FERNANDA FRANZOLIN

**Conceitos de biologia na educação básica e na Academia:
aproximações e distanciamentos**

Dissertação de mestrado apresentada à
Faculdade de Educação da Universidade de
São Paulo para a obtenção do título de Mestre
em Educação

Área de Concentração: Ensino de Ciências e
Matemática

Orientador: Prof. Dr. Nelio Bizzo

São Paulo

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Serviço de Biblioteca e Documentação da FE/USP

371.34 Franzolin, Fernanda
F837c Conceitos de Biologia na educação básica e na academia:
aproximações e distanciamentos / Fernanda Franzolin ; orientação Nelio
Bizzo.-- São Paulo, SP: s.n., 2007.
204 p. : il.; tabs. + anexos

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação – Área de
concentração: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de
Educação da Universidade de São Paulo.

1. Livros didáticos (Análise) 2. Ciência (Educação) 3. Biologia
(Educação) 4. Ensino fundamental 5. Ensino médio I. Bizzo, Nélio,
orient

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fernanda Franzolin

Conceitos de Biologia na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos.

.

Dissertação apresentada à Faculdade de
Educação da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em Educação
Área de Concentração: Ensino de Ciências e
Matemática

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____ Assinatura _____

DEDICATÓRIA

A Eva Neide e José Fernandes, meus pais, que eu tanto amo e que incansavelmente não mediram esforços para me apoiar e foram sem dúvida fundamentais para que este trabalho se tornasse realidade.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr Nelio Bizzo, pelas oportunidades oferecidas durante todos estes anos, que me possibilitaram grande enriquecimento científico e intelectual, pelas suas valiosas contribuições durante a orientação e ainda por ter apoiado a realização desta pesquisa.

Aos meus pais, José Franzolin e Eva Franzolin, minhas irmãs e cunhado, Tânia Franzolin, Daniela Prudêncio e Flávio Prudêncio, por todo o apoio, paciência e por compreenderem a importância deste trabalho em minha vida.

À Profa. Dra. Clarice Sumi Kawasaki e ao Prof. Dr. Paulo Takeo Sano, pelas críticas e sugestões feitas durante o exame de qualificação.

Aos colegas de pesquisa Sandra Del Carlo e Jorge L. Narciso Jr., pela ajuda e pelos ricos momentos em que pensamos juntos, discutimos, realizamos grandes reflexões e trocamos conhecimentos.

Aos Professores Doutores Charbel Nino El-Hani, Eder Cassola Molina, Marta Marandino, Lurdes Foresti de Almeida Toledo e, especialmente, ao Prof. Dr. Paulo Takeo Sano, por terem contribuído com o fornecimento de informações e materiais essenciais para a presente pesquisa.

Aos colegas Luiz Caldeira, Ana Maria Yoshitake, Rodrigo Venturoso e Sandra del Carlo e às professoras Suzana Granato e Lúcia M. Bom, pela importante e gentil colaboração ao fornecer os materiais didáticos que foram analisados.

À Profa. Dra. Marcela Fejes, que eu admiro por sua seriedade e compromisso com a pesquisa, pelas inúmeras contribuições dedicadas à minha formação.

À Ana Maria Gouw, pela amizade, atenção e dedicação com as quais sempre me acompanhou desde os primeiros passos na minha introdução à pesquisa.

A toda equipe do LECT, em especial a Ana Maria Yoshitake, Eliana Midore Morita e Ana Maria Navas, por sempre me ouvirem com atenção e paciência e colaborando com ricas sugestões.

A todos os colegas do Grupo de Orientandos do Prof. Dr. Nelio Bizzo, em especial ao colega Acácio Alexandre Pagan, pelas ricas considerações realizadas sobre o presente trabalho.

A Escola do Futuro, em especial ao Prof. Dr. Frederic Litto e a Prof. Dra. Brasilina Passareli, pelas contribuições e apoio à minha formação acadêmica.

RESUMO

FRANZOLIN, F. **Conceitos de Biologia na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos**. 2007. 207 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

A literatura tem discutido a relação entre o conhecimento escolar e os demais saberes sociais. Autores defendem que o conhecimento escolar nas disciplinas científicas se constitui a partir da relação com o saber cotidiano e o saber científico. São ainda apontadas especificidades do conhecimento científico que justificam a importância de ser ensinado. Isso, porém, não significa ensiná-lo nas escolas à mesma maneira como os cientistas em seus congressos. A transposição didática, ou seja, a transformação do objeto de saber em um objeto de ensino, torna-se necessária. Além do processo de transposição didática, o processo de disciplinarização se caracteriza como um dos constituintes centrais do conhecimento escolar. No Brasil a história do Ensino de Ciências tem revelado um quadro de improvisações, no qual o professor, em decorrência de uma má formação, se apóia nos livros didáticos para preparar suas aulas. Devido a sua importância no quadro educacional brasileiro, o livro didático de ciências se tornou alvo das preocupações de pesquisas e programas governamentais. Este trabalho analisou livros de Ciências do ensino fundamental e livros de Biologia do ensino médio, verificando a distância que mantêm do conhecimento de referência. Considerou-se como conhecimento de referência aquele que é objeto de estudo do professor em formação, representado, portanto, pela bibliografia básica adotada no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo. Para diferenciar os tipos de distanciamentos encontrados, elaborou-se uma ferramenta, por meio da qual os distanciamentos foram classificados em duas categorias, ambas decorrentes da transposição didática. Uma delas seria o distanciamento vertical, originado pela transposição do conhecimento científico para cada nível de ensino, sendo necessário para permitir o aprendizado para alunos de diferentes faixas etárias. O outro tipo de distanciamento seria o horizontal, o qual se caracteriza por não ser essencial ao aprendizado do aluno em seu nível de ensino, sendo decorrente de seu laxismo em relação ao conhecimento de referência. Foram comparadas as distâncias horizontais encontradas em diferentes níveis de ensino. Apesar de nem todos os distanciamentos horizontais implicarem obstáculos para a aprendizagem dos alunos, muitos daqueles apresentados pelos resultados desta pesquisa evidenciam esta característica. Esta pesquisa

encontrou uma frequência de distanciamentos horizontais nos conceitos de livros de Ciências do ensino fundamental de 0,27, significativamente maior do que a encontrada nos livros de Biologia de ensino médio, que foi de 0,17. O estudo realizado com as imagens apontou quadro semelhante.

Palavras-chave: livros didáticos, Ensino de Ciências, Ensino de Biologia, conhecimento escolar, conhecimento científico.

ABSTRACT

FRANZOLIN, F. **Biology Concepts in the Basic Education and in the Academy: Approximations and Distances**. 2007. 207 p. Dissertation (Master's degree). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

The literature has discussed the relation between the school knowledge and social knowledges. Writers defend the school knowledge in the science disciplines is constituted from the relation with the everyday knowledge and the scientific knowledge. Some specificities of the scientific knowledge that justify its teaching importance are also pointed. This, however, does not mean teaching such knowledge at school in the same way that scientists do in their congress. The didactic transposition, that is, the transformation of the knowledge object in a teaching object is necessary. Besides the didactic transposition process, the disciplination process characterizes as one of the central constituent of school knowledge. In Brazil the science education history has revealed a situation of improvisations, in which the teacher, who has a bad formation, relies on textbooks to prepare his classes. Due its importance in the Brazilian education context the science textbook turned into an object of preoccupation of researches and governmental programs. This work has analyzed Science primary textbooks and Biology secondary textbooks, verifying the distance between them and the reference knowledge. It was considered as knowledge of reference the object of study of the teacher in formation, representing, thus, by the basic bibliography adopted in the Biology Teacher Education course at University of São Paulo. To differ the types of distances found an instrument was created so that the distances were classified in two categories, both decurrents of the didactic transposition. One is the vertical distance, originated of the transposition of the science knowledge to each education level, being necessary to permit the learning to students of different ages. The other type of distance is the horizontal, which is characterized by not to being essential to the students learning in his education level, being decurrent of the laxism in relation to the knowledge of reference. The horizontal distances found in different education levels were compared. Although the fact that not all the horizontal distances lead to epistemological obstacles to students learning, many of those presented by the results of this research present this characteristic. This research found a frequency of horizontal distances in the concepts of primary Science textbooks of 0,27, significantly higher than the frequency found in secondary Biology textbooks, which was of 0,17%. The analysis of image drawings pointed similar results.

Keywords: textbooks, Science education, Biology teaching, school knowledge, scientific knowledge.

SUMÁRIO

1 QUADRO TEÓRICO	13
1.1 DOS CONHECIMENTOS EXISTENTES AOS CONHECIMENTOS ENSINADOS	13
1.2 O QUE OS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA ENSINAM	19
2 OBJETIVO DA PESQUISA E HIPÓTESES.....	39
3 METODOLOGIA	41
3.1 A SELEÇÃO DOS LIVROS	41
3.2 A SELEÇÃO DOS CONTEÚDOS	43
3.3 A ANÁLISE E A SELEÇÃO DA BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA.....	45
3.4 A FERRAMENTA DE ANÁLISE	46
3.5 A NATUREZA DA METODOLOGIA UTILIZADA	48
3.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS	49
3.7 IDENTIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS ENTRE OS CONHECIMENTOS PRESENTES NAS ILUSTRAÇÕES E OS CONHECIMENTOS DE REFERÊNCIA	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1 CONTEÚDOS QUE APRESENTARAM QUESTÕES PROBLEMÁTICAS NA AVALIAÇÃO DO PNLD.....	51
4.1.1 Conteúdos relacionados à área de Botânica	51
4.1.2. Conteúdos relacionados à área de Ecologia	60
4.1.3 Conteúdos relacionados à área de Histologia	61
4.1.4 Conteúdos relacionados à Microbiologia	65
4.1.5 Conteúdos relacionados à área de Zoologia	66
4.2 CONTEÚDOS CENTRAIS DA BIOLOGIA	69
4.2.1 Fotossíntese	70
4.2.2 Respiração Celular.....	80
4.2.3 Conceitos básicos de genética	84
4.3 SÍNTESE DOS DISTANCIAMENTOS HORIZONTAIS IDENTIFICADOS ENTRE A REFERÊNCIA E OS LIVROS DIDÁTICOS	98
4.4 DIFERENÇAS ENCONTRADAS ENTRE AS ILUSTRAÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS E O CONHECIMENTO DE REFERÊNCIA.....	110
4.4.1 Botânica: Ciclos reprodutivos de briófitas, pteridófitas e gimnospermas	110
4.4.2 Histologia: Caracterização de tecidos musculares.....	137
4.4.3 Zoologia – Classificação de peixes	142
4.5 SÍNTESE DAS DIFERENÇAS IDENTIFICADAS ENTRE AS ILUSTRAÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS E O CONHECIMENTO DE REFERÊNCIA.....	146
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS:.....	153
REFERÊNCIAS	157
APÊNDICES	160
APÊNDICE A – Lista da Bibliografia de Referência consultada	161
APÊNDICE B – Chave de identificação dos livros analisados.....	162
ANEXOS.....	163
ANEXO A – Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados por livros de ensino fundamental e ensino médio.....	164
ANEXO B –Definições de ecossistema apresentadas por livros de ensino fundamental e ensino médio	169
ANEXO C – Conhecimentos referentes à caracterização dos diferentes tipos de tecidos musculares apresentados por alguns livros de ensino fundamental e ensino médio.....	171
ANEXO D - Conhecimentos sobre a presença de amebas patogênicas apresentadas por alguns livros de ensino médio.....	175
ANEXO E – Denominações para definir a parede do corpo dos artrópodes apresentadas por livros de ensino fundamental e ensino médio	176
ANEXO F - Definições de fotossíntese apresentadas por livros de e ensino médio.....	179

ANEXO G – Informações sobre os pigmentos envolvidos no processo fotossintético mencionadas por livros de ensino fundamental e ensino médio	183
ANEXO H – Locais de ocorrência da fotossíntese nos vegetais citados por livros de ensino médio.....	186
ANEXO I – Conhecimentos sobre respiração celular mencionados por algumas coleções e livros de ensino fundamental e ensino médio	189
ANEXO J – Definições sobre material genético, gene, DNA e cromossomo apresentadas por algumas coleções e livros de ensino fundamental e ensino médio	192
ANEXO K - Definições de cromossomos homólogos apresentadas por alguns livros de ensino médio	194
ANEXO L – Definições de genes alelos, homozigoto e heterozigoto apresentadas por algumas coleções de ensino fundamental e livros de ensino médio	195
ANEXO M – Definições de genótipo e fenótipo apresentadas por algumas coleções de ensino fundamental e livros de ensino médio	197
ANEXO N – Conhecimentos sobre a classificação de peixes enquanto vertebrados apresentados pelas coleções de ensino fundamental e pelos livros de ensino médio.....	199

1 QUADRO TEÓRICO

1.1 DOS CONHECIMENTOS EXISTENTES AOS CONHECIMENTOS ENSINADOS

A natureza do conhecimento escolar, como ele se constitui e como está relacionado com os demais saberes sociais, caracterizam-se como tema de estudo corrente na literatura. Lopes (1999) afirma que o saber escolar nas disciplinas científicas se constitui a partir da relação com diferentes saberes sociais, como o saber cotidiano e o saber científico.

