: evolucionismo e criacionismo nas concepções de alguns graduandos em Ciências Biológicas**. 2009. 228 f. Tese (Doutorado em Educação; Área de Concentração em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009.

PUIG, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. ¿Qué considera el alumnado que son pruebas de la evolución? **Alambique – Didáctica de las Ciencias Experimentales**, n. 62, p. 43-50, out. 2009.

RIDLEY, M. **Evolução**. 3 ed. Tradução de: Henrique Ferreira, Luciane Passagliaia, Rivo Fisher. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 752 p.

SÃO PAULO. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Biologia**. São Paulo: SEE-SP, 2008. 55 p.

SÃO PAULO. **Matrizes de referência para avaliação do SARESP: Documento básico**. São Paulo: SEE-SP, 2009A. 176 p.



SÃO PAULO. **Caderno do Professor:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2009B. 48 p. 3 v.

SÃO PAULO. **Caderno do Professor:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2009C. 47 p. 4 v.

SÃO PAULO. **Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2009D. 40 p. 3 v.

SÃO PAULO. **Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2009E. 40 p. 4 v.

SÃO PAULO. **Currículo do Estado de São Paulo:** Ciências da Natureza e suas Tecnologias. São Paulo: SEE-SP, 2010A. 152 p.

SÃO PAULO. **Gabarito: Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. 2010B. 22 p. 3 v. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/arquivoteca/>>. Acesso em: 06 abr. 2011.

SÃO PAULO. **Gabarito: Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. 2010C. 15 p. 4 v. Disponível em: <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/arquivoteca/>>. Acesso em: 06 abr. 2011.

SÃO PAULO. **Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2010D. 47 p. 3 v.

SÃO PAULO. **Caderno do Aluno:** Biologia, Ensino Médio – 3ª série. São Paulo: SEE-SP, 2010E. 40 p. 4 v.

SÃO PAULO. **São Paulo Faz Escola.** 2011. Disponível em <<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Default.aspx?alias=www.rededosaber.sp.gov.br/portais/spfe2009>>. Acesso em 10 maio 2011.

SOUZA, C. M. A. **A presença do evolucionismo e do criacionismo em disciplinas do ensino médio (Geografia, História e Biologia): um mapeamento de conteúdos na sala de aula sob a ótica dos professores.** 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências da Terra) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TEIXEIRA, P. M. M. **Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil [1972-2004]: um estudo baseado em dissertações e teses.** 2008. 413 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VIEIRA, A. B. **Piltdown, a fraude interdisciplinar.** In: VIEIRA, A. B. **Ensaio sobre a evolução do homem e da linguagem.** Lisboa: Fim de Século, 1995, p. 1-13. Disponível em: <[http://cfc.ul.fc.ul.pt/equipa/3\\_cfcul\\_elegiveis/bracinha%20vieira/piltdown.pdf](http://cfc.ul.fc.ul.pt/equipa/3_cfcul_elegiveis/bracinha%20vieira/piltdown.pdf)>. Acesso em: 31 ago. 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Tradução de: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 224 p.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências.** Tradução de: Carlos Henrique Lucas Lima. Porto Alegre: ArtMed, 2010. 197 p.

## **ANEXOS**

---

**ANEXO A – GÊNESIS 1:1-12 (400 A. C.) (SÃO PAULO, 2009B, P. 10-11)**

No princípio, criou Deus os céus e a terra.

A terra era sem forma e vazia; e havia trevas sobre a face do abismo, mas o Espírito de Deus pairava sobre a face das águas.

Disse Deus: - Haja luz. E houve luz.

Viu Deus que a luz era boa; e fez a separação entre luz e as trevas.

E Deus chamou à luz dia, e às trevas noite. E foi a tarde e a manhã, o dia primeiro.

E disse Deus: - Haja um firmamento no meio das águas, e haja separação entre águas e águas.

Fez, pois, Deus o firmamento, e separou as águas que estavam debaixo do firmamento das que estavam por cima do firmamento. E assim foi.

Chamou Deus ao firmamento céu. E foi a tarde e amanhã, o dia segundo.

E disse Deus: - Juntem-se num só lugar as águas que estão debaixo do céu, e apareça o elemento seco. E assim foi.

Chamou Deus ao elemento seco terra, a ao ajuntamento das águas mar. E viu Deus que isso era bom.

E disse Deus: - Produza terra relva, ervas que deem sementes, e árvores frutíferas que, segundo as suas espécies, deem fruto que tenha em si sua semente, sobre a terra. E assim foi.

A terra, pois, produziu relva, ervas que davam semente segundo as suas espécies, e árvores que davam fruto que tinha em si sua semente, segundo as suas espécies. [...] E viu Deus que era bom.

Gênesis 1:1-12 (c. 400 a. C.). *Bíblia sagrada*. Domínio público. Disponível em: <[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=16732](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=16732)>. Acesso em: 18 maio 2009.

## **ANEXO B – TEORIA DA SOPA ORGÂNICA (SÃO PAULO, 2009B, P. 11)**

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Há 4,6 bilhões de anos, o planeta Terra apresentava temperaturas altíssimas. Com o passar do tempo, por um processo muito lento, sua superfície foi esfriando, tornando possível a formação de uma fina camada sólida: a futura crosta terrestre.

Durante o resfriamento, o planeta liberou gases do seu interior, formando uma atmosfera primitiva, muito diferente da que existe hoje, rica em substâncias como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>), gás hidrogênio (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e vapor d'água, mas sem gás oxigênio (O<sub>2</sub>).

Muita água e muito calor criaram condições ótimas para a formação de muitas nuvens e fortes tempestades que ajudaram a resfriar o planeta e também a originar os mares. Não havia ozônio e, portanto, a Terra estava desprotegida das radiações solares.

Acredita-se que as descargas elétricas dos raios e as radiações favoreceram a ocorrência de combinações entre os materiais que compunham a atmosfera primitiva e os mares, originando uma “sopa” de substâncias nutritivas que formaram o corpo dos primeiros seres vivos.

O agrupamento dessas substâncias formou gotículas isoladas, células primitivas com a capacidade de se dividir. Essa teoria, conhecida como “teoria da sopa orgânica” ou “teoria da origem molecular da vida”, foi proposta pelo escocês John Sanderson Haldane (1892-1964) e pelo russo Aleksandr Ivanovich Oparin (1894-1980), que, apesar de não terem trabalhado juntos, chegaram à mesma conclusão.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

## **ANEXO C – CINQUENTA ANOS DE “VIDA” NO LABORATÓRIO (SÃO PAULO, 2009D, P. 6-8, 2010B, P. 2-3)**

Marcelo Gleiser (\*)

O ano de 1953 foi notável para a Biologia. James Watson e Francis Crick apresentaram seus resultados sobre a estrutura da molécula de DNA [...]

Mas a estrutura do DNA não foi a única grande descoberta em Bioquímica realizada em 1953. Os americanos Harold Urey e Stanley Miller tentaram algo ainda mais ambicioso: fabricar a vida, ou, ao menos, alguns de seus ingredientes básicos, no laboratório. A origem da vida na Terra era (e ainda é) um grande mistério. E não é para menos. Em sua essência, seres vivos são conjuntos de macromoléculas orgânicas de grande complexidade, capazes de realizar uma série de operações e transformações químicas que levam à sua subsistência (alimentação) e à sua reprodução.

De alguma forma, moléculas inertes, quando combinadas a certo nível de complexidade, se transformam em seres vivos. A questão é como se dá essa combinação, ou melhor, como o simples se torna complexo e, eventualmente vivo.

Urey e Miller partiram do princípio de que a combinação química da Terra primordial era simples. A sua ideia era reproduzir o ambiente de então no laboratório, tentando gerar moléculas orgânicas complexas a partir de moléculas simples. Vem à mente o popular jogo infantil Lego, no qual pequenos blocos, quando conectados de forma correta, produzem estruturas arbitrariamente complexas.

Urey e Miller sugeriram que, se os compostos químicos simples funcionavam como os blocos de Lego, a eletricidade existente na Terra primordial seria a força que fundiria o simples em complexo (equivalente, de certa forma, à inteligência da pessoa que cria as estruturas de Lego, a faísca criadora). Essa eletricidade primordial era consequência da intensa atividade atmosférica da época, que gerava um número enorme de relâmpagos.

A questão era quais elementos químicos deveriam ser usados. Afinal, a receita certa depende do conhecimento das condições da Terra quando ela tinha em torno de 1 bilhão de anos, algo nada trivial. As pistas deixadas dessa época são poucas e eram ainda mais escassas em 1953.