Ao abordar o conhecimento científico, Ziman (1985) afirma que o que garante a confiabilidade de um fato ou de uma teoria de caráter científico é o consenso entre os cientistas. Para ser aceito, o conhecimento científico precisa primeiramente passar por uma série de críticas, que podem gerar a repetição dos experimentos que lhe originaram ou a comparação lógica entre seus resultados e os provenientes de outras investigações. Entretanto, ao ser aceito, esse conhecimento torna-se muito digno de confiança.

Explorando os fundamentos para a crença na ciência, Ziman (1996) afirma que o conteúdo do conhecimento científico é consensível. Isso significa que sua mensagem não deve ser obscura nem ambígua, para que não impossibilite o seu receptor de opor-lhe objeções fundamentadas ou dar-lhe seu consentimento sincero. Para que a comunicação seja consensível, sua linguagem não pode ser equívoca.

Bizzo (1998) apresenta cinco especificidades para o conhecimento científico que justificam a sua importância e a necessidade de ensiná-lo. De acordo com tais especificidades, o conhecimento científico: 1) não convive pacificamente com as diferentes explicações para o mesmo fato; 2) apresenta uma terminologia própria, a qual se trata de um “código de compactação” que junta informações agregando significados; 3) possui preferência pelo simbólico, buscando afirmações aplicáveis a diferentes situações; 4) apresenta teorias interligadas, podendo umas servir de base para outras; 5) sua introdução na vida das pessoas é mais tardia que o conhecimento cotidiano, devido à sua complexidade e à capacidade necessária para compreendê-lo. O reconhecimento da importância de se ensinar o conhecimento científico não significaria apresentá-lo à mesma maneira como os cientistas em seus congressos. A escola pode realizar aproximações do conhecimento que os cientistas reconhecem como válido, apesar de essa tarefa não ser fácil. Para que essa aproximação seja possível, é preciso ter em consideração não apenas as características próprias do

conhecimento, como também as características do aluno, como sua capacidade de raciocínio e seus conhecimentos prévios.

Chevallard (1991) considera “transposição didática” o trabalho de transformar um objeto de saber em um objeto de ensino. Ela existe devido ao fato de o funcionamento, do saber educacional ser diferente do funcionamento acadêmico. Um saber a ser ensinado poderia então sofrer alterações que o transformam em objeto de ensino. Tais transformações são necessárias para que esse elemento de saber possa ser ensinado. O funcionamento didático possui, portanto, a capacidade de produzir os saberes para o seu próprio consumo.

Para Chevallard, o sistema didático pode ser representado pelo professor, os alunos, o saber ensinado e as inter-relações entre eles. Esse sistema possui um entorno constituído pelo sistema de ensino, o qual reúne o conjunto de sistemas didáticos e está acompanhado de uma série de dispositivos estruturais, que tanto intervêm no funcionamento didático como o propiciam. Por sua vez, o sistema de ensino também possui um entorno, que seria a sociedade. A estrutura desse entorno é complexa, e nela estão, por exemplo, os pais, os acadêmicos e a instância política que consiste no órgão governamental do sistema de ensino, como o ministério. Na periferia do sistema de ensino, há uma instância essencial para o funcionamento didático, onde ocorre a interação entre esse sistema e o entorno social. É aí em que todos os representantes do sistema de ensino enfrentam e procuram soluções para os problemas e conflitos que surgem do encontro com a sociedade e suas exigências. Essa periferia consiste, portanto, na esfera onde se pensa, denominada por Chevallard de “noosfera”. A noosfera é, portanto o centro operacional do processo de transposição. O fluxo de saberes do entorno para o sistema de ensino passa pela noosfera. Isso ocorre devido ao fato de que, para o ensino ser possível, é preciso que ele esteja compatível com o sistema ao seu entorno.

Concordando com Chevallard quanto à necessidade da transposição didática, Forquin (1992) considera que a educação escolar não realiza apenas uma seleção de saberes e materiais culturais disponíveis num determinado momento da sociedade. Para torná-los mais acessíveis e disponíveis para as novas gerações, seria necessário se entregar a um imenso trabalho de reorganização, de reestruturação. A ciência do erudito não é, portanto, diretamente comunicável ao aluno, mas necessita da intervenção de dispositivos mediadores.

A cultura escolar é considerada por Forquin (1992) como uma “cultura segunda” com relação à “cultura de criação ou de invenção”. Ela é derivada e transposta e está inteiramente subordinada a uma função de mediação didática. O autor afirma que isso é possível ver, através dos materiais didáticos. Dessa necessidade de didatização surgem os traços

morfológicos e estilísticos característicos dos saberes escolares, como a predominância de valores de apresentação e clarificação, a preocupação da progressividade, a importância atribuída à divisão formal, a abundância de redundâncias no fluxo informacional e os comentários explicativos, entre outros.

Segundo Lopes (1999), além do processo de transposição didática, o processo de disciplinarização se caracteriza como um dos constituintes centrais do conhecimento escolar (LOPES, 1999).

Para Goodson (1990), dentro do contexto da Grã-Bretanha, o desenvolvimento das disciplinas é abordado sob duas perspectivas, a sociológica e a filosófica. (GOODSON, 1990).

No final da década de 60 e início da década de 70, dentro de uma perspectiva sociológica, foram adotadas como base as idéias de Musgrove, Bernstein e Young publicadas em 1971 no livro *Knowledge and Control*. Para a Sociologia, a distribuição de poder e os princípios de controle social teriam grande influência sobre a forma pela qual o conhecimento escolar considerado público é classificado, distribuído, transmitido e avaliado pela sociedade.

Tal perspectiva apresenta algumas indicações sobre como os “grupos dominantes” exercem controle sobre outros grupos. Portanto, a perspectiva sociológica considera que a autonomia da escola em relação ao currículo sofre uma grande limitação pelas universidades, devido às exigências de admissão e em decorrência da dominação das comissões de exame escolar. Tal controle é indireto, intermediado pelas preocupações dos professores em atender às expectativas das universidades. Desse modo, o sistema educacional contemporâneo da Grã-bretanha apresenta uma rígida estratificação do conhecimento e sofre o domínio dos currículos acadêmicos.

Entretanto, apesar de apresentar tais indicações de relações de dominação, a perspectiva sociológica é criticada por não examinar o controle exercido pelos “grupos dominantes” na definição do currículo escolar.

Já a perspectiva filosófica se opõe às explicações próprias da sociologia. Ela encontra-se sintetizada nos trabalhos de Phenix, Hirst e Peters. Tanto as afirmações mais explícitas de Phenix como as interpretações realizadas sobre os trabalhos de Hirst e Peters compreendem que a disciplina intelectual é primeiramente criada por estudiosos, os quais geralmente trabalham num departamento universitário, e posteriormente é “traduzida” como matéria escolar.

Goodson considera que essa forma de situar a origem de tais matérias é questionável. Isso se justificaria primeiramente devido às diferenças entre contexto universitário e o

contexto escolar, capaz de gerar uma grande necessidade de adaptação durante a tradução da disciplina para matéria escolar. Outra justificativa seria o fato de o processo histórico de algumas matérias escolares revelar que nem sempre seu surgimento depende de uma disciplina-base, como ocorreu com a matéria “Ciências”. Esses questionamentos justificam a necessidade de o estudo do processo de disciplinarização ir além da análise da história filosófica.

Para Chervel (1990), as matérias escolares não são meras vulgarizações ou adaptações das Ciências. Ele critica a idéia amplamente partilhada de que a escola é puramente um agente de transmissão de saberes criados fora dela. Segundo Chervel (1990), nem sempre a escola consegue acompanhar o processo das Ciências, não porque os mestres sejam incapazes de acompanhá-la, mas sim porque a escola busca cumprir seu verdadeiro papel, que nem sempre está na reposição dos saberes eruditos.

Segundo Aikenhead (2003), na Inglaterra, durante na década de 1850, os currículos escolares envolviam os estudos religiosos, os clássicos, matemática, história, língua e gramática. Foi na década seguinte que a Associação Britânica para o Avanço da Ciência (BAAS) aprovou o relatório de “Educação científica nas Escolas”.

A preocupação da BAAS em promover a “ciência pura” e obter membros e subsídios para as pesquisas reforçou o “treinamento da mente” na educação. Em decorrência, os reformistas produziam em 1867 um currículo de Ciência que se opunha à prática utilitária e aos valores relacionados à vida cotidiana. Desse modo, reforçavam as ideologias de classe que favorecem a elite social. O argumento do “treinamento da mente” ajudou certamente a envolver a nova disciplina “Ciência” em um currículo já existente nas escolas. Procurava-se distinguir a visão de ciência voltada para a educação geral do cidadão do treinamento do pré-profissional para os membros futuros dessa associação.

Aikenhead diz que os críticos consideram esse currículo de Ciências como demasiadamente limitado para relacionar a ciência e a tecnologia aos aspectos humanos, sociais, e econômicos. Propostas humanistas inovadoras inglesas e australianas questionavam esse currículo de ciência tradicional por beneficiar uma elite social. Entretanto, as tentativas humanistas que visavam à transformação do currículo de Ciências no século XX não foram bem-sucedidas.

Layton (1972 *apud* GOODSON, 1990) resume de uma forma generalizada o processo de surgimento da matéria “Ciências”: esta teria se originado nas escolas devido a sua pertinência e utilidade, razões estas que atraíam os alunos por interessá-los. Nesse momento,

apesar de os professores não serem especialistas treinados, possuíam o entusiasmo típico de seu pioneirismo.

Num segundo momento, inicia-se o trabalho acadêmico relacionado à matéria, juntamente com um corpo de especialistas treinados que passam a ser recrutados como professores. A crescente reputação dessa matéria e o desenvolvimento de seu status acadêmico tornam-se aspectos que, aliados aos demais já existentes, são capazes de gerar o interesse do estudante. A seleção e organização dos conteúdos passam a ser cada vez mais influenciadas pela lógica interna e pela disciplina da matéria.

Num estágio final, julgamentos e práticas de especialistas passam a ser responsáveis pela seleção do conteúdo da matéria. O corpo de professores passa a ser constituído por profissionais que possuem regras e valores estabelecidos. Os estudantes são inseridos numa tradição, perdem aquele antigo encantamento e assumem atitudes de passividade e resignação.

Quanto à matéria “Biologia”, Goodson (2001) afirma que seu processo de escolarização também é caracterizado pela evolução de uma comunidade, que inicialmente promove objetivos pedagógicos e posteriormente define a matéria como uma disciplina acadêmica ligada aos estudiosos das universidades.

Baseado em estudos sobre a história da educação em Biologia na Grã-Bretanha, no final dos séculos XIX e no século XX, o autor mostra como a Biologia se tornou uma matéria escolar.

No século XIX, durante a campanha pela introdução de matérias científicas no currículo da escola secundária, a Biologia era representada pela Zoologia e pela Botânica. Entretanto, descobertas nas áreas de pesquisa em Fisiologia, Ciências Agrícolas, Biologia Marinha e Bacteriologia fizeram com que a Biologia fosse defendida como matéria escolar por agências como a BAAS, o Conselho Britânico de Higiene Social e a Associação dos Mestres de Ciências. Em um estágio inicial, o conteúdo da matéria era inteiramente orientado no sentido de objetivos práticos vocacionais.

Foi no período entre guerras, no século XX, que o aspecto utilitário ampliou a importância dessa matéria, devido a sua aplicação nas atividades econômicas e industriais. É, portanto, na década de 30 que a Biologia ganha espaço no currículo da escola secundária.

Entretanto, criticava-se o caráter direcionado ao treinamento vocacional apresentado por essa matéria, e os professores universitários também resistiam à união das áreas de conhecimento.

Com a criação do sistema de exames pelas universidades, o certificado escolar e as juntas examinadoras controladas por universidades passaram a influenciar fortemente o

currículo da escola secundária. Devido ao fato de as condições materiais e profissionais do ensino escolar se apresentarem estreitamente vinculadas ao seu status de matéria escolar passível de exame, aspectos acadêmicos e abstratos, dissociados dos interesses e da formação da maioria dos estudantes, passaram a ser valorizados pelos professores.

Nas décadas de 60 e 70 surgiram esforços para divulgar a Biologia como uma “ciência dura” e favorecer seu sucesso. Laboratórios eram valorizados por darem *status* e serem capazes de atrair dinheiro e recursos. A Biologia se torna uma ciência de laboratório, favorecendo a formação de diplomados em Biologia e assumindo um *status* elevado como disciplina escolar.

Segundo Goodson, apesar de no momento contemporâneo haver um consenso a respeito do dever da Biologia de ultrapassar suas origens pedagógica e utilitárias, há também a consciência de que o *status* dessa matéria como disciplina científica ainda é vulnerável às reivindicações por uma abordagem didática mais social e humana.

Bizzo (2005) trata da evolução histórica do Ensino de Ciências no Brasil. Em 1934, quando foi fundada a Universidade de São Paulo, o Decreto 6.283, de 25 de janeiro de 1934, estabelecia um modelo de formação de professores para o magistério secundário que consistia na especialização em uma seção de conhecimentos na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras e simultaneamente, no terceiro ano, na formação pedagógica no Instituto de Educação. Esse modelo consolidou-se e demonstrou-se adequado ao quadro educacional da década de 30, onde o acesso à escola restringia-se apenas a trinta por cento da população infantil em idade escolar.

Em 1961, com a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, o Ensino de Ciências foi finalmente incorporado à educação compulsória. Entretanto, faltavam profissionais preparados para a tarefa multidisciplinar ou para a “Iniciação Científica”. Desse modo, os bacharéis licenciados para o magistério, passaram a atuar de maneira improvisada em áreas para as quais não estavam preparados, planejando suas aulas com base na boa formação secundária que possuíam e nos livros didáticos utilizados durante a mesma. Entretanto, nessa mesma década, verificou-se o ingresso de alunos de classes menos favorecidas nas escolas e a progressiva desvalorização do profissional do magistério. Como havia falta de profissionais formados para o Ensino de Ciências, estabeleceu-se um currículo mínimo para a formação do profissional na área e, posteriormente, foi-se simplificando progressivamente a formação do professor, criando-se a possibilidade de formação de licenciados em curso de curta duração de dois anos. Esses cursos habilitavam para o magistério no ensino fundamental e posteriormente poderiam ser complementados com mais

um ano, propiciando ao licenciado lecionar no ensino médio. Bizzo (2005) afirma que o imprevisto individual do professor passa então à esfera institucional. Faculdades que não possuíam tradição em pesquisa utilizam o próprio livro didático do ensino secundário para a formação dos professores.

Apesar de a Lei 9394/96 extinguir esses cursos de curta duração, novamente diante da alegação da falta de profissionais habilitados criou-se uma nova modalidade de licenciamento precário e provisório, possibilitando a concessão do certificado equivalente à licenciatura plena em apenas 240 horas de curso. Deste modo, os professores formados com esse tipo de complementação, além de se apoiarem nos livros didáticos do secundário para ministrar suas aulas, ainda se baseiam em sua formação anterior ao ingresso ao ensino superior, a qual apresentava grandes lacunas, principalmente na área científica. Atualmente, com o pretexto de não deixar os alunos sem aula, professores de outras áreas vêm complementando sua jornada de trabalho lecionando Ciências tanto para alunos do ensino fundamental como do ensino médio. Assim, a improvisação se torna ainda mais grave com o desconhecimento de sua dimensão.

1.2 O QUE OS LIVROS DIDÁTICOS DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA ENSINAM

Os livros didáticos têm sido apontados como um recurso de grande influência sobre o que é ensinado nas escolas, tanto no Brasil como em outros países. Pesquisas americanas mostram os que os programas provenientes desses livros se tornaram dominantes no ensino elementar (BALL; FEIMAN-NEMSER, 1988). Na Espanha, em diferentes disciplinas, os livros didáticos são apontados como os recursos mais frequentemente utilizados, na opinião dos alunos, ou o segundo mais utilizado, na opinião dos professores, os quais apontam o uso de materiais de sua própria autoria como principal recurso (INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN Y CALIDAD DEL SISTEMA EDUCATIVO, 2004). Em Portugal, professores da escola primária geralmente usam livros didáticos para organizar o seu ensino (CARVALHO; SILVA; CLÉMENT, 2005). Quando bem formulados, os livros didáticos podem favorecer o aprendizado (LEE; EICHINGER; ANDERSON et al., 1993).

No Brasil o livro didático se caracteriza como uma das principais formas de consulta utilizadas por professores e alunos, influenciando o trabalho pedagógico e o cotidiano em sala de aula (BRASIL, 2003). Diante de tal importância, tais materiais didáticos vêm sendo objeto

de estudo de várias pesquisas, tanto nacionais como internacionais. A literatura apresenta vários aspectos que justificam a importância da reflexão a respeito da qualidade dos livros didáticos. Alguns exemplos serão aqui mencionados.

Elgar (2004) analisou livros didáticos utilizados em escolas secundárias de Brunei, investigando como eles representam a igualdade entre gêneros, tanto nas ilustrações como nos textos. Tratava-se da análise de uma série de três livros para o ensino de Ciências nos três anos do nível secundário, elaborada pelo Departamento de Desenvolvimento do Currículo do Ministério de Educação de Brunei Darussalam entre 1998 e 2000.

Nesse estudo, foram verificadas separadamente a frequência de fotos e de figuras, já que ambas apresentam diferentes impactos na leitura. Cada fotografia ou figura foi classificada de acordo com o gênero que representava. Desse modo, foram consideradas como ilustrações que possuíam apenas a figura masculina, apenas a feminina, ou ambas. Foram omitidas da análise aquelas figuras utilizadas para representar a anatomia humana ou aquelas fotografias nas quais era impossível identificar o sexo da pessoa.

Quanto ao texto, verificou-se a frequência de nomes de pessoas mencionadas, considerados enquanto femininos ou masculinos, mesmo quando se tratava de repetições. Também se consideraram pronomes e outras palavras que remetiam a um gênero. Os textos também foram analisados quanto ao uso de linguagens consideradas por muitos autores como sexistas, assim quanto ao uso de linguagens para evitar preconceitos relacionados ao gênero.

Os resultados dessa pesquisa revelam que, nos livros didáticos analisados, a frequência de fotografias representando apenas pessoas do sexo masculino é quatro vezes maior do que aquelas que representam apenas pessoas do sexo feminino. Já a ocorrência de figuras com a representação feminina é seis vezes menor do que aquelas com a representação masculina. Elgar (2004) justifica que a falta de imagens femininas é decorrente do fato de esses livros quase sempre utilizarem a figura masculina para apresentar princípios e procedimentos científicos. Imagens femininas estão ausentes em vários contextos, como por exemplo, no uso do método científico, em procedimentos de laboratórios, entre outros. Tais imagens são frequentemente utilizadas para ilustrar a gravidez, o cuidado com crianças, os cinco sentidos e preocupações com o ambiente.

Apesar de poucos nomes de cientistas serem citados nesses livros, todos se referem a cientistas do sexo masculino. Quanto à frequência de pronomes masculinos, ela se revelou quatro vezes maior do que a de pronomes femininos. Entretanto, a frequência do uso de outros nomes femininos é similar à de nomes masculinos; porém, esses nomes aparecem ligados a contextos que envolvem o papel materno da figura feminina. O uso de substantivos que

denotam atividades e ocupações também favorece o preconceito. Enquanto para o sexo feminino apenas dois desses substantivos são citados (“cientista” e “estudante” – cada qual uma única vez), para o sexo masculino uma série de substantivos são mencionados, tais como “astronauta”, “piloto”, “motorista”, “policial”, etc. As fotografias e ilustrações apresentadas por esses livros também mostram uma gama de ocupações e atividades para o sexo masculino bem maior do que as poucas referentes ao sexo feminino.

Ao entrevistar cinco cientistas do sexo feminino, Elgar (2004) verifica que elas avaliam diferentemente a significância da desigual representatividade de gênero presente nos livros didáticos. Enquanto parte das entrevistadas se demonstrou preocupada com essa desigualdade, outra parte demonstrou-se indiferente.

Deste modo, Elgar (2004) conclui que é impossível supor que essa representação desigual entre os sexos presente nos livros de Brunei crie diretamente impedimentos para o avanço feminino. Entretanto, afirma que livros didáticos que tenham igualdade de tratamento para os dois gêneros com relação ao contexto científico podem ajudar a estimular mais pessoas do sexo feminino a considerar toda a extensão de carreiras científicas.

O autor conclui ainda que tais argumentos devem ser considerados nas próximas edições dos livros didáticos, e sugere que futuras pesquisas investiguem a identidade científica de meninos e meninas, e como as correntes edições de livros didáticos são utilizadas no cotidiano das salas de aulas, verificando se as mensagens que possuem preconceitos quanto ao gênero são ignoradas, subvertidas ou endossadas.

Martínez-Gracia e Gil-Quílez (2003) realizaram um estudo sobre como os conteúdos de Genética eram abordados em livros didáticos para o ensino secundário na Espanha. Sendo esse nível de ensino a única oportunidade para muitas pessoas formalmente aprenderem genética, bons materiais seriam necessários, em um século em que muitos assuntos pessoais e sociais estão relacionados a esse tópico. Desse modo, essa pesquisa está embasada na expectativa de que uma detalhada análise dos conteúdos de Engenharia Genética poderia ajudar na melhoria da qualidade desses materiais didáticos.