Urey e Miller supuseram que a sopa primordial fosse composta de água, metano, dióxido de carbono e amônia, ou seja, uma mistura de compostos simples contendo os átomos mais essenciais da bioquímica, hidrogênio, carbono, oxigênio e nitrogênio.

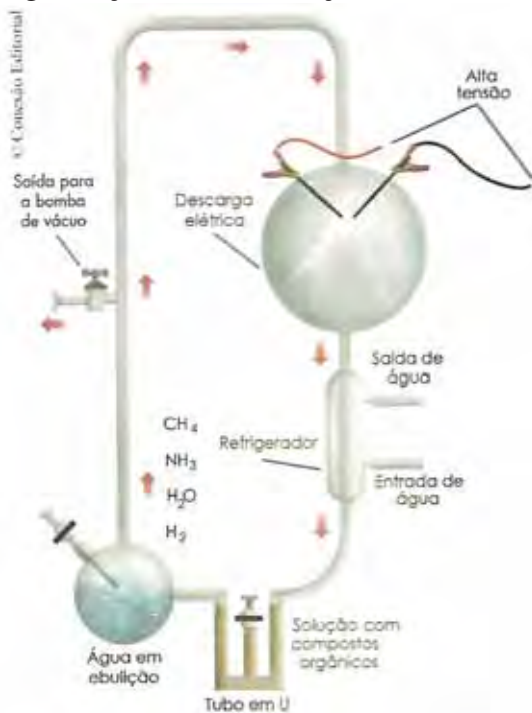
Os relâmpagos foram simulados por descargas elétricas, que eram ativadas periodicamente. Após alguns dias, uma mistura acusou a presença de aminoácidos, compostos orgânicos complexos encontrados em todos os seres vivos na Terra, os blocos que compõem as proteínas. Uma década após o experimento de Urey e Miller, cientistas usando processos semelhantes sintetizaram as bases nitrogenadas da molécula de DNA.

Esses experimentos, embora tenham provado que é possível sintetizar moléculas complexas a partir de outras mais simples, estão longe de sintetizar um ser vivo ou mesmo uma molécula de DNA. Críticos argumentam que o ambiente na Terra primordial era muito diferente e talvez impróprio à geração de moléculas complexas.

Recentemente, cientistas da Nasa mostraram que resultados semelhantes podem ocorrer no espaço, onde eletricidade é substituída por radiação ultravioleta, proveniente de estrelas. Nesse caso, as moléculas que deram origem à vida na Terra seriam provenientes do espaço, transportadas por asteroides e cometas. O debate continua: no espaço ou na Terra, o enigma da origem da vida permanece.

(\*) Marcelo Gleiser é professor de Física Teórica do Dartmouth College, em Hanover (EUA), e autor do livro *O fim da terra e do céu*.

1. A figura a seguir representa o aparelho construído por Urey e Miller. Compare sua organização com a descrição do texto e depois responda às questões:



a) Qual era a hipótese de Urey e Miller?

*A hipótese era de que as macromoléculas orgânicas, que deram origem à vida, foram geradas de moléculas simples. Essa hipótese reforça a teoria da sopa orgânica, porque, com as substâncias presentes na atmosfera, seria possível produzir substâncias que formam os seres vivos.*

b) Identifique as fórmulas dos compostos utilizados como reagentes e relacione-as com a composição das substâncias orgânicas que formam os seres vivos.

*CH<sub>4</sub> = metano; NH<sub>3</sub> = amônia; H<sub>2</sub>O = água; H<sub>2</sub> = gás hidrogênio. Os reagentes utilizados por Urey e Miller contêm os mesmos átomos que compõem as substâncias orgânicas que formam os seres vivos atuais: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N).*

c) Os resultados confirmaram a hipótese dos pesquisadores? Justifique.

*Não confirmaram a hipótese, mas reforçaram a ideia, pois aminoácidos compõem proteínas, que são macromoléculas. Estas, por sua vez, compõem as estruturas básicas de todas as células.*

2. Qual é a outra teoria sobre a origem da vida citada no texto? Apresente um argumento favorável e um contrário a essa teoria.

*A outra teoria é a da origem extraterrestre, ou panspermia, em que os organismos unicelulares foram inseminados na Terra em meteoritos ou pelo vento solar. Estimule os alunos a levantar argumentos favoráveis e contrários à panspermia, por exemplo: o aquecimento e o impacto violento dos meteoros, quando entram na atmosfera terrestre, e a falta de alimentos adequados para estes seres na Terra são argumentos contrários a essa teoria;*

*Os extraterrestres poderiam ser transportados em meteoritos, já que as temperaturas interiores não são muito altas e a ideia de sementes sobreviventes no espaço também é possível.*

3. As ideias de Urey e Miller sobre a origem da vida confirmam ou refutam as ideias de Oparin?

*As ideias de Urey e Miller confirmam parcialmente a teoria de Oparin, pois alguns cientistas acreditam que os primeiros seres vivos eram autotróficos. Não complexos, como os fotossintetizantes, mas simples, como os termófilos atuais, que são quimiossintetizantes.*

## ANEXO D – O PENSAMENTO EVOLUCIONISTA E AS RELAÇÕES DE PARENTESCO (SÃO PAULO, 2009B, P. 21-22).

Em seguida, apresente a Figura 2 e peça aos alunos que respondam às questões que seguem:



Figura 2 - Braço humano, pata dianteira de cachorro e nadadeira de foca.

Adaptada de PURVES, W.; SADAVA, D.; ORJANS, G.; HELLER, H. *Vida: a ciência da Biologia*. 6. ed. Trad. Anapaula Somier Vinagre et al. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 3.

1. O que é possível observar na figura 2 quanto à função dos membros e organização dos ossos?

*Os mamíferos apresentam membros similares. É possível observar que, embora tenham diferentes funções, o número e os tipos dos ossos são similares.*

2. De acordo com a imagem, é possível estabelecer relações de parentesco entre os mamíferos?

*A similaridade observada pode indicar parentesco, isto é, que os mamíferos receberam informações de um provável ancestral comum.*

3. Admitir parentesco entre os mamíferos significa dizer que eles se originaram a partir de um ancestral. De acordo com essa constatação, proponha uma explicação para as diferenças observadas.

*Uma resposta que normalmente os alunos citam é a adaptação, isto é, que as patas se modificaram ao longo do tempo para cumprir funções diferentes. Esse tipo de resposta assinala um pensamento comum à maioria das pessoas: a ideia de que sempre há uma finalidade e uma intenção para as coisas da natureza: “As patas se modificaram... para...”.*



## **ANEXO E – NO TEMPO EM QUE AS COBRAS TINHAM PERNAS (SÃO PAULO, 2009B, P. 22-23)**

Leia com os alunos, da forma que julgar mais adequada, o texto que segue:

*Esqueleto de patas de um réptil de mais de 100 milhões de anos pertenceu a um ancestral das cobras.*

*Pachyrachis problematicus* é o nome de um réptil extinto há 100 milhões de anos que, ao ser redescoberto no final dos anos 1970, foi classificado como um lagarto. Nesse ano, o biólogo Michael Caldwell, da Universidade de Alberta, Canadá, provou que o esqueleto, apesar de ter patas, pertenceu a um ancestral das cobras. A evolução mostra mesmo que as serpentes surgiram a partir de alguns répteis que, aos poucos, perderam os membros e aprenderam a rastejar. O desafio era achar um fóssil que, ao mesmo tempo, comprovasse a teoria e mostrasse, na prática, como se deu a transformação. E aí o *problematicus*, apesar do nome, promete ser uma solução, pois seus ossos estão em perfeitas condições. Dá para ver as patas lindamente, disse Caldwell à SUPER.

Na serpente fóssil, dá para ver as patas que suas tataranetas não têm mais. A *problematicus*, de 100 milhões de anos, tem patas no final da coluna vertebral.

Revista *Superinteressante*. Editora Abril. Disponível em:  
<[http://super.abril.com.br/superarquivo/1997/conteudo\\_116292.shtml](http://super.abril.com.br/superarquivo/1997/conteudo_116292.shtml)>. Acesso em 18 maio 2009.

Após a leitura, proponha as questões:

1. Nas pesquisas sobre a história dos seres vivos na Terra, os fósseis são de grande importância. Por quê?

*Os fósseis são importantes, pois nos dão informações sobre os seres vivos que viveram no passado e permitem a comparação com os seres que vivem hoje.*

2. Segundo as idéias evolucionistas, todos os seres vivos que existem hoje se diversificaram a partir dos primeiros seres vivos muito simples que se originaram há aproximadamente 3,8 bilhões de anos. O texto confirma as idéias evolucionistas? Explique.

*Sim, o texto corrobora a hipótese sobre o parentesco, pois ele estabelece parentesco entre as cobras atuais e a *Pachyrachis problematicus*.*

3. Levante hipóteses sobre a extinção do réptil *problematicus*.

*Resposta pessoal. Anote as respostas dos alunos, que poderão ser retomadas no final da Situação de Aprendizagem. As respostas de senso comum costumam apontar para a modificação em função da “necessidade” – hipótese que chamamos de lamarckismo.*

## ANEXO F – OS DINOSSAUROS DE UBERABA (SÃO PAULO, 2010B, P. 7-8, 2010D, P. 15-16)

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Frequentes descobertas no Triângulo Mineiro viram atração turística e transformam a região brasileira em um dos mais importantes sítios paleontológicos da América do Sul.

Nove de setembro de 2008, na Casa da Ciência da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), foi apresentada ao público uma nova espécie de dinossauro que viveu no final do período Cretáceo: o *Uberabatitan ribeiroi*. Com cerca de 3,4 metros de altura, 15 a 20 metros de comprimento e 12 a 16 toneladas de peso, pescoço e cauda longos, crânio pequeno, patas como as de um elefante, o “gigante de Uberaba” era provavelmente herbívoro.

Pela análise das rochas onde foram encontrados os fósseis, os cientistas avaliaram tratar-se de um dos últimos dinossauros do período Cretáceo. Também identificaram que a região onde viviam estava sujeita a variações climáticas muito severas: naquela época, os climas quentes e áridos alternavam-se com períodos chuvosos.

Depois da exposição, o fóssil seguiu para o Museu dos Dinossauros, em Uberaba, para compor sua incrível coleção. Entre os fósseis da coleção está o do *Uberabasuchus terrificus*, considerado um dos maiores predadores da região na era Mesozoica, final do período Cretáceo. Esse animal feroz media cerca de 2,5 metros de comprimento, pesava cerca de 300 quilos e a posição das narinas indica que não era aquático. Seus membros locomotores mais longos sugerem maior velocidade na caçada e suas características dentárias colocam-no como membro da família Peirosauridae que estava no topo da cadeia alimentar da época.

Fósseis da família Peirosauridae foram também encontrados na Patagônia (Argentina) e na Ilha de Madagascar (sudeste da África). Esses estudos evolutivos validam a hipótese do supercontinente Gondwana de que havia uma conexão entre a América do Sul e a África pelo continente antártico.

Para os pesquisadores, cada achado é mais uma peça do quebra-cabeça cuja montagem amplia a compreensão da evolução da vida no planeta.

Fontes consultadas: WALTZ, Igor. Gigante nacional. *Ciência Hoje Online*. 24 ago. 2008. Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje. Disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/arqueologia-e-paleontologia/gigante-nacional/>>; NICOLL, Mario. Um tesouro de 70 milhões de anos: achando fósseis de crocodilo predador. *Faperj Online*. 17 fev. 2005. Disponível em <[http://www.faperj.br/boletim\\_interna.phtml?obj\\_id=1844](http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=1844)>. Acesso em: 4 maio 2010. Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Encontre no texto e explique as adaptações que permitiram aos pesquisadores inferir que o *U. ribeiroi* era herbívoro e o *U. terrificus* era carnívoro.

*U. ribeiroi* – herbívoro: animais maiores, com patas como elefantes, apresentavam dificuldade de locomoção, mais lentos. *U. terrificus* – carnívoro: membros longos sugerindo maior velocidade, e características dentárias próprias de animais caçadores.

2. Formule uma hipótese sobre as possíveis mudanças nas configuração dos continentes, com base nos locais em que os fósseis foram encontrados.

*Além do Brasil, os fósseis de U. terrificus, foram encontrados também em lugares muito distantes e separados por oceanos; na Patagônia, na Argentina e na Ilha de Madagascar (sudeste da África). No entanto eles viveram no mesmo período geológico. Essas informações reforçam a ideia de que, no passado, havia uma ligação entre a África e a América do Sul pela Antártida, isto é, os continentes estavam unidos. Seria muito difícil para essas espécies*

*atravessar os oceanos a nado. África e América do Sul formaram um único continente chamado Gondwana, derivado da movimentação do supercontinente chamado Pangeia, que começou a dividir-se há 200 milhões de anos.*

3. Caso a Antártida tenha sido *habitat* para os Peirosauridae, como sugerem os pesquisadores, como deveriam ser a vegetação e o clima da Antártida?

*Provavelmente a Antártica possuía climas mais amenos, com florestas subtropicais exuberantes.*

4. Registre as hipóteses que são citadas no texto para explicar a extinção dos dinossauros.

*São várias as hipóteses que explicam a extinção dos dinossauros no final do período Cretáceo. Anote e discuta as respostas dos alunos. A mais aceita atualmente é a queda de um asteroide que teria modificado o clima e as condições de sobrevivência no planeta Terra, pois teriam reduzido a entrada da radiação solar. As modificações climáticas constituem o foco da discussão, independente das causas.*

5. Nas pesquisas sobre a história dos seres vivos na Terra, os fósseis são de grande importância. Por quê?

*Os fósseis são importantes, pois nos dão informações sobre os seres que viveram no passado e permitem a comparação com os seres que vivem hoje. Ressalte a função dos fósseis como documentos das mudanças sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo a partir de um ancestral comum (evidências do processo de evolução).*

## **ANEXO G – PESQUISA INDIVIDUAL (SÃO PAULO, 2010B, P. 11-12, 2010D, P. 21-22)**

Antes da proposta de Darwin e Wallace, em 1809 Lamarck propôs uma teoria evolutiva completa. Pesquise mais sobre a teoria de Lamarck e anote os princípios do pesquisador em seu caderno. Depois responda às questões:

1. No que a teoria de Lamarck se aproxima da teoria de Darwin e Wallace?

*Lamarck foi um dos primeiros defensores da evolução da vida, isto é, que as espécies mudam ao longo do tempo.*

2. Segundo Lamarck a evolução é um atributo do indivíduo ou das populações? E para Darwin e Wallace? Exemplifique.

*Para Lamarck, as adaptações nas espécies eram produto do esforço individual para mudar. Um exemplo constante nos livros didáticos é o das girafas: querendo alimentar-se de folhas de galhos mais altos das árvores, as girafas esticaram seu pescoço e transmitiram essa característica aos descendentes. Para Darwin e Wallace, as mudanças são populacionais. Para Darwin, a explicação para o exemplo das girafas seria outra. Em um habitat, a melhor opção de alimentos consistia em folhas altas. A população de girafas que ali vivia apresentava uma variabilidade fenotípica para tamanho de pescoço. As girafas que apresentavam pescoço maior colhiam as folhas altas com maior facilidade; as com pescoço menor, tendo mais dificuldade de se alimentar, morriam antes de se reproduzir. Assim, com o tempo, os animais de pescoço comprido foram favorecidos pelo ambiente, isto é, foram selecionados naturalmente, e os animais de pescoço menor acabaram por ser extintos, ou se mudaram para outro local com condições que lhes fossem mais favoráveis. A variação é populacional e não individual.*

3. Identifique mais duas diferenças fundamentais entre as duas teorias.

*Para Lamarck, as adaptações nos indivíduos aparecem pelo uso e desuso e pela herança dos caracteres adquiridos: isto é, o que não se usa vai ficando atrofiado e o que se usa com frequência acaba se fortalecendo. Essas características são transmitidas para as gerações futuras. Portanto, as adaptações aparecem em uma população para desempenhar uma função específica, para adaptá-la ao meio. As espécies estariam em constante modificação para o aperfeiçoamento.*

*Segundo Darwin, essa adaptação aparece devido a uma seleção natural. As populações biológicas apresentam variações entre seus indivíduos. Essas variações podem permitir que alguns indivíduos sobrevivam a variações no ambiente e os indivíduos que sobrevivem podem transmitir essas características a seus descendentes. Portanto, a seleção natural é produto das relações entre os organismos e seu ambiente.*

4. Por que atualmente não podemos aceitar a explicação de Lamarck para o processo evolutivo?

*Não é possível aceitar Lamarck, pois os caracteres adquiridos por uso e desuso nunca seriam transmitidos aos seus descendentes.*