Com tais pretensões, Martínez-Gracia e Gil-Quílez (2003) desenvolveram uma lista de verificação baseada em conhecimentos apresentados pela literatura sobre *misconceptions* e dificuldades dos alunos correspondentes ao aprendizado de conteúdos envolvendo Genética, Biotecnologia e Engenharia Genética. Para a elaboração dessa lista também foram consultados alguns livros didáticos, verificando-se os conceitos que eles abordavam sobre tais temas. Os itens da lista foram agrupados em categorias, que procuravam analisar como ocorriam nos livros 1) a abrangência dos conceitos básicos e a formulação conceitual

relacionada à Engenharia Genética; 2) a apresentação dos métodos e técnicas utilizadas nessa área; 3) a menção de suas aplicações divulgadas em notícias (como transgênicos e organismos geneticamente modificados); 4) a menção de aplicações específicas que possuem impacto social (como clonagem e o projeto do genoma humano); 5) a sua repercussão no campo científico; e 6) a extensão do tema ao longo do texto.

A amostra incluía os exemplares mais vastamente utilizados na Espanha. Ao total, foram analisados 34 livros didáticos, cada qual por dois avaliadores.

Essa pesquisa verificou que, ao introduzir termos de Engenharia Genética, os livros deixam de realizar conexões com outros aspectos básicos da Genética. Não indicam, por exemplo, que o código genético e a composição do material genético são comuns em todas as espécies. Também não deixam claro que um gene inserido expressa uma proteína como produto de interesse ou é responsável pelo aparecimento de uma nova característica no organismo. Dentre outros conceitos básicos que deixam de ser abordados, também se identificou a falta de relações conceituais entre a estrutura e a função dos genes.

Ainda se verificou a carência de conexões apropriadas entre os conceitos. Há, por exemplo, livros que falam sobre o Projeto Genoma Humano, mas que não definem “seqüenciamento de DNA” como a reunião de informações provindas do arranjo das bases ao longo da molécula de DNA. Do mesmo modo, aplicações da terapia gênica são mencionadas dissociadas de informações sobre seu procedimento.

Identificou-se que, ao abordar os métodos utilizados em engenharia genética, esses livros apresentavam uma sobrecarga de detalhes técnicos. Martínez-Gracia e Gil-Quílez (2003) afirmam que esse detalhamento não seria apropriado para livros didáticos destinados à escola secundária, mas sim para livros especializados sobre o assunto. Apontam, ainda, que falta nos livros uma avaliação crítica sobre o que os alunos são capazes de aprender nesse nível de ensino, objetivando facilitar o entendimento dos assuntos considerados relevantes para eles.

Aplicações da engenharia genética são extraordinariamente enfatizadas pelos livros didáticos analisados. Entretanto, há casos em que, para entendê-las, exige-se uma capacidade de compreensão superior àquela esperada para alunos desse nível de ensino. Um exemplo seriam as menções realizadas sobre as aplicações envolvendo proteínas específicas. Nesse caso, inclusive, os livros deixam de enfatizar a noção de que todo procedimento genético é destinado à produção de proteínas de interesse específico.

As repercussões da Engenharia Genética também são extensivamente discutidas pelos livros. Entretanto, as repercussões predominantes nem sempre são relatadas para o

conhecimentos dos alunos. Na lista das repercussões citadas há, ainda, um desequilíbrio quanto às vantagens e desvantagens. Sobre o número de páginas que tratam da Engenharia Genética, notou-se que o comprimento do capítulo aumentava claramente a cada nível de ensino.

A pesquisa conclui que os livros didáticos para o ensino secundário devem ser criticamente revisados introduzindo uma sequência lógica de conteúdos, envolvendo aqueles que são fundamentais para a compreensão do conceito de Engenharia Genética, conectando termos dessa área com outros aspectos básicos da Genética, simplificando a descrição de procedimentos utilizados para favorecer a compreensão de alunos desse nível e utilizando aplicações e repercussões também apropriadas para a maturidade desses estudantes somente com o objetivo de encorajar o aprendizado.

Nos Estados Unidos, Stern e Roseman (2004) analisaram o suporte, apresentado por livros de Ciências destinados a alunos entre 9 a 14 anos, para o aprendizado de idéias envolvendo transformação de matéria e energia nos ecossistemas,

Essa pesquisa fez parte do Projeto 2061 da American Association for the Advancement of Science (AAAS), que desenvolveu um processo de avaliação da credibilidade dos materiais curriculares para o ensino de Ciências. Esse processo procura julgar se tais materiais contribuem para as metas de aprendizagem, como aquelas pertinentes às referências e aos padrões nacionais. Desse modo, primeiramente se verificou se os materiais enfocam as idéias pertinentes às referências e padrões e, nesse caso, se suas estratégias instrucionais são consistentes com o conhecimento sobre como os alunos aprendem. Os critérios para o julgamento dessas estratégias foram baseados em pesquisas realizadas sobre ensino e aprendizagem. Tais critérios incluem, portanto, a importância de se considerar os conhecimentos prévios dos alunos; de orientá-los na interpretação de suas experiências de aprendizagem; do uso de fenômenos relevantes que permitem compreender a plausibilidade das idéias; do uso de representações para que idéias abstratas tornem-se inteligíveis; e de se facilitar a transferência de conhecimento. Tais critérios consideram tanto os aspectos sociais como individuais da aprendizagem.

Nove livros, recentemente elaborados e amplamente utilizados, foram avaliados por educadores e cientistas treinados para utilizar esse processo. Além do fluxo de matéria e energia nos ecossistemas (relacionado à ciência da vida), descrito por Stern e Roseman (2004), também foram avaliados outros dois tópicos: o processo de formação da Terra (referente à ciência da Terra) e teoria cinética molecular (referente à ciência física). Tais tópicos foram escolhidos por serem base de idéias mais complexas abordadas nos anos

posteriores de escolaridade, por estarem presentes em todos os materiais analisados e por estarem incluídos na maioria das referências, como o *National Science Education Standards* e os *Benckmarks for Science Literary*. Assim como em outras áreas, em ciência da vida a avaliação foi realizada independentemente por dois membros.

Desse modo, uma lista de idéias sobre o fluxo de material e energia foi retirada do *National Science Education Standards* e dos *Benckmarks for Science Literary* e utilizada na análise. Avaliou-se como o conteúdo dos materiais didáticos estava alinhado com tais idéias-chave. Para exemplificar, fazia parte dessa lista a idéia de que as plantas produzem açúcar utilizando dióxido de carbono e água e a idéia de que as plantas usam a energia da luz para fazerem açúcares “ricos em energia”.

Além de mencionar os resultados referentes ao alinhamento do conteúdo com tais idéias, Stern e Roseman (2004) também abordam os resultados obtidos com a análise da qualidade do suporte instrucional apresentado por esses livros.

Os resultados revelaram que os materiais avaliados provavelmente não estão contribuindo para o alcance dos padrões relacionados às transformações de matéria e energia nos sistemas biológicos. Apesar de oito dos nove livros analisados apresentarem um significativo número de páginas falando sobre o fluxo de matéria e energia nos ecossistemas, não destinam às idéias-chave uma ênfase suficiente, deixando-as perdidas dentre outras idéias desconexas. Apesar de as idéias-chave serem introduzidas várias vezes, também não foi identificada uma conexão explícita com novos contextos. Além disso, é mínimo o suporte instrucional com o qual elas estão vinculadas. Muitas atividades não garantem e nem contribuem para o seu aprendizado.

Os *Benckmarks for Science Literary* consideram a transformação de matéria e energia como um conhecimento necessário e intermediário entre a simples noção de cadeia alimentar abordada na escola primária e a complexa compreensão a respeito da fotossíntese e da respiração durante a escola secundária. Entretanto, os materiais analisados dão muito mais ênfase em nomear as reações e produtos da fotossíntese e da respiração do que no conceito de que matéria e energia são transformadas em outras substâncias. Segundo Stern e Roseman (2004), isso pode levar os alunos a compreenderem o uso e a produção de substâncias como processos separados.

A pesquisa conclui que, apesar de a literatura descrever as dificuldades dos alunos em aprender tópicos como os envolvidos nesta análise, isso não é considerado pelos livros didáticos. Ao contrário, textos e representações presentes em tais materiais podem inclusive reforçar as concepções ingênuas dos estudantes.

No Canadá, Roth, Bowen e McGinn (1999) investigaram as diferenças encontradas entre as representações gráficas utilizadas em livros de Biologia destinados ao ensino secundário e aquelas presentes nos periódicos científicos de Ecologia. Apesar de não ignorar a abordagem cognitiva, essa pesquisa utilizou a abordagem antropológica, procurando explorar alternativas para responder questões ainda não resolvidas em relação à compreensão das representações gráficas. Através dessa abordagem antropológica, os pesquisadores procuraram examinar suas próprias práticas de leitura de gráficos. Desse modo, procuraram descobrir tais práticas por meio de suas próprias leituras.

Desse modo, a pesquisa procurou explicações para duas questões principais. Com relação à primeira, almejava-se conhecer e comparar as práticas necessárias para a leitura de gráficos em livros didáticos e em periódicos científicos. Já a segunda indagava se os livros didáticos possibilitam aos estudantes se apropriarem e desenvolverem competências a respeito das práticas necessárias para a leitura de gráficos em textos científicos. Entretanto, outras questões mais específicas também foram abordadas. Elas indagavam sobre a possibilidade de diferenças entre os tipos e frequências de gráficos apresentados em livros didáticos e periódicos científicos; sobre o que são as práticas de relatar gráficos, legendas e texto principal; e quais práticas são requeridas para ler gráficos nos dois tipos de documentos estudados.

Os pesquisadores escolheram a Ecologia como domínio de interesse, apresentando duas justificativas para essa opção: primeiramente, a formação diferenciada entre os pesquisadores em relação a essa área de conhecimento poderia favorecer diferentes interpretações diante dos gráficos analisados, já que se tratavam desde de pesquisadores que possuem seus conhecimentos limitados àqueles próprios ao ensino secundário, até pesquisadores especialistas em Ecologia; em segundo lugar, tais pesquisadores já desenvolveram extensas pesquisas sobre a prática de representações de estudantes, cientistas, universitários e professores, relacionadas à área de Ecologia.

Foram selecionados seis livros didáticos de Biologia para análise, dos quais dois foram escolhidos por serem frequentemente utilizados por escolas da região, dois por serem utilizados em uma escola de outra região onde dois dos pesquisadores já lecionaram, e dois por serem populares livros didáticos americanos. Os capítulos desses livros relacionados à Ecologia foram comparados com os periódicos científicos. Entretanto, todo o conteúdo dos livros foi considerado na análise conceitual dos gráficos cartesianos.

Quanto aos periódicos, dentre os dez mais citados nos programas de graduação em pesquisa e gerência ambiental da Simon Fraser University, foram selecionados para análise

cinco, os quais estavam relacionados à pesquisa pura, pesquisa aplicada e modelagem de processos ambientais. Foi analisado o volume completo de 1995 de cada um desses periódicos. Quando tais volumes excediam 500 páginas, apenas as 500 iniciais eram consideradas.

A análise se baseou em um esquema de categorias já utilizado pelos pesquisadores em outras pesquisas. Nele estavam envolvidos gráficos de linha, tabelas, mapas, estatísticas e diagramas. Após uma pré-análise, o esquema foi refinado, acrescentando-se outros tipos de gráficos: gráfico de dispersão contendo somente os pontos, gráfico de dispersão com conexões entre os pontos, gráfico de dispersão com curva de aproximação, gráfico de dispersão com a representação de modelo matemático, gráfico de modelo matemático, gráfico sem escalas ou unidades e curvas acompanhadas somente de eixos. Foi contado o número de representações em cada uma dessas categorias encontradas nos seis livros didáticos e nos cinco periódicos.