## ANEXO H – A HISTÓRIA DA VIDA NA TERRA. (ADAPTADO DE SÃO PAULO 2009B, P. 38-39)

Milhões de anos atrás	Era	Período	Eventos físicos importantes	Eventos biológicos importantes	
1,8 - 0	CENOZOICO	Quartenário	Clima frio e seco, glaciações	Aparecimento da espécie humana, extinção dos grandes mamíferos. Aparecimento da civilização humana e dispersão do homem moderno pelo planeta e declínio das grandes florestas.	
65 - 1,8		Terciário		Diversificação de aves e mamíferos, plantas superiores e insetos.	
144 - 65	MESOZOICO	Cretáceo	Meteorito cai na península de Yucatán	Diversificação dos mamíferos e das plantas superiores.	Extinção em massa dinossauros e diversas espécies de animais e plantas
206 - 144		Jurássico	Separação dos continentes	Diversificação dos dinossauros e primeiras aves.	Extinção em massa
245 - 206		Triássico		Aparecimento dos dinossauros e dos mamíferos.	
290 - 245	PALEOZOICO	Permiano		Diversificação dos répteis, declínio dos anfíbios, aparecimento das gimnospermas.	Maior de todas as extinções – desaparecimento de aproximadamente 96% das espécies
354-290		Carbonífero		Diversificação dos anfíbios; aparecimento dos répteis, florestas de samambaias.	Extinção em massa
409 - 354		Devoniano		Aparecimento das plantas com sementes, dos anfíbios e insetos.	
400 - 409		Siluriano		A vida invade a terra: aparecimento das primeiras plantas vasculares e dos peixes com mandíbulas	Extinção em massa
510 - 440		Ordoviciano		Grande expansão dos invertebrados e dos peixes sem mandíbula	
543 - 510	Cambriano		Nível de oxigênio próximo ao atual	Diversificação das algas e dos invertebrados	
600	PRÉ-CAMBRIANO		Oxigênio abundante	Diversificação dos pluricelulares.	
2500			Aparecimento do oxigênio	Fotossíntese – evolução dos eucariotos. Aparecimento dos pluricelulares.	
4500- 3800				Origem da Terra	Origem da vida – fósseis mais antigos.

## **ANEXO I – AS NOVIDADES EVOLUTIVAS E A HISTÓRIA DA VIDA NA TERRA (SÃO PAULO, 2009B, P. 39)**

Lucilene Aparecida Esperante Limp

A forma como as inovações evolutivas surgem tem sido tema de debate desde Darwin até hoje. Chamamos de novidades evolutivas as mudanças estruturais derivadas de espécies ancestrais que permitiram a adaptação de organismos a modos de vida especiais. Por exemplo, o aparecimento de asas em vertebrados corresponde a modificações de seus membros anteriores.

A Terra está em constante transformação. Os diversos eventos geológicos alteraram os ambientes terrestres, definindo os rumos da evolução. Esses eventos alteram as pressões evolutivas que interferem no desenvolvimento das populações sobre o planeta. A Figura 5<sup>22</sup> mostra os períodos geológicos e os principais eventos da história evolutiva da vida que ocorrem em cada um deles.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

---

<sup>22</sup> Cf. ANEXO H deste trabalho.

## **ANEXO J – LUCY E OS ANCESTRAIS HUMANOS (SÃO PAULO, 2009C, P. 15-16, 2009E, P. 9-11, 2010C, P. 4)**

Mário Eugênio Saturno

Vivemos um momento ímpar da história humana: o quebra-cabeça evolutivo da humanidade está sendo montado diante de nossos olhos, mostrando-nos nossos antepassados.

Em 30 de novembro de 1974, no sítio de Hadar, na Etiópia, foram descobertas centenas de fragmentos de ossos, aproximadamente 40% do esqueleto de um hominídeo. Na mesma noite, durante as comemorações pela grande descoberta, tocaram tanto “Lucy in the Sky with Diamonds”, dos Beatles, que acabaram por batizar o esqueleto de Lucy.

O termo hominídeo é aplicado a toda a família zoológica Hominidae, que inclui as espécies *Australopithecus* e *Homo*. Assim, não é conveniente definir certas figuras que andam e falam por nossa cidade como australopiteco. Embora estas espécies sejam diferentes de muitos modos, os hominídeos dividem um conjunto de características que os definem como grupo. A principal característica é a locomoção sobre os dois pés.

Lucy logo foi tida como ereta devido à descoberta, em 1978, na Tanzânia, de pegadas de dois hominídeos. Que descoberta! O vulcão encheu o chão de cinzas, os dois hominídeos caminharam por cima e, logo depois, o vulcão cobriu as pegadas com mais cinzas, preservando-as para nós.

A análise dos ossos de Lucy também mostrou que ela era bípede. O formato de seu fêmur apresenta vários traços disso, bem como joelhos, pélvis, tornozelos e espinha. Também concluíram que era fêmea. Foi classificada como sendo *Australopithecus afarensis*.

Agora, na África do Sul, em cavernas perto de Johannesburgo foi descoberto o *Australopithecus sterfontain*, de 3 milhões de anos. Com traços semelhantes aos macacos, este é mais um hominídeo a ocupar lugar na árvore genealógica humana. Apesar de ainda não sabermos se é um antepassado ou um “primo”, porém é uma importante descoberta.

Toda essa história começou em 1925, em Taung, África do Sul, quando foi descoberto o crânio de uma criança australopiteca, de três milhões de anos. De lá para cá, diversas descobertas vêm montando a complexa árvore evolucionária humana.

Outro cientista, Fred Spor, acredita que além de pés apropriados (pequenos e sem cauda para ajudar), ficamos sobre os pés graças ao órgão do equilíbrio dentro da orelha interna. Fred realizou uma tomografia em um crânio australopiteco e descobriu que o órgão responsável pelo equilíbrio é semelhante ao dos macacos. Isso sugere que nossos ancestrais passavam a maior parte do dia nas árvores.

Ron Clark, em agosto de 1985, examinando uma caixa de ossos descobriu alguns ossos semelhantes a humanos. Eram ossos de um pé, tão velhos quanto Lucy. Porém, ao contrário do dedão rígido dos humanos, o pé era semelhante ao dos macacos, que os permitia agarrar-se em árvores.

Acredita-se que uma mudança no clima obrigou nossos ancestrais a descer das árvores e andar para competir com os terríveis predadores. Mas Phillip Tobias tem descoberto nas cavernas de Sterkfontain, África do Sul, ossos que mostram que os hominídeos eram caçados por predadores. É uma descoberta que obrigará a rever nossas crenças: nossos ancestrais não eram tão fortes e organizados como imaginávamos.

Descobertas de fósseis de plantas vêm reforçar essa tese. Sugerem que a mudança de floresta para savana foi lenta e gradual, ou seja, as árvores foram se distanciando ao longo do tempo. E os hominídeos que passavam menos tempo no chão, correndo de uma árvore para outra em busca de alimento, tinham mais chances de sobreviver. E deixar descendentes... Nós!

Lentamente a longa “história” da humanidade vai sendo reconstituída, mostrando-nos quem somos e os caminhos evolutivos que a natureza tomou para nos criar. É um choque para os que acreditam que Deus criou todos os seres vivos de uma vez; para esses cabe lembrar o que disse Thomas Henry Huxley: “Meu negócio é ensinar minhas aspirações a se conformarem aos fatos e não tentar fazer os fatos se harmonizarem com minhas aspirações”.

(\*) Mário Eugênio Saturno é tecnólogo sênior da Divisão de Sistemas Espaciais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e professor do Instituto Municipal de Ensino Superior de Catanduva. Fonte: 24 HORAS NEWS/E-você. Disponível em <<http://www.24horasnews.com.br/evc/index.php?mat=769>>. Acesso em: 29 jul. 2009.

1. Quais ancestrais humanos são citados no texto?

*Os ancestrais citados no texto são os Australopithecus.*

2. Que características marcantes permitiram aos cientistas classificar esses ancestrais como “hominídeos”?

*O bipedalismo.*

3. Segundo o texto, a descoberta dos restos de Lucy foi muito comemorada e é considerada um marco na busca de informações sobre a origem dos seres humanos. Explique.

*A importância desses fósseis está naquilo que podem revelar sobre a ancestralidade humana, reforçando a tese de que os seres humanos e os chimpanzés tiveram ancestrais comuns.*

4. No início do texto, o autor refere-se ao processo de reconstrução da evolução humana como “quebra-cabeça evolutivo da humanidade”. Justifique o uso da expressão “quebra-cabeça”.

*Espera-se que os alunos relacionem a ideia de “quebra-cabeça” à complexidade do processo de reconstrução da evolução humana, suas lacunas, incertezas e à existência de documentação fóssil disperso e incompleto.*



## **ANEXO K – O HOMEM DE PILTDOWN (SÃO PAULO, 2009C, P. 17, 2009E, P. 11-12, 2010C, P. 4)**

Maria Augusta Querubim

O chamado homem de Piltdown, formado por fragmentos de um crânio e de uma mandíbula recuperados nos primeiros anos do século XX em uma mina de cascalho em Piltdown, na Inglaterra, foi considerado como restos fossilizados de uma desconhecida espécie de homem primitivo que recebeu o nome de *Eoanthropus dawsoni*.

O achado permaneceu objeto de controvérsia até que, em 1953, foi declarado uma fraude consistindo da mandíbula inferior de um símio combinada com o crânio de um homem moderno, totalmente desenvolvido.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

O caso do Homem de Piltdown é um bom exemplo de verdade científica que foi posteriormente modificada? Justifique.

*Resposta pessoal. Embora o texto trate de uma fraude, que é um aspecto a ser discutido com os alunos, essa temática possibilita a retomada do assunto abordado no Caderno do volume 3 sobre os riscos de encarar as teorias da ciência como “verdades absolutas”. Aproveite a oportunidade para conversar sobre revelações científicas sensacionalistas que, muitas vezes, aparecem na mídia, confundem a população e, depois de algum tempo, são contestadas ou aprimoradas com base em novas pesquisas, debates acadêmicos e com a sociedade.*

## ANEXO L – A INTERVENÇÃO HUMANA NA EVOLUÇÃO (SÃO PAULO, 2010C, P 9-10, 2010E, P. 18-20)

1. Você vai ganhar um cachorro. Qual deles escolheria? Por quê?



*Espera-se que os alunos relacionem características dos animais às suas necessidades ou gostos pessoais.*

2. Compare sua resposta com a de seus colegas. As escolhas basearam-se nas mesmas características?

*Resposta pessoal. Porém, deve refletir as ideias gerais dos alunos.*

3. Existem inúmeras variedades de milho, como as da foto a seguir. Se você tivesse que escolher as espigas de milho da foto, qual delas escolheria? Por quê?



*Espera-se que os alunos relacionem características dos vegetais às suas necessidades ou gostos pessoais.*

4. A ação humana sobre essas espécies, ao longo das gerações, interferiu nessa variação? Como? Levante hipóteses!

*Espera-se que os alunos identifiquem a seleção de plantas e animais segundo características de interesse. Inicie uma conversa com a turma retomando a fase nômade dos seres humanos e ressaltando que o desenvolvimento da agricultura, da pecuária e da domesticação dos vegetais e animais foram fatores que favoreceram o sedentarismo e o desenvolvimento das aldeias e, posteriormente, das cidades. Destaque a alimentação como uma das maiores*

*preocupações da espécie humana. Os primeiros grupos humanos eram nômades, isto é, mudavam de local com muita frequência em busca de alimento. Apenas há dez mil anos aproximadamente se iniciou o desenvolvimento da agricultura, da pecuária e da domesticação de animais. Provavelmente, com base na observação da reprodução natural de plantas e animais, nossos ancestrais descobriram como cultivar plantas e como criar animais.*

*Os descendentes do processo reprodutivo podem apresentar características muito distintas, e nossos ancestrais não se limitaram a cultivar plantas e criar animais, mas aprenderam também a selecioná-los segundo suas características favoráveis, direcionando sua reprodução, ou seja, fazendo uma seleção artificial. Essa chamada “melhoria” genética elimina características indesejadas e mantém as que são úteis e desejáveis.*

*Os processos de criação e cultivo também favoreceram a hibridização, isto é, a mistura de variedades diferentes. O milho que consumimos hoje é derivado de um processo de hibridização: ele é macio e possui sementes grandes, ao contrário do milho utilizado pelos primeiros agricultores, que produzia espigas pequenas e duras. No caso do trigo, outro exemplo de domesticação, a *Triticum monococcum* (espécie primitiva que originou as outras) deu origem, por hibridização com outro tipo de gramínea (*Aegilops searsii*), à espécie *Triticum turgidum*, precursora da espécie do trigo duro (*Triticum durum*). Este foi selecionado e até hoje é cultivado pelos seres humanos por causa da dureza do grão e alto teor de glúten. Outra espécie selecionada e cultivada em razão do alto teor de amido é a *Triticum aestivum*, que se originou de cruzamentos entre *Triticum turgidum* e *Triticum tauschii*.*

5. Se você fosse o responsável pela produção de milho, que tipo de reprodução escolheria para garantir maior número de descendentes com as características de seu interesse?

*Reprodução assexuada, que mantém as características parentais.*

## ANEXO M – A DOMESTICAÇÃO DO MILHO (SÃO PAULO, 2010B, P. 10, 2010E, P. 20-22)

Lucilene Aparecida Esperante Limp

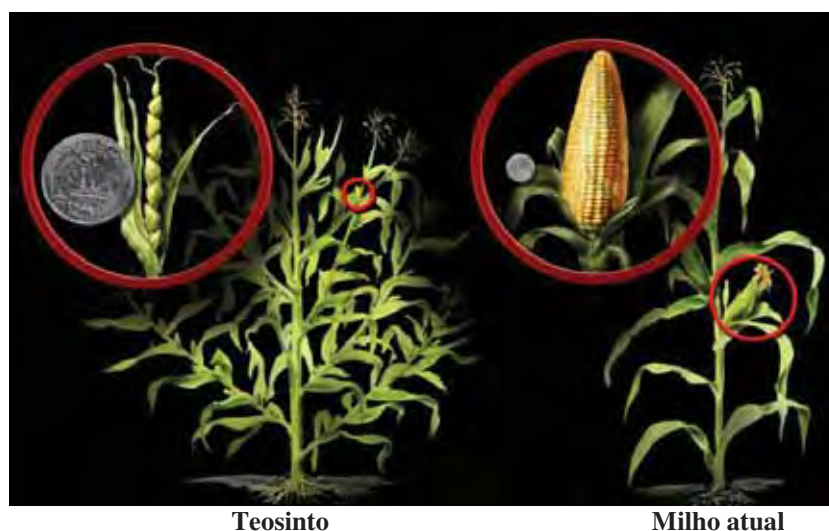
O milho, tal como conhecemos hoje, não existe na natureza. Estudos revelam que o milho descende de um ancestral, o teosinto, encontrado ainda hoje na América Central. Essa gramínea que contém várias espigas sem sabugo originou, por meio de sucessivas seleções e melhorias genéticas, as variedades de formas, tamanhos e texturas de milho conhecidas atualmente.

Provavelmente a partir da observação da reprodução natural das plantas e dos animais, nossos ancestrais promoveram a domesticação direcionando sua reprodução, ou seja, selecionando as características favoráveis a partir das variedades genéticas naturais. Esse processo levou ao desenvolvimento de espigas de melhor qualidade: maiores e com mais grãos, mas plantas reprodutivamente dependentes dos seres humanos.

O desenvolvimento do conhecimento genético permitiu aos cientistas maior controle sobre o processo de seleção. A reprodução por autofecundação gerou linhagens puras menos vigorosas, mas com características muito favoráveis à agricultura e à produção. Quando cruzadas entre si essas linhagens originaram descendentes híbridos com grande vigor, chamado de vigor híbrido ou heterose. As primeiras sementes híbridas foram produzidas em 1909. Portanto, o milho que consumimos hoje é derivado de um processo de hibridização: ele é macio e possui sementes grandes, ao contrário do milho utilizado pelos primeiros agricultores, que possuía espigas pequenas e duras.

Novas descobertas no campo da genética molecular têm revolucionado a agricultura com a possibilidade de adicionar características específicas por meio da transferência de genes de uma espécie para a outra, apoiando os atuais programas de melhoramento.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.



© Nicolle Rager Fuller. National Science Foundation.  
EUA

Comparação entre o milho ancestral (à esquerda) e o milho atual (à direita).

1. Teorias científicas afirmam que os cães atuais surgiram do lobo cinzento asiático. Explique, com base no processo de domesticação do milho, a existência das diversas raças de cães.