Apesar de a frequência de representações encontrada nos livros didáticos ser similar àquela encontrada nos periódicos, tais representações diferem quanto a sua natureza. Nos livros didáticos analisados, predominavam fotografias, desenhos naturalistas e diagramas, os quais são pouco utilizados pelos periódicos. Nestes, há o predomínio de outras representações, como tabelas com estatísticas, histogramas e gráficos cartesianos. Estas, por sua vez, são mais raramente encontradas nos livros didáticos. O número de gráficos cartesianos também é bem maior nos periódicos do que nos livros didáticos. A variedade de tipos de gráficos cartesianos também é superior e de natureza diferenciada: enquanto os livros didáticos freqüentemente utilizam gráficos sem escalas, estes estão praticamente ausentes nos periódicos, nos quais predominam gráficos com pontos conectados, gráficos de dispersão com curva de aproximação, gráficos de dispersão com a representação de modelo matemático e gráficos de modelo matemático.

Os pesquisadores analisaram gráficos cartesianos levantando seus aspectos. Estes aspectos podem ser considerados como recursos gráficos. Dentre eles estão a linha, o plano de fundo, a área, as legendas, as escalas, as unidades, os dados plotados por meio de pontos, as unidades de análise e as diferentes marcas (cor, forma tamanho etc.). O gráfico também vem acompanhado da legenda e do texto principal, os quais, juntamente com os recursos gráficos, também podem contribuir para a redução dessa flexibilidade de interpretações.

Verificando como tais recursos estão presentes nos gráficos analisados, a pesquisa identificou uma notável diferença de qualidade. Os periódicos científicos utilizavam vários recursos para auxiliar os leitores a construírem a relevância dos dados plotados e das linhas.

Algumas vezes, proviam recursos adicionais nas legendas, para direcionar a atenção do leitor e favorecer a interpretação desejada. Já nos gráficos apresentados pelos livros didáticos esses recursos estão muitas vezes ausentes.

Portanto, tais pesquisadores identificaram descontinuidades entre as práticas de representação gráfica apresentadas pelos livros didáticos destinados ao ensino secundário e pelos periódicos científicos. Essa descontinuidade é paralela àquela identificada entre as práticas de interpretação de gráficos. Ao conectar os resultados dessa pesquisa com os de pesquisa anteriores, os autores concluem que essa descontinuidade não estaria contribuindo para que a habilidade de leitura desses gráficos fosse progressivamente desenvolvida. Os pesquisadores inferiram que há certa ironia no fato de que cientistas experientes estão providos de uma série de recursos que favorecem a interpretação dos gráficos, enquanto os estudantes, apontados pela literatura pela sua carência de habilidades gráficas, se deparam com a ausência de tais recursos.

Em Portugal, Carvalho, Silva e Clément (2005) realizaram uma análise histórica de como os livros didáticos destinados à escola primária abordavam tópicos de digestão entre os anos de 1920 e 2005. A pesquisa tinha como objetivo comparar seus resultados com aqueles identificados em livros franceses e a associá-los à história sociopolítica presente nos dois países. No século XX, Portugal passou por diferentes mudanças, como a passagem da Monarquia para a República (1910 – 1926) e o período de governo ditatorial (1926 – 1974), seguido por uma república democrática (desde 1974).

Para tanto, foram selecionados os livros mais utilizados no norte de Portugal, região onde tais pesquisadores já identificaram, em estudo anterior, concepções de alunos e professores sobre digestão. Foram também analisados livros de diversos momentos sociopolíticos do país, sendo o primeiro grupo correspondente ao período entre os anos 1920 e 1960, o segundo ao período de 1960 a 1974, o terceiro ao período de 1974 a 1999 e o quarto ao período de 2001 a 2005. No total, a amostra envolveu 65 livros.

Foi também elaborada uma grade de análise, a qual incluía, dentre outros, itens que tinham como finalidade verificar a presença ou ausência de imagens confusas, imagens se referindo à absorção de nutrientes, texto mencionando essa absorção ou a passagem de nutrientes para o sangue e a relação entre o sistema digestivo e outros sistemas humanos.

Dentre os livros atualmente utilizados (2001-2003), a maioria das imagens representava o intestino delgado como uma massa sem evidente conexão com o estômago e com o intestino grosso, problema este chamado pelos pesquisadores de “confusão”. Todos os livros de 1920 a 1950 também apresentavam “confusão” em suas representações sobre o

corpo humano. A primeira imagem sem esse problema foi identificada em um livro de 1961. Entretanto, não foi possível verificar nenhum tipo de evolução cronológica na melhora da representação do trato digestivo. Apesar de a frequência deste problema ter diminuído nos livros da década de 60, ele continuou persistindo ao longo dos anos em 71% dos livros didáticos analisados.

Apesar de o processo de absorção estar ausente nas ilustrações de todos os livros anteriores a 1950 e presente em apenas três livros posteriores à década de 60, é mencionado, por meio dos textos, pela maioria dos exemplares analisados (91% até 1950 e 96% após 1960).

Em nenhum dos livros analisados foram encontradas imagens que associavam o sistema digestivo aos demais sistemas presentes no corpo humano. Entretanto, em alguns livros (27% dos anteriores a década de 50 e 13% dos posteriores a década de 60), essa associação foi descrita nos textos.

Portanto, os resultados revelam que a década de 60 foi o período no qual os livros apresentaram menor frequência de problemas relacionados à “confusão” nas imagens do trato digestivo e também maior frequência de menções nos textos sobre a relação entre o sistema digestivo e outros sistemas humanos. A falta de evolução em livros anteriores a essa década provavelmente se justifica devido ao período de ditadura. Tais resultados diferenciam-se daqueles evidenciados na literatura sobre pesquisas similares realizadas com livros franceses, nas quais se verificou evolução nas imagens, possivelmente justificada pela renovação pedagógica na escola republicana. Desse modo, na França, as confusões sobre o trato digestivo foram progressivamente desaparecendo tanto dos livros didáticos como das concepções dos professores e alunos, assim como foram surgindo ilustrações que representassem o processo de absorção e a relação entre os sistemas do corpo humano. Como o mesmo não ocorreu em Portugal, esses resultados sugerem que o contexto sociopolítico pode influenciar os conteúdos ensinados pelos livros didáticos.

Apesar de o movimento revolucionário português dos anos 60 e 70 ter iniciado a ocorrência de mudanças nas representações encontradas nos livros didáticos, verificou-se que não houve uma contínua progressão cronológica relacionada a elas. Os pesquisadores depararam-se com a necessidade de mais pesquisas para buscar novas hipóteses para essa mudança desigual entre os livros da década de 60 e aqueles publicados posteriormente.

Quanto às pesquisas brasileiras, Ferreira e Justi (2004) realizaram uma análise crítica sobre como livros didáticos de Biologia e Química destinados ao ensino médio abordavam o

DNA. Investigaram se tais abordagens e modelos apresentados por esses livros contribuem para o aprendizado significativo desse tema.

A amostra de livros utilizada nessa pesquisa foi selecionada por meio de uma consulta verbal feita com professores de Química e Biologia do ensino médio, tanto de escolas da rede particular como de escolas da rede pública do município de Belo Horizonte. Procurou-se, desse modo, identificar os livros apontados como mais utilizados. Nos exemplares selecionados foram analisados os textos e as atividades que se referiam ao estudo do DNA.

Verificou-se por meio desta pesquisa que o estudo do DNA realiza-se em momentos diferentes do ensino médio. Na Biologia, tal conteúdo é abordado na série inicial desse nível, enquanto no ensino de Química isso ocorre na terceira série.

Os modos como tal conteúdo é introduzido pelos livros dessas duas áreas também não são os mesmos. Enquanto a Biologia inicia com uma abordagem microscópica, tratando da composição química dos seres vivos, a Química primeiramente investe em aspectos macroscópicos, discutindo as propriedades dos materiais. Portanto, o aluno inicia o estudo de moléculas orgânicas na Biologia antes de ter contato com conhecimentos abordados pela Química com relação aos átomos, às ligações e às moléculas.

Com relação à contextualização histórica, um dos livros analisados não a abordava, enquanto os demais eram breves e lineares em seu tratamento. Verificou-se a ausência de menções referentes às várias pesquisas realizadas sobre o assunto e aos cientistas que delas participaram. A história é apenas contada por meio do acerto gerado pela pesquisa realizada por James Dewey Watson e Francis Crick.

Ao abordar o tema do DNA, os livros de Biologia o caracterizam como uma estrutura responsável pelo controle das funções da célula; entretanto, não mencionam como ocorre esse processo. Também falam sobre DNA independentemente do estudo de Genética.

Temas da ciência moderna, de ampla divulgação pela mídia, foram encontrados apenas em alguns textos auxiliares relacionados ao Projeto Genoma ou a aspectos simples da Engenharia Genética. Além de tais textos não trazerem uma abordagem significativa do DNA, localizavam-se apenas nas partes em que tais livros tratavam do estudo da Genética. Portanto, aspectos relacionados à Genética e a manipulação do DNA eram mencionados sem conexão com os trechos dos livros que abordavam a estrutura e a função dessa molécula. Identificou-se, ainda, a ausência de uma discussão ética sobre a utilização desses processos na sociedade.

A pesquisa encontrou, especificamente nos livros de Biologia, alguns modelos de DNA em desacordo com os modelos científicos. Apresentavam erros relacionados, por exemplo, à apresentação do carbono fazendo apenas três ligações em vez de quatro; açúcares

externos aos “corrimões” da dupla hélice, em vez de constituindo-os; e outros erros relacionados à conformação da estrutura do DNA.

Também há livros que apresenta modelos diferentes para representar a estrutura do DNA, sem manter minimamente o padrão de cores, o que pode dificultar a compreensão do aluno. Foram ainda identificados, nos livros de Biologia, modelos extremamente simplificados, utilizando formas geométricas para representar as estruturas, podendo dificultar a compreensão do DNA como uma substância química e levar os alunos a gerarem concepções alternativas. Além disso, com exceção de um dos livros analisados, os demais não explicam suficientemente a comparação realizada entre a estrutura do DNA e uma escada.

Com essa pesquisa concluiu-se que, apesar de o DNA ser uma molécula de grande importância para a Biologia, tem sido pouco e mal explorado pelos livros didáticos de ensino médio. Verificou-se a inadequada fragmentação entre os conteúdos químicos e biológicos, e a falta de contextualizações do tema, tanto na parte histórica como na tecnológica e social. Portanto, as pesquisadoras defendem a necessidade de a abordagem do tema DNA passar por um redirecionamento, requerendo uma maior interação entre os conhecimentos da Química e da Biologia, e destes com os contextos social e tecnológico que os envolvem.

Kawasaki e El-Hani (2002) analisaram as concepções de vida encontradas em livros didáticos de Biologia do ensino médio. Para a seleção dos livros a serem analisados, foi realizado um cruzamento da relação daqueles mais usados pelas escolas do município de Ribeirão Preto (SP) com a relação dos livros cujas editoras dominam o mercado de vendas nessa cidade. Uma ficha de análise foi utilizada durante a investigação, favorecendo a padronização durante a análise.

Os resultados parciais dessa pesquisa, centrados na análise de 8 dos 20 livros que compunham a amostra, revelaram que somente seis desses livros apresentam uma definição de vida, e apenas três dedicam um capítulo exclusivamente para tratar desse tema. Desse modo, os pesquisadores extraíram idéias gerais sobre esse tema pela interpretação das concepções de Biologia, dos modos de produção da ciência, da abrangência da área e da estruturação dos conteúdos, entre outros.

Verificou-se, portanto, que os livros possuem a tendência comum de classificar os seres vivos pela ordem crescente de complexidade, acreditando ser fundamental compreender as entidades menores da vida (os seres inferiores) para compreender as maiores (os seres superiores).

Identificou-se também a presença de uma tendência reducionista, a qual busca padrões comuns na diversidade da vida, defendendo a necessidade de compreender a sua

unidade pelos níveis moleculares e celulares e desconsiderando os princípios de organização dos quais originam os sistemas vivos.

Um dos livros analisados apresenta uma visão informacional da vida, onde o núcleo, por conter as informações da célula, é tratado como um controlador indireto do metabolismo celular.

Discussões importantes para a definição de vida foram encontradas em seções sobre a origem da vida, as quais consideram que esta teria surgido quando um agregado de moléculas que realizavam reações químicas ordenadas adquiriu a capacidade de se manter organizado e se isolar do ambiente.

Em um dos livros, aparece ainda a definição de vida a partir da definição da morte, ao considerar esta última como a perda irreversível da atividade altamente organizada que caracteriza a vida.

Os pesquisadores consideram positivo o fato de todos os livros investigados afirmarem sobre a complexidade de definir vida, levando em consideração que nem todos os organismos se encaixam em uma lista de propriedades comuns.

Também foi considerada positiva a presença da abordagem paradigmática de definição de vida nos livros analisados. Os pesquisadores a identificaram ao analisar as propriedades apresentadas pelos autores para caracterizar os seres vivos, e a consideraram como paradigmática pelo fato de a seleção dessas propriedades parecer ter ocorrido a partir de uma justificativa teórica. Desse modo, tais propriedades apresentam interconexões claras e o significado do conceito de vida origina de suas conexões com os outros elementos da rede de conceitos incluída nesse paradigma. Um dos autores, por exemplo, utiliza explicitamente a idéia de evolução como o princípio unificador da Biologia, sob o qual são definidas as propriedades dos seres vivos e emerge o conceito de vida.

A abordagem paradigmática é considerada pelos pesquisadores como a mais recomendada. Defendem ainda o uso do paradigma neodarwinista, segundo o qual a vida é compreendida como a seleção natural de replicadores. Tal paradigma seria apropriado para a transposição didática das definições de vida na Biologia teórica.

Entretanto, a pesquisa revelou que é a abordagem essencialista da definição de vida aquela que predomina nos livros didáticos. Seus autores, ao tentar listar as características comuns dos seres vivos, se preocupam em apresentar condições necessárias e suficientes para considerar uma entidade como pertencente à classe dos seres vivos.

Mohr (2000) realizou uma análise dos conteúdos de saúde em três coleções de livros didáticos de Ciências destinados ao ensino fundamental I. Para tanto, foi elaborada uma ficha

com critérios de análise que permitissem verificar como tais conteúdos são tratados nesses livros.

Dentre esses critérios, a pesquisa procurava verificar se os conceitos e definições estavam explícitos, implícitos ou ausentes; qual era a qualidade do desenvolvimento desses conceitos e definições; se havia a presença ou ausência de explicações dos termos desconhecidos; se havia a necessidade de pré-requisitos e se esses eram apresentados; qual era a qualidade da correção científica; se existia adequação às realidades econômicas e geográficas; se a adequação à idade mínima também ocorria; se havia aprofundamento com relação ao conteúdo da série anterior; se as ações requeridas e recomendadas levavam em conta comportamentos individuais e coletivos; se a saúde e a doença eram tratadas como relacionadas aos fatores do ambiente; se o enfoque sanitário era preventivo ou curativo; se as atividades propostas envolviam análise, resolução de problemas, cópia de texto, atividades extra-livro, respostas abertas ou eram inexistentes; se as atividades sugeridas eram individuais ou em grupo; e se as ilustrações eram corretas.

Os resultados mostram a falta de conceituação de vários temas nos materiais analisados. Identificou-se, por exemplo, a ausência dos conceitos de nutrição e de saúde. Em vez de investir nos conceitos, os quais são mais importantes para esse nível de ensino, tais livros investem em definições que se transformam em meros enunciados de exercícios de memorização. Evidenciou-se a ênfase no uso de classificações e apresentações de fatos estanques. Há, por exemplo, a apresentação do aparelho digestivo, sem mencionar a alimentação. Os assuntos são apresentados de forma fracionada, descontextualizada e sem integração entre eles, o que transforma esses livros em um conjunto de regras não-explicadas. A higiene, por exemplo, é apresentada como um conjunto de regras sem fundamentação.

Quando presente, o desenvolvimento de conceitos e definições é insatisfatório. Um exemplo é a definição de parasitas simplesmente como animais que vivem dentro do corpo de outros seres. Não se considera aí a existência dos ectoparasitas nem se explica o fenômeno do parasitismo.

As coleções analisadas diferem-se quanto à explicação dada aos termos desconhecidos, sendo que há livros que deixam a desejar quanto a esse aspecto, e por outro lado há livros que apresentam uma preocupação maior em explicar.

Nas três coleções, foi identificado um excesso de incorreções, as quais vão desde as mais leves até as mais abusivas, como, por exemplo, o conceito de animais úteis e nocivos ao homem. Muitas incorreções revelam que os autores ignoram a diferença entre o agente

etiológico e as formas de transmissão. Afirmam, por exemplo, que os vírus podem transmitir doenças.

A omissão de fatores importantes também gera graves incorreções. Um exemplo relevante, nesse caso, é o fato de uma das coleções afirmar que, para evitar doenças contagiosas, deve-se evitar o contato com pessoas doentes. Tal afirmação pode gerar preconceito e discriminação em relação aos portadores de síndrome de Down ou aos aidéticos.

Dentre os erros graves, foram identificadas orientações indevidas de primeiros socorros, como a recomendação do uso de pomadas para aliviar a dor de queimaduras. Por outro lado, há a omissão de informações importantes, como a orientação de que, nos casos de acidentes, é necessário procurar auxílio especializado o mais rápido possível.

Em tais livros identificaram-se também generalizações como, por exemplo, a consideração dos mosquitos como causadores de prejuízos ao homem. Há uma coletivização do que é particular entre centenas ou milhares de espécies. O mesmo ocorre com outros animais. Afirmações desse gênero acabam contrapondo outras que afirmam que todos os animais são importantes na natureza.

A apresentação de pré-requisitos para os conteúdos apresentados geralmente não era necessária ou era realizada pelas três coleções. Há, entretanto, algumas exceções. Por exemplo, em um dos livros se explica o ciclo de verminoses sem anteriormente apresentar alguns conhecimentos de anatomia e fisiologia humana que permitem compreendê-lo.

Geralmente os conteúdos abordados se apresentam adequados à idade mínima. Nesse caso, entretanto, também ocorrem algumas exceções, as quais podem ser perigosas, como orientações de primeiros socorros que requerem habilidades não-condizentes à idade dos alunos para os quais o livro está destinado.

Apesar de as coleções serem adequadas à realidade geográfica, o mesmo não ocorre quanto à realidade econômica. Orientações de alimentação e cuidados com higiene não consideram que nem todos os alunos possuem a diversidade de alimentos sugerida e as condições de saneamento básico citadas.

Dentre outros aspectos analisados, o enfoque sanitário é preventivo nas três coleções. Já as ações requeridas e recomendadas são geralmente individuais, não dando importância para a coletivização das ações, necessárias, por exemplo, no caso do controle de *Aedes aegypti*. Os livros ainda não dão importância para a influência do ambiente nas condições de saúde e de doença.

Um dos livros analisados deixa a desejar quanto ao aprofundamento no decorrer das séries, pois apresenta textos mais ricos nas séries iniciais do que nas posteriores. Outros livros geralmente aprofundam introduzindo novos conteúdos e mais raramente aumentando a complexidade daqueles já apresentados.

Quase sempre as atividades propostas são individuais, perdendo-se a oportunidade de realizar debates e discussões entre grupos de alunos. Tais coleções focam, em grande parte, na apresentação de atividades nas quais o aluno tem de identificar a resposta no texto e copiá-la. Foram identificados apenas dois exercícios envolvendo situações-problema.

Por fim, as ilustrações apresentadas são coloridas e apenas um dos livros inclui fotos; nos demais, as ilustrações se restringem a desenhos. Nelas, encontraram-se problemas geralmente relacionados a incorreções e a falta de escalas.

Sandrin, Giuseppe e Nardi (2005) analisaram livros didáticos de Ciências e Biologia procurando investigar como estes abordavam o tema “serpentes e acidentes ofídicos”. Para apoiar essa análise, os pesquisadores fizeram uma extensa revisão da literatura, utilizando algumas referências bibliográficas consideradas nesta pesquisa como representantes da referência, por se tratarem daquelas utilizadas como referência na formação de professores em cursos de graduação, conforme será melhor detalhado posteriormente.

Esses pesquisadores selecionaram para análise aqueles livros disponíveis nas bibliotecas das escolas estaduais da cidade de Bauru (SP), os quais se encontravam à disposição para a consulta de alunos e professores. A amostra abrangeu nove livros de ensino fundamental e 18 livros de ensino médio publicados entre 1982 e 1999. Verifica-se, portanto, uma grande distância entre o ano de publicação da pesquisa e a edição dos livros analisados. Diante desse fato, é preciso se considerar que os resultados dessa pesquisa podem não corresponder à situação dos livros didáticos contemporâneos à sua publicação, principalmente se considerarmos que as avaliações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) têm influenciado nos conteúdos apresentados pelos materiais didáticos ao longo dos anos.

Nessa pesquisa foram investigados tanto os textos como as ilustrações de tais livros, e foram realizados dois tipos de análise: a conceitual e a metodológica. A análise conceitual foi embasada em dois critérios: o primeiro correspondia à correção científica dos conteúdos, segundo o qual se verificaram o uso da terminologia científica, a precisão e a atualização conceitual; o segundo avaliou se havia presença de classificação não-científica decorrente do antropocentrismo. Já a análise metodológica verificou a presença ou ausência de conteúdos relevantes sobre o tema e a abordagem utilizada, preocupando-se em investigar a proporção entre texto e ilustração, o uso de idéias alternativas e a contextualização.

A maioria dos 72 problemas detectados (93%) era relacionada ao critério “correção científica”. Foram identificados mais problemas conceituais nos livros de ensino fundamental (59,7% do total) do que nos livros de ensino médio (40,3% do total). A maioria dos problemas identificados nos livros de ensino fundamental era referente à Biologia das serpentes, enquanto, no ensino médio estava relacionada ao conceito de serpentes peçonhentas e a identificação das mesmas.

Dentre os problemas conceituais identificados, foram encontrados livros que afirmavam que cada anel do guizo das cascavéis corresponde a um ano de vida do animal, enquanto, na verdade, corresponde a cada troca de pele ocorrida, podendo ter mais de uma por ano. Também há um livro que considera que o ruído do guizo ocorre durante a locomoção da serpente, enquanto na realidade este ocorre apenas durante a defesa. A locomoção também é apresentada de forma específica e diferenciada para cada tipo de serpente, enquanto deveria ser mencionado que, dependendo de suas próprias condições e das condições do ambiente, um mesmo animal poderia utilizar diferentes tipos de locomoção.

Foram identificadas afirmações que se caracterizam como erros conceituais por realizarem generalizações sobre a presença de presas móveis, a distância em que o animal costuma realizar um ataque e o uso do termo “cobra” para todas as serpentes, não o restringindo apenas para as serpentes do gênero *Naja*, as quais não são brasileiras.

Foram encontrados problemas relacionados à identificação das serpentes peçonhentas nos materiais analisados. Algumas serpentes consideradas tradicionalmente como não-peçonhentas e assim abordadas por esses livros didáticos podem causar envenenamento por produzirem saliva tóxica. Os livros também costumam apontar várias características como próprias para a diferenciação entre serpentes peçonhentas e não-peçonhentas. Entretanto, vários motivos justificam a inadequação da aplicação de tais critérios de diferenciação aos animais brasileiros. Não seria possível, por exemplo, considerar uma serpente como não-peçonhenta apenas pelo fato de sua cabeça ser arredondada, pois há serpentes peçonhentas que também possuem essa característica. Dentre os critérios citados pelos livros, a presença de fosseta loreal seria o mais seguro para a identificação de serpentes peçonhentas. Entretanto, apesar de as corais verdadeiras não possuírem fosseta loreal, também são de importância médica devido à sua capacidade de inocular veneno.

Dentre os problemas conceituais encontrados nesses livros didáticos, o mais preocupante refere-se às recomendações incorretas de atendimento ao acidentado ofídico. Os alunos são orientados a realizarem torniquete no membro afetado, incisões em torno da picada

e sucção para retirar o veneno, atitudes perigosas que não são recomendadas pelo Ministério da Saúde.

Também se identificou o uso de classificações para as serpentes como animais belos, feios ou nocivos. Estas são decorrentes do antropocentrismo, pois colocam o homem como o centro de um sistema de valores e ignora o fato de que cada espécie ocupa um papel dentro da cadeia alimentar. Os pesquisadores afirmam que o uso de tais adjetivos pode incentivar a matança das serpentes e ainda ser perigoso, ao afirmar que uma determinada espécie de serpente é inofensiva mesmo quando molestada. Nesse caso, o livro está desconsiderando que tais animais, quando incomodados, podem se defender através de mordidas, podendo ocorrer dilacerações dos tecidos, se o membro for puxado da boca do animal, e infecções devido à microbiota presente na boca de tais serpentes.

Equívocos sobre como os boídeos brasileiros matam suas presas também foram encontrados nos livros, os quais dizem que tais serpentes matam a presa por estrangulamento em vez de afirmarem que a morte é decorrente de asfixia e/ou de parada cardíaca. Além disso, também exageram no comprimento citado para esses animais.

Sobre os aspectos metodológicos, os autores afirmam, que conhecimentos relevantes são omitidos por tais matérias didáticos, principalmente pelos livros em volume único de ensino médio. Nestes, as informações são apresentadas sinteticamente, de forma pontual, desarticulada e há ainda um predomínio do espaço destinado às ilustrações. As atividades propostas valorizam a memorização. A abordagem enfatiza mais a anatomia, dificultando a compreensão do comportamento das serpentes por não tentar entendê-las sob outros aspectos, como sua fisiologia, sua relação com a população, seu comportamento, a comunidade e o ecossistema.

Conclui-se que essa pesquisa encontrou nos livros didáticos uma abordagem sobre o tema “serpentes” que propicia a veiculação de erros conceituais graves, omite conhecimentos importantes, divulga uma noção de que tais animais são perigosos ao homem, devendo ser mortos, incentiva a extinção das espécies e ainda não contribui para orientar a prevenção de acidentes e o cuidado com o acidentado ofídico, colocando em risco a segurança dos indivíduos.

Além de pesquisas acadêmicas, no Brasil ações governamentais vêm ocorrendo com relação à qualidade dos livros didáticos. Instituído desde 1985, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) permite que os alunos de escolas públicas recebam livros didáticos escolhidos pelos próprios professores. Entretanto, até 1994, o fato de os professores escolherem os livros que iriam utilizar em sala de aula não era garantia de que tais materiais

fossem de qualidade. Além dos conhecidos problemas em sua formação, esses professores eram alvos de estratégias mercadológicas agressivas adotadas pelo mercado editorial, que iam desde a distribuição de brindes até anúncios publicitários em horário nobre da TV. Diante dessa situação, era urgente que o poder público tomasse iniciativas que favorecessem a formação inicial e permanente dos professores e a qualidade dos livros didáticos (BIZZO, 2000).

Desse modo, a partir de 1995, o Ministério da Educação (MEC) iniciou esforços para melhorar esse quadro, e realizou, durante 1996, a primeira avaliação oficial de livros didáticos. Para a escolha dos livros a serem adotados, os professores das escolas públicas passaram, então, a receber um guia com as resenhas dos livros inscritos e aprovados por uma avaliação rigorosa, embasada em critérios estabelecidos pela Secretaria de Ensino Fundamental do MEC (BIZZO, 2000).

Portanto, a partir de 1996, de acordo com tais critérios, deixaram de fazer parte da lista de livros aprovados aqueles com erros conceituais, metodologia de ensino deficiente, veiculação de preconceitos e informação que coloquem em risco a integridade física de alunos e professores. Muitos livros com tais características estavam anteriormente entre os mais vendidos aos governos estaduais e federal. As avaliações realizadas pelo PNLD contribuíram para que as editoras providenciassem correções nos livros tradicionalmente vendidos e ainda publicassem novos livros junto com novos autores (BIZZO, 2000).

Para citar alguns problemas, foram identificadas em tais livros afirmações que conduziam ao preconceito. Dentre elas, há uma que dizia que a Aids ataca mais os homossexuais por terem uma vida mais promíscua, trocando frequentemente, de parceiro. Sobre as doenças sexualmente transmissíveis também eram veiculadas informações erradas. Um dos livros dizia que essas doenças se propagam durante o ato sexual ou por outra forma qualquer de contato físico entre a pessoa infectada e outra sadia (BIZZO, 2000).

Foram encontradas afirmações que também colocavam os alunos em risco, como instruções erradas de primeiros socorros a vítimas de acidentes ofídicos. Tais orientações recomendam a realização de furos próximos ao local da picada e sucção para retirar o veneno.

A partir dessas e de outras análises realizadas com livros didáticos, é possível verificar que, com diferentes qualidades, tais materiais levam ao aluno uma série de conhecimentos, os quais podem ser analisados sob vários aspectos. Diante da influência que esses materiais exercem na determinação do que é ensinado e na forma como o ensino ocorre, a utilização das várias possibilidades de análise contribui para o conhecimento e a reflexão sobre a natureza atual do ensino de Biologia. É nesse sentido que a presente pesquisa

procurará verificar como os conhecimentos ensinados pelos livros didáticos se aproximam ou se distanciam do conhecimento de referência.

2 OBJETIVO DA PESQUISA E HIPÓTESES

Este trabalho pretende analisar livros de Ciências do ensino fundamental e livros de Biologia do ensino médio, verificando a distância que mantêm do conhecimento de referência.

Não se pretende aqui utilizar exatamente uma avaliação dos livros em estilo tradicional, marcando conceitos como "errados" ou "corretos", mas sim estimar como os conceitos se distanciam e se aproximam do conhecimento de referência, requerendo a identificação e a intervenção ativa do professor.

Na presente pesquisa, o conhecimento de referência é considerado aquele que é objeto de estudo do professor em formação, presente, portanto, na bibliografia básica adotada no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo.

O objetivo consiste em comparar os conhecimentos apresentados pelos livros didáticos com aqueles apresentados pela bibliografia básica, tendo como parâmetro a frequência de distanciamentos entre os dois níveis de ensino (fundamental e médio) em relação aos conhecimentos abordados durante a formação de professores de Ciências e Biologia.

Portanto, a presente pesquisa está embasada em dois objetivos: primeiramente, pretende realizar uma análise epistemológica dos conhecimentos apresentados pelos livros didáticos e pela referência, procurando identificar aproximações e distanciamentos entre esses dois conhecimentos. Posteriormente, pretende-se comparar as frequências de distanciamentos horizontais identificadas nos dois níveis de Ensino (fundamental e médio), decorrentes do laxismo do conhecimento apresentado por tais materiais didáticos em relação ao conhecimento apresentado pela referência.

O próximo tópico, referente à metodologia, explicará com mais detalhes o que a presente pesquisa considera como distanciamento horizontal, especificamente no texto referente à ferramenta de análise.

Verifica-se na literatura que estudos anteriores estimam um maior índice de problemas nos livros de ensino fundamental do que nos livros de ensino médio, ao analisar especificamente os conteúdos sobre serpentes nesses materiais (SANDRIN et al., 2005).

Diante de tais inferências, pode-se supor que, na presente pesquisa, seria encontrada uma frequência maior de distanciamentos horizontais em livros de ensino fundamental. Acreditou-se ainda que isso também pudesse ocorrer devido ao fato de os livros de ensino

médio terem nos vestibulares uma referência forte, observando os conhecimentos avaliados nesses e, portanto, apresentando uma frequência menor de distanciamentos horizontais.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa desenvolveu-se paralelamente a outros dois trabalhos, os quais foram resultado de um estudo colaborativo entre três pós-graduandos da Universidade de São Paulo, que, juntos, com o professor orientador, discutiram e elaboraram a presente metodologia, distinguindo-se quanto à sua área de pesquisa. Enquanto este estudo centralizou-se na análise de conteúdos de Biologia em livros didáticos dessa área para ensino médio, e de Ciências para o ensino fundamental, os outros dois trabalhos consistiram na elaboração de uma Dissertação de Mestrado, que se dedica à análise de conteúdos de Química em livros didáticos dessa área para ensino médio, e de Ciências para o ensino fundamental; e de uma Tese de Doutorado, que analisou conteúdos de Física em livros didáticos dessa área para ensino médio, e de Ciências para o ensino fundamental (BIZZO; DEL CARLO; FRANZOLIN; NARCISO JR., 2007). A presente dissertação concentra-se exclusivamente em abordar a pesquisa realizada na área de Biologia.

Para Lüdke e André (1996), a observação necessita ser primeiramente controlada e sistematizada para se tornar um instrumento fidedigno de investigação. Esses autores dizem ainda que “Planejar a observação significa determinar com antecedência “o que” e “o como” observar. A primeira tarefa, pois, no preparo das observações é a delimitação do objeto de estudo.” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 25).

Portanto, acreditando-se na importância de delimitar o objeto a ser estudado e de planejar os procedimentos que seriam tomados para concretizar a investigação desejada, procurou-se delinear a metodologia desta pesquisa.

Após a definição do objetivo da investigação, foram estabelecidos critérios para a seleção das amostras dos livros e dos conteúdos a serem analisados e, ainda, a metodologia de análise. Os itens seguintes desta dissertação procurarão descrever mais detalhadamente como a presente pesquisa foi realizada.

3.1 A SELEÇÃO DOS LIVROS

Pretendia-se inicialmente analisar livros que fossem utilizados em todas as séries do nível de ensino para o qual foram elaborados. Esse critério foi possível de ser contemplado na

escolha dos livros de ensino médio. Porém, as publicações de ensino fundamental não se apresentam em volumes únicos, mas sim em volumes específicos para cada uma de suas séries. Portanto, especificamente para esse nível optou-se por avaliar as coleções completas.

O critério de seleção dos livros e coleções que fariam parte dessa amostra analisada foi formulado e reformulado ao longo da pesquisa.

A princípio, almejando-se a obtenção de uma amostra com três livros e três coleções para cada nível de ensino, definiu-se um primeiro critério: em relação aos materiais destinados ao ensino fundamental, optou-se por selecionar livros didáticos destinados ao ensino de Ciências avaliados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), independentemente do resultado da avaliação. Dentro desse critério, selecionaram-se aleatoriamente uma coleção de 1.^a a 4.^a séries e duas coleções de 5.^a a 8.^a séries, cada uma contendo quatro volumes.

Não havendo, no momento, uma avaliação oficial do Ministério da Educação realizada sobre os livros de ensino médio, optou-se por selecionar obras destinadas ao ensino de Biologia, em volumes únicos, de autores que tradicionalmente vêm publicando livros para esse nível de ensino.

Entretanto, após uma avaliação inicial das coleções de ensino fundamental e dos livros de ensino médio selecionados por esse primeiro critério, verificou-se a necessidade de: ampliar a amostra nos dois níveis de ensino, pretendendo trazer maior confiança aos resultados; e reformular o critério de seleção, de modo que fosse o mais similar possível para os dois níveis de ensino fundamental e Médio, visando minimizar a influência de outras variáveis nos resultados.

Desse modo, descartou-se o critério de seleção anteriormente elaborado e procurou-se estabelecer um segundo critério, o qual foi finalmente utilizado para selecionar uma amostra de seis coleções de ensino fundamental e seis livros de ensino médio, que foi finalmente analisada. O critério consistia em que metade dos livros de cada nível de ensino deveria fazer parte das listas de livros recomendados pelas avaliações do PNLD de 2004 e 2005 ou do Programa Nacional do Livro para o ensino médio (PNLEM) de 2007; a outra metade seria constituída de livros que não constassem nessas listas.

Respeitando esse critério e procurando delinear-lo melhor, buscou-se investigar quais seriam, dentre os livros presentes e ausentes das listas de recomendados pelo PNLD e pelo PNLEM, os materiais mais utilizados pelas escolas públicas do município de São Paulo (SP).

Buscando colocar esse critério em prática, estabeleceu-se um contato com a Secretaria de Educação do Município de São Paulo, que forneceu a lista dos livros recomendados pelo

PNLD mais comprados em 2006. Dessa forma, para a escolha das coleções de livros de ensino fundamental recomendados pelo PNLD, foram selecionados para avaliação os três primeiros livros dessa lista.

O mesmo critério não pôde ser utilizado para os livros que não estavam na lista de recomendados, pois, obviamente, não pertenciam à lista dos livros recomendados mais comprados pelo município. Desse modo, a escolha dos livros de ensino fundamental que não estavam presentes na lista de aprovados foi realizada de forma aleatória.

Procurando seguir o mesmo critério de seleção para o ensino médio, foram contatadas 5% das escolas de cada região do município de São Paulo que atendessem este nível de ensino. Os coordenadores pedagógicos e diretores dessas escolas informaram que tais unidades de ensino não adotavam livros para o ensino de Biologia até o presente momento, já que nem todos os alunos teriam condições financeiras para custeá-los. Informaram também que tais livros só seriam escolhidos futuramente, por meio do PNLEM. Desse modo, também não foi possível obter uma relação dos livros de Biologia para o ensino médio mais usados pelas escolas públicas do município de São Paulo. Portanto, tanto os livros de ensino médio que estavam presentes na lista de recomendados como os outros livros do mesmo nível que não estavam nessa lista também foram escolhidos aleatoriamente.

A chave de identificação dos livros avaliados, que aparecem referenciados por códigos no presente texto, encontra-se no apêndice B.

3.2 A SELEÇÃO DOS CONTEÚDOS

A princípio, a presente pesquisa pretendia analisar todos os conteúdos presentes nos livros didáticos selecionados. Porém, verificou-se, com uma análise inicial destes materiais, que seria impraticável abranger todos os tópicos, devido ao rigor exigido para a presente análise e ao tempo de dedicação que esta requer. Diante dessa constatação, foi desenvolvido um critério para a seleção dos conteúdos a serem analisados.

Duas categorias foram determinadas: na primeira, estariam aqueles conteúdos que, na avaliação realizada pelo PNLD, apresentaram questões problemáticas que merecem ser analisadas nesta pesquisa como possibilidades de afastamento do conhecimento referência; na segunda, estariam aqueles conteúdos centrais para o ensino de Biologia. Nesse último grupo encontram-se fotossíntese, respiração celular e conceitos básicos de genética.

A partir dos conteúdos em que o PNLD identificou problemas, foram analisados nesta pesquisa conteúdos de diversas subáreas da Biologia. O conhecimento de tais problemas se deu através da consulta dos pareceres elaborados pelos especialistas que participaram das avaliações realizadas pelo PNLD. Estes pareceres foram obtidos junto à própria equipe de avaliação. Consultaram-se apenas os pareceres dos livros envolvidos na presente pesquisa.

Como no momento dessa seleção ainda não havia ocorrido a avaliação do PNLEN, os pareceres envolvidos nessa avaliação não foram utilizados. Os pareceres do PNLD já abrangem uma gama de conteúdos suficiente para a presente análise.

Estes pareceres mencionavam questões problemáticas encontradas nos livros didáticos relacionadas às áreas de Botânica, Ecologia, Histologia, Microbiologia, Zoologia e Fisiologia Vegetal.

Os tópicos avaliados na presente pesquisa, em cada uma dessas áreas, estavam relacionados àqueles onde a avaliação do PNLD encontrou problemas. Portanto, na área de Botânica, avaliaram-se as definições de “polinização” e “fecundação” em angiospermas. Procurou-se também verificar se a polinização e a fecundação eram tratadas como processos distintos, como cada um desses processos eram definidos e qual era o produto apontado como proveniente da fecundação.

Nessa mesma área, verificou-se como era mencionada a presença ou ausência de flores em gimnospermas e angiospermas, considerando também se a estrutura estróbilo é tratada como sendo ou não uma flor ou inflorescência. Por fim, ainda se investigou como os livros definiam a função da semente com relação ao embrião.

Já na área de Ecologia, analisaram-se as definições de ecossistema apresentadas, enquanto na área de Histologia verificou-se como eram descritas as características que diferenciam os três tecidos musculares, levando-se em conta o tipo de contração; o formato das células; o número de núcleos e sua localização dentro das células; e a presença de discos intercalares.

Na área de Microbiologia, investigou-se como os livros tratavam a possibilidade de agrupamentos dentre as bactérias, e na área de Zoologia, como eram consideradas as amebas quanto a sua caracterização como patogênicas; quais os termos utilizados para denominar o revestimento do corpo dos artrópodes; e como os peixes eram classificados dentre os vertebrados e invertebrados.

Dentre os conteúdos centrais da Biologia, foram escolhidos para a análise: fotossíntese, respiração celular e conceitos básicos de genética. Sobre tais temas, procurou-se

analisar tópicos que estivessem presentes tanto nos livros de ensino fundamental como nos de ensino médio.

Fotossíntese e respiração foram escolhidos devido a sua relação com muitos conteúdos abordados dentro e fora da Biologia, já que o estudo da fotossíntese está integrado com conhecimentos de diferentes áreas (KAWASAKI; BIZZO, 2000), e fotossíntese e respiração celular são dois tópicos que estão associados ao fluxo de matéria e energia nos ecossistemas. Esses conhecimentos servem como base para o aprendizado de outros mais complexos (STERN; ROSEMAN, 2004).

Analysaram-se, portanto, as definições de respiração celular e fotossíntese e, especificamente sobre essa última, verificou-se quais eram os pigmentos citados como atuantes neste processo e seu papel; a ocorrência do processo e dos pigmentos nos vegetais; e a relação entre a absorção de luz e a coloração verde das plantas.

A posição de centralidade da genética entre os conteúdos da Biologia pode ser justificada por dois motivos básicos: primeiramente, pelo fato de os conhecimentos dessa área serem essenciais para o estudo e compreensão da Biologia Vegetal, Animal ou Microbiana; em segundo lugar, pelo fato de a genética, como nenhuma outra disciplina, se encontrar dentre os aspectos de interesse humano em uma posição central. Ela está presente na vida cotidiana, tornando-se impossível ignorar suas descobertas (GRIFFITHS, et al., 2006, p. 2).

Portanto, nesta pesquisa, selecionaram-se para análise conteúdos básicos de genética envolvendo as definições de material genético, DNA, cromossomo e gene, cromossomos homólogos, homozigoto e heterozigoto, alelos e fenótipos dominantes e recessivos, genótipo e fenótipo.

3.3 A ANÁLISE E A SELEÇÃO DA BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

A análise consistiu na comparação de como tais conteúdos apresentados nos livros selecionados de ensino fundamental e médio se aproximavam da referência.

Utilizou-se como bibliografia de referência aquela adotada pelo curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo nos anos de 2005 e 2006. Essa bibliografia foi oficialmente aprovada pelo Conselho de Graduação e encontrava-se presente nas ementas das disciplinas disponíveis no *site* <www.sistemas.usp.br> (Acessos em 01 jan.

2005 e 28 fev. 2006). Tais documentos foram impressos para eventuais consultas. A relação das referências consultadas está presente no apêndice A.

Para a constituição dessa bibliografia de referência, deu-se preferência às publicações mais atuais e em língua portuguesa. Pretendia-se com esse critério tanto aproximar a análise dos conhecimentos atuais como evitar interpretações que a dificultassem, diante das possíveis diferenças de termos empregados em idiomas diferentes.

Esta bibliografia foi adotada como referência tanto pelo fato de a transposição didática aí presente estar mais próxima do conhecimento científico, quanto pelo fato de esta ser referência para a formação do professor licenciado em Biologia.

Entretanto, não será discutida a acuidade dessa bibliografia de referência. Apesar de acreditar que tais bibliografias são passíveis de controvérsias ou erros, não caberá ao escopo da presente pesquisa investigá-los. Confiou-se, portanto, que essa bibliografia, por ser aprovada pelo Conselho de Graduação de uma conceituada universidade para a formação de futuros licenciados em Biologia, apresentaria uma determinada qualidade que mereceria certa credibilidade.

Os trechos e ilustrações dos livros didáticos e da bibliografia de referência que abrangiam os conteúdos a serem analisados foram transcritos para proporcionar ao leitor uma interpretação crítica dos resultados apresentados, já que sua ausência dificultaria a verificação da pertinência das conclusões encontradas. Em alguns momentos, tais citações foram inseridas no próprio corpo do texto para facilitar a compreensão; em outros momentos, tais citações foram inseridas como anexo, visando permitir a fluência da leitura.

Esses trechos foram comparados entre si, com a finalidade de verificar onde estavam as aproximações e os distanciamentos entre os conhecimentos abordados pelos livros didáticos de ensino fundamental e médio e a bibliografia de referência.

3.4 A FERRAMENTA DE ANÁLISE

Após uma análise inicial de todo o conteúdo selecionado, elaborou-se uma ferramenta que permitisse diferenciar os tipos de distanciamentos encontrados.

Primeiramente, os distanciamentos foram classificados em duas categorias, ambas decorrentes da transposição didática. Uma delas seria o distanciamento vertical, o qual é originado pela transposição do conhecimento científico para cada nível de ensino, sendo

necessário para facilitar o aprendizado para alunos de diferentes faixas etárias. Este está representado por um eixo central, e todos os conhecimentos que estão inseridos dentro do cone que o rodeia seriam provenientes de um distanciamento dessa categoria (figura 1). No eixo representado na figura 1 pela reta v estão inseridos os conhecimentos que possuem um maior rigorismo com relação à referência. Os conhecimentos que se localizam dentro deste cone (exemplificados por pontos na figura 1) aí se encontram também devido ao seu rigorismo, ou exatidão, com relação à referência; porém, seu rigor varia conforme o componente etário acadêmico.

O outro tipo de distanciamento seria o horizontal. Este refere-se ao distanciamento em relação ao eixo determinado pelo rigorismo e, portanto, gera conhecimentos que se encontram fora do cone que o rodeia. Pode caracterizar-se por ser um artifício utilizado por quem ensina com o objetivo de facilitar a aprendizagem, mas não está relacionado ao componente etário-acadêmico. Esse distanciamento seria decorrente do laxismo, ou seja, da flexibilidade do conhecimento ensinado com relação ao rigorismo relacionado à referência. Entretanto, é importante esclarecer que os conhecimentos provenientes desse distanciamento não se resumem a erros conceituais, embora também possam estar nessa categoria, mas são conhecimentos que possuem diferentes naturezas. Portanto, um conhecimento que se distancia horizontalmente da referência pode tratar-se, por exemplo, de um conhecimento cotidiano, ou um conhecimento criado por quem ensina visando utilizá-lo apenas como estratégia didática, ou até mesmo um conhecimento caracterizado como uma incorreção, a qual se diferencia do erro conceitual, por não impedir que posteriormente o aluno construa um conceito correto.

Como pode-se notar na figura 1, a base do cone possui um maior diâmetro decorrente da maior necessidade de transposições didáticas nas séries iniciais da escolarização, visando apropriar o conhecimento à capacidade de compreensão própria à faixa etária do aluno. O cone se estreita ao longo dos níveis de ensino devido à menor necessidade