*As diversas raças de cães resultaram da seleção de filhotes de lobos cinzentos e chacais. Provavelmente os seres humanos perceberam que havia certos lobos que se aproximavam mais do que outros e reconheceram certa utilidade nisso, pois eles davam alarme da presença de outros animais selvagens, como outros lobos ou grandes felinos. Eventualmente, alguns filhotes foram capturados e levados para esses acampamentos humanos, na tentativa de serem criados ou domesticados.*

*Os animais que, ao atingirem a fase adulta, se mostravam ferozes e não aceitavam a presença humana eram descartados ou impedidos de se acasalar. Desse modo, ao longo do tempo, houve uma seleção de animais dóceis, tolerantes e obedientes ao ser humano, aos quais era permitido o acasalamento e que, quando adultos, eram de grande utilidade, auxiliando na caça e na guarda do acampamento. Isto levou eventualmente à criação dos cães domésticos.*

2. Sabendo que os cães se reproduzem sexuadamente, como seria possível manter as características desejáveis em um maior número de descendentes?

*Selecionando para reprodução apenas os que apresentam a característica de interesse.*

3. Há séculos, os seres humanos utilizam a prática de melhoramento genético para aperfeiçoar espécies animais e plantas de seu interesse. Cite exemplos de plantas e animais, além do milho e dos cães, que passaram por melhoramento genético.

*Espera-se que os alunos identifiquem a criação de raças artificiais de muitos animais – cães, bois, porcos, galináceos, etc. De plantas, se tem o trigo, o tomate, o arroz, o feijão. Na realidade, admite-se que todas as plantas utilizadas na agricultura foram, em maior e menor grau, melhoradas geneticamente.*

## ANEXO N – VOCÊ JÁ VIU UMA DESSAS GRANDES AVES QUE SE COME NO NATAL? (SÃO PAULO, 2009C, P. 29-30)

Maria Augusta Querubim



Figura 9 – Ave obtida com melhoramento genético.

É provável que você já tenha comido uma dessas grandes aves, semelhantes a um frango avantajado, geralmente servidas nas festas de final de ano. Mas vocês já viu uma delas viva? Sim, elas existem. Com o peito e a coxa rechonchudos, essas aves fazem o maior sucesso nas ceias natalinas. A ave atinge a idade de abate com aproximadamente 4 quilogramas. São produzidas a partir do processo de cruzamentos e melhoramento genético.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Com base no que foi discutido até o momento, explique o processo de melhoramento genético.

*O processo de melhoramento genético baseia-se na seleção dos animais que apresentam as melhores características; os selecionados são cruzados entre si e transmitem essas características para seus descendentes.*

2. Identifique que problemas o excesso de carne nas pernas e no peito pode trazer às aves.

*As aves apresentam problemas de locomoção, tornando-se totalmente dependentes dos seres humanos para se alimentar.*

3. Qual é a sua opinião sobre a utilização das técnicas de melhoramento de plantas e animais?

*Resposta pessoal. Espera-se que os alunos identifiquem aspectos negativos do melhoramento, por exemplo, aqueles que tornam animais dependentes dos seres humanos, assim como a perda da biodiversidade. Como aspectos positivos, podem ser indicados o aumento na produção de alimentos e a melhoria da qualidade dos produtos.*



## O caso dos tentilhões

Lucilene Aparecida Esperante Limp

O Arquipélago de Galápagos fica no Oceano Pacífico e é constituído por várias ilhas vulcânicas. Neste arquipélago são encontradas 14 espécies de tentilhões distribuídas pelas várias ilhas. Apesar de muito parecidos, os tentilhões divergem, entre outras características, em forma, cor, tipo e tamanho do bico.

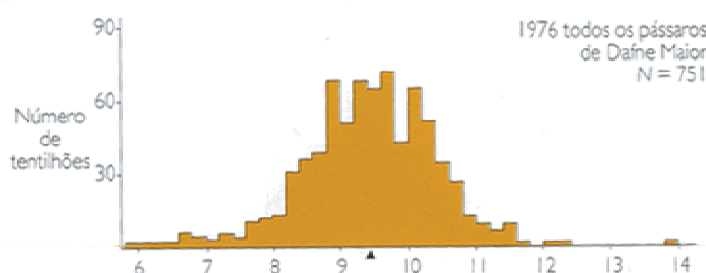
A maior ilha do arquipélago abriga a espécie *Geospiza fortis*, que é uma espécie de tentilhão rasteiro de bico médio, que se alimenta principalmente de sementes, quebrando-as e forçando-as com seu bico a se abrirem. Em geral, os tentilhões com bicos maiores comem sementes maiores e os com bicos menores comem sementes menores. As sementes macias são as preferidas desses tentilhões, pois são mais fáceis de quebrar.

O clima do arquipélago varia muito e, em 1977, houve uma grande estiagem. Os pesquisadores que trabalhavam na ilha registraram várias medidas morfológicas dos tentilhões e, entre elas, o tamanho (profundidade) dos bicos.

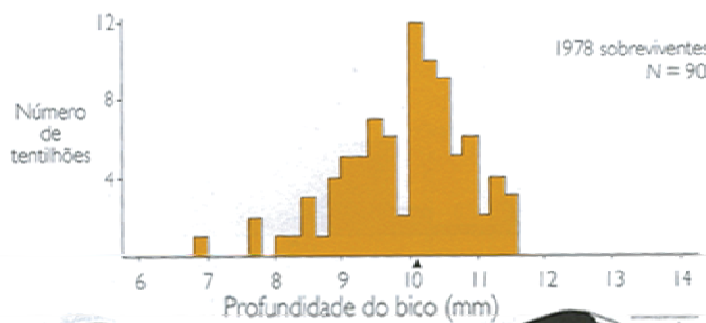
Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Os histogramas a seguir mostram a distribuição do tamanho (profundidade) dos bicos dos tentilhões antes e depois da estiagem. Os triângulos pretos correspondem à média do tamanho (profundidade) dos bicos. Analise o gráfico e depois responda às questões a seguir.

Histograma do tamanho (profundidade) dos bicos dos tentilhões rasteiros em 1976



Histograma do tamanho (profundidade) dos bicos dos tentilhões rasteiros em 1978



FREEMAN, S.; HERRON, J. C. *Análise evolutiva*. 4 ed. Tradução Maria Regina Borges et al. Porto Alegre: ArtMed, 2009. P. 87

1. É possível notar que o tamanho da população diminuiu. Registre hipóteses para explicar o declínio no tamanho da população dos tentilhões.

*A falta de alimentos constitui a melhor hipótese. Com a estiagem, as plantas produziram poucas flores e sementes; conseqüentemente, faltou alimento para os tentilhões. A maioria das aves, portanto, morreu de inanição diminuindo a população.*

2. O que ocorreu em relação à variedade de bicos antes e depois da estiagem? Explique.



*A variedade dos bicos diminuiu. Note que aves com bicos de 14, 12 e 6 mm não existem mais.*

3. A sobrevivência dos tentilhões foi aleatória ou algum grupo foi favorecido? Explique.

*Houve favorecimento. As aves com bicos entre 9 e 11 mm de profundidade foram favorecidas.*

4. Em que medida as explicações a seguir descrevem corretamente o que ocorreu em 1977 no Arquipélago de Galápagos? Analise e justifique cada explicação.

a) O bico dos tentilhões aumentou, em média 5 mm para que pudessem sobreviver.

b) Os tentilhões sobreviventes apresentavam, em média, bicos maiores.

*A explicação correta é a B. Os tentilhões não “aumentaram” seu bico para sobreviver, simplesmente viveram ou morreram. Provavelmente, com a estiagem o número de sementes diminuiu. As sementes macias e fáceis de quebrar foram as primeiras a desaparecer, sobraram as sementes e frutos grandes e duros. Somente as aves grandes e com bicos profundos conseguiram quebrar e comer essas sementes e frutos com sucesso. Portanto, o sobrevivente médio tem bico mais profundo que o não sobrevivente.*

5. Com base nos eventos apresentados e nos seus conhecimentos sobre hereditariedade e ecologia, é possível fazer previsões: os tentilhões nascidos em 1978 tinham bicos mais ou menos profundos que os nascidos em 1976? Justifique.

*Sendo a profundidade dos bicos uma característica hereditária, provavelmente os bicos seriam mais profundos. As aves de bicos profundos que sobreviveram à estiagem cruzam produzindo uma nova geração, e devem, portanto, transmitir aos descendentes seus genes para bicos profundos.*

## **ANEXO P – O EXEMPLO DOS TENTILHÕES É UM CASO DE SELEÇÃO NATURAL? (SÃO PAULO, 2010C, P. 9-10, 2010E, P. 20-21)**

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Charles Darwin e Alfred Wallace foram responsáveis pela base científica para a compreensão do processo evolutivo.

Os naturalistas britânicos estudaram a diversidade da vida no planeta e, embora tenham realizado pesquisas distintas, chegaram aos mesmos princípios para explicar o padrão de distribuição dos seres vivos.

Esse padrão, que denominaram descendência com modificação, foi substituído posteriormente pelo termo *evolução*, e o processo que promove a evolução foi denominado *seleção natural*.

O conceito de seleção natural envolve os seguintes princípios:

- Os indivíduos que compõem uma população apresentam variabilidade genética e muitas dessas variações são transmitidas aos descendentes por reprodução.
- A população pode crescer indefinidamente, mas uma parte dos indivíduos morrerá antes da reprodução; os que sobreviverem podem deixar um número variável de descendentes e outros nem se reproduzem. Portanto, a cada geração, alguns indivíduos são mais bem-sucedidos que outros na sobrevivência e na reprodução.
- A sobrevivência e a reprodução não são aleatórias; estão ligadas às características dos indivíduos e à sua relação com outros indivíduos e o meio ambiente. Os que sobrevivem transmitem suas características aos seus descendentes.
- 

Especialmente elaborado para o *São Paulo faz escola*.

Analise o caso dos tentilhões com base em cada um dos princípios da seleção natural. Conclua: este caso pode ser explicado pela seleção natural?

*Espera-se que os alunos identifiquem o caso dos tentilhões como um caso de seleção natural. Pontos fundamentais para entender o mecanismo de seleção natural proposto por Darwin:*

*a) Variabilidade entre os indivíduos da mesma espécie: os membros da população de tentilhões com seus bicos variáveis. Essa variação era devida às diferenças no genótipo das aves.*

*b) Hereditariedade: as características determinadas geneticamente são transmitidas para as novas gerações. Antes da seleção havia uma variabilidade de bicos que era transmitida para os descendentes.*

*c) Taxa de sobrevivência diferencial: durante a seca, parte da população morreu, isto é, foi selecionada. Somente as aves sobreviventes transmitiram seus fenótipos bem sucedidos, bicos maiores, à sua prole. O que mudou foi a profundidade média do bico, uma característica da população e não dos indivíduos.*

*d) Acúmulo de diferenças ao longo das gerações: segundo Darwin, somente pequenas mudanças ocorrem em uma geração, mas se esse processo é repetido ao longo de muitas gerações, com o tempo essas mudanças se acumulam e podem causar diferenças significativas em subpopulações isoladas, favorecendo o surgimento de uma nova espécie.*

## ANEXO Q – RECONSTRUINDO FILOGENIAS: UMA ÁRVORE EM TRANSFORMAÇÃO (SÃO PAULO, 2009E, P. 13-14)

A proposta é que você e seu grupo investiguem como se deu o processo evolutivo da espécie humana. O professor definirá o tempo de duração da pesquisa. Organize com seu grupo um cronograma para cada uma das etapas do roteiro de pesquisa.

### Roteiro de pesquisa

1. Inicialmente, é necessário identificar o problema. Neste caso, o problema é: como se deu o processo evolutivo da espécie humana?
2. Depois, você e seu grupo devem levantar hipóteses, isto é, soluções prováveis. Utilizem o que sabem até o momento e redijam uma proposta.
3. Agora estabeleçam o critério de busca de informações. Uma proposta é que pesquisem os principais representantes do gênero *Homo* citados até o momento<sup>23</sup>. Separem o material que servirá como fonte de pesquisa. Vocês podem utilizar livros didáticos, jornais, revistas e conteúdos da internet sobre o assunto. Os livros, revistas e *sites* indicados no final deste Caderno podem ser utilizados como fontes de pesquisa.
4. O próximo passo é ler, selecionar e classificar as informações, inclusive as imagens, que serão muito importantes na apresentação do trabalho. Identifiquem as características de cada um dos representantes do gênero *Homo* e destaquem as principais diferenças entre eles. Como essas informações normalmente são obtidas por meio dos achados paleontológicos, a pesquisa pode contemplar a localização dos sítios, a datação e as características dos fósseis e dos achados arqueológicos.
5. O passo seguinte é organizar os resultados em uma síntese. Para isso, o grupo deverá definir a forma de apresentação. Suas conclusões podem ser apresentadas no formato de árvores filogenéticas, linhas do tempo ou, ainda, esquemas da dispersão dos grupos a partir da África. Durante a pesquisa, muitas polêmicas podem ser encontradas. Se houver mais de uma proposta de árvore filogenética, o grupo deverá escolher uma e justificar sua escolha. Ao término da síntese, um elemento do grupo deverá revisar o trabalho antes de apresentá-lo ao professor e à classe.
6. O último passo é preparar-se para a apresentação. O grupo deverá definir quais integrantes serão responsáveis por esta etapa.

Durante a apresentação dos trabalhos, você deverá preencher o quadro síntese a seguir. O professor vai auxiliá-lo nesse processo. A divisão do quadro dependerá do número de espécies fósseis identificadas pelos grupos. Se o espaço não for suficiente, faça o quadro no caderno ou em uma folha de sulfite.

Fósseis	Época em que viveram	Características

<sup>23</sup> *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalensis* e *Homo sapiens*.

## **ANEXO R – EVOLUÇÃO E RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS (SÃO PAULO, 2010C, P. 11-12, 2010E, P. 24-26)**

### **Leitura e análise de texto**

#### **Tuberculose multirresistente a remédios cresce no mundo, diz OMS**

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que a tuberculose multirresistente cresce no mundo. Levantamento estima que mais de 500 mil pessoas são infectadas por ano pelo bacilo XDR (sigla para *Extensive Drug Resistant*), responsável por uma forma muito grave dessa doença infecciosa pulmonar e que resiste a quase todos os medicamentos considerados eficazes. Geralmente, os pacientes que apresentam esse tipo de tuberculose já haviam feito o tratamento para a doença, mas abandonaram a medicação antes do prazo recomendado. Há, inclusive, uma forma de tuberculose para qual não se conhece tratamento.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Qual é o problema apresentado no texto? Por que esta questão é tão preocupante?

#### **Pesquisa individual**

Para saber mais sobre a tuberculose, faça uma pesquisa sobre o assunto e depois responda às seguintes questões:

1. Qual é o agente causador da tuberculose?

*A tuberculose é causada pela bactéria Mycobacterium tuberculosis.*

2. Qual é o tratamento adequado para a tuberculose?

*A tuberculose é uma doença infecciosa que, sob prescrição médica, pode ser combatida com antibióticos.*

3. Como a doença é transmitida?

*A tuberculose se dissemina através de gotículas de saliva presentes no ar, que são expelidas quando pessoas doentes tosse, espirram ou falam.*

4. Por que devemos nos preocupar com o aumento da resistência da tuberculose aos medicamentos?

*Espera-se que os alunos identifiquem a resistência aos medicamentos como fator de risco para o aumento da prevalência da tuberculose, doença que pode levar ao óbito. Espera-se, também, que os alunos relacionem a teoria da seleção natural ao crescimento da resistência aos antibióticos.*

5. Retome os conceitos de seleção natural trabalhados no Volume 3 e procure explicar quais são as causas prováveis do aumento da resistência da tuberculose a medicamentos.

*Com frequência, os médicos prescrevem antibióticos para seus pacientes, mas o uso inadequado pode selecionar bactérias resistentes. As que prevalecem se reproduzem e transmitem essa característica para as descendentes, sobre as quais aquele antibiótico não terá mais efeito.*

## **Pesquisa de campo**

### **A multirresistência a antibióticos é um problema em sua comunidade?**

Os seus hábitos, os de seus familiares, amigos e demais pessoas da comunidade podem estar favorecendo o desenvolvimento de microrganismos multirresistentes, como os da tuberculose. Uma forma de verificar isso é realizar entrevistas sobre o uso de antibióticos por membros de sua família e pela comunidade. Você pode trabalhar em grupo. Inicialmente, organize um roteiro e depois cada componente do grupo pode realizar entrevistas com pessoas diferentes. A seguir, estão listadas algumas perguntas que podem compor o roteiro da entrevista.

#### **Roteiro da entrevista**

1. Você fez uso de algum antibiótico no ano passado? Por que esse(s) antibiótico(s) foi(foram) receitado(s) para você? Você teve alguma infecção bacteriana?
2. Você fez uso do medicamento na dosagem e no período prescritos e os exames para acompanhamento do tratamento recomendado? Se não, por quê?
3. Você sabe por que é importante cumprir toda a prescrição, mesmo se seus sintomas desaparecerem?
4. Para você, a prescrição de antibióticos pelos médicos é sempre necessária? Explique.  
Ao final do processo, seu grupo deve tabular os dados e redigir um relatório em resposta às seguintes questões:
  1. O uso de antibióticos é realizado corretamente pelos entrevistados?
  2. Na sua opinião, as pessoas da sua comunidade estão expondo sua saúde a riscos pelo uso indevido de antibióticos?
  3. De que forma as pessoas podem contribuir para minimizar os problemas relacionados ao uso indevido de remédios?

## **ANEXO S – HEMOFILIA E FENILCETONÚRIA (SÃO PAULO, 2009C, P. 32-33, 2009E, P. 27-28)**

### **Hemofilia**

Lucilene Aparecida Esperante Limp e Maria Augusta Querubim

A hemofilia é uma doença hereditária, recessiva e ligada ao cromossomo X. Os hemofílicos apresentam problemas relacionados à coagulação sanguínea. A hemofilia clássica, do tipo “A”, ocorre por causa de uma deficiência no fator de coagulação VIII. Rara entre os homens, é ainda mais rara entre as mulheres, em virtude da necessidade da presença do alelo para hemofilia em duplicidade. Mulheres que apresentam apenas um alelo alterado são portadoras. Como os homens só possuem um cromossomo X, não existem homens portadores. Inicialmente, a hemofilia era tratada com transfusões sanguíneas completas; hoje, o tratamento consiste basicamente na reposição dos fatores deficitários – no caso do tipo “A”, o fator VIII – obtidos normalmente do plasma humano.

### **Fenilcetonúria**

E fenilcetonúria também é uma doença genética, recessiva, causada pela deficiência da produção de uma enzima que promove a transformação do aminoácido fenilalanina em tirosina. Portanto, quando o indivíduo doente come alimentos protéicos que contêm fenilalanina, esta não é metabolizada e se acumula no organismo. O excesso de fenilalanina ocasiona alterações neurológicas e atrasos severos no desenvolvimento da criança, o que pode provocar deficiência mental irreversível. Essas alterações ocorrem logo nos primeiros meses de vida.

O tratamento da fenilcetonúria envolve a eliminação de alimentos com fenilalanina. Você já deve ter visto na embalagem de alguns alimentos este aviso: “contém fenilalanina”, que é uma alerta para os fenilcetonúricos. O tratamento precoce previne a doença, que pode ser detectada com o exame popularmente conhecido como “teste do pezinho”, realizado ainda na maternidade.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, explique:

1. Como os testes e os tratamentos interferem na frequência dos genes nas futuras gerações em cada um dos processos?

*No caso das doenças genéticas, medicamentos ou tratamentos especiais minimizam os efeitos de genes que são naturalmente deletérios. Mas os genes que causam essas doenças continuam a ser transmitidos para os descendentes, mantendo-se na população, isto é, não são eliminados com seus portadores.*

2. Quais consequências esse fato poderá trazer para a humanidade a longo prazo?

*Espera-se que os alunos identifiquem os avanços da medicina como fatores evolutivos, uma vez que interferem na variação da frequência gênica e contribuem a longo prazo com a evolução dessa população. Dessa forma, podem concluir que a evolução está acontecendo continuamente ao nosso redor.*

## ANEXO T – INFLUENZA A (H1N1) (SÃO PAULO, 2009C, P. 33-34, 2009E, P. 29-30)

Lucilene Aparecida Esperante Limp

Em abril de 2009, confirma-se um novo surto de gripe em humanos, oficialmente chamada de gripe A (H1N1), mas divulgada inicialmente como gripe suína. Soube-se, então, que uma nova forma de vírus circulava no mundo.

O vírus espalhou-se tão rapidamente que, em junho de 2009, a Organização Mundial de Saúde (OMS) anunciou a nova pandemia e, devido à confirmação da forma de transmissão sustentada do vírus nos cinco continentes (em mais de 75 países), declarou nível de alerta pandêmico máximo (nível 6). A gripe A é uma doença respiratória aguda, causada pelo vírus da *influenza A (H1N1)*. Esse novo subtipo do vírus *influenza* é transmitido de pessoa a pessoa principalmente por meio da tosse ou do espirro e de contato com secreções respiratórias de pessoas infectadas. Assim como a gripe sazonal, os sintomas costumam passar em uma semana, e o óbito geralmente decorre de complicações respiratórias e cardíacas.

O vírus H1N1 contém oito pedaços de RNA dentro de uma cápsula e se originou de uma mistura de vários outros vírus, que já circulam entre humanos. Mais que o seu potencial de letalidade, muito próximo ao da gripe comum, o perigo está no fato de que esse vírus está circulando recentemente entre humanos. Logo, nosso sistema imunológico não desenvolveu resistência específica para este vírus e não podemos prever o rumo que a pandemia vai tomar.

A nova gripe é apenas um indicador do acelerado processo de recombinação e criação de novos agentes patogênicos dos últimos anos. Em todos os casos de epidemias e surgimento de novas patologias das últimas décadas, tais como ebola, dengue, HIV, há por trás a forma como os seres humanos vêm se relacionando com o meio ambiente. O aumento do desmatamento, da concentração de pessoas nos centros urbanos, da criação de animais em escala industrial, do avanço das monoculturas, da carência e do uso inadequado dos recursos médicos são alguns dos fatores que vêm destruindo os *habitats* naturais e sua biodiversidade, diminuindo os competidores e inimigos naturais dos microrganismos patogênicos e propiciando condições ideais para sua criação, desenvolvimento e espalhamento. Caso esse panorama persista, o mundo deve estar preparado para novas pandemias.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Por que não fomos capazes de conter a pandemia do vírus *influenza A (H1N1)*?

*São respostas possíveis: a facilidade de transmissão do vírus, as aglomerações urbanas, o trânsito mundial de pessoas e mercadorias e a fragilidade de sistemas de vigilância sanitária.*

2. Quando a gripe A atingiu a fase máxima da escala de alerta (nível 6), a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendou que o uso dos antivirais específicos fosse prescrito para pessoas gravemente doentes ou sob risco de outras complicações de saúde. Você concorda com esta orientação? Explique.

*Espera-se que os alunos concordem, pois a distribuição indiscriminada da droga não é garantia de conter todos os vírus. Pode ainda favorecer o espalhamento dos vírus resistentes ao medicamento, impossibilitando tratamentos futuros com a mesma droga.*

3. Qual é o perigo do aparecimento de novos patógenos da espécie humana?

*Como são patógenos novos, ninguém pode dizer com exatidão o que eles farão, tampouco prever o rumo da pandemia.*

## **ANEXO U – EVOLUÇÃO CULTURAL (SÃO PAULO, 2009E, P. 15)**

Não é possível discutir a evolução humana sem relacionar a evolução biológica à evolução cultural. Sugerimos que, antes das apresentações dos grupos, você assista ao documentário *Humanos: Quem somos nós? A origem da mente humana*. O filme do diretor Christopher Rowley relaciona a formação do ser humano às mudanças que ocorreram no nosso planeta, como a Era do Gelo. O professor poderá organizar a apresentação para toda a sala. O programa utiliza computação gráfica para ilustrar melhor como eram nossos ancestrais e traz elementos que podem ajudá-lo a refletir sobre o processo evolutivo dos seres humanos.

Desde o início, a Terra assiste ao surgimento e ao desaparecimento de diferentes espécies. Os que conseguem se adaptar sobrevivem – os demais se extinguem. Mas, há 5 milhões de anos, um animal dotado de instinto e pensamento, graças ao desenvolvimento de seu cérebro, dá origem ao que chamamos hoje de seres humanos. O filme traz essas transformações. Após a apresentação, compare a vida do ser humano primitivo com a sua própria vida, identificando semelhanças e diferenças.

### **Produção de texto**

Agora produza um texto que explique as variações na locomoção, no cérebro, no aparelho fonador e nas mandíbulas durante o processo evolutivo. Trace um paralelo entre a evolução biológica e a cultural, relacionando como os avanços a seguir influenciaram a evolução biológica dos seres humanos:

1. Linguagem oral.
2. Caça cooperativa.
3. Controle e produção do fogo.
4. Técnica de fabricação de ferramentas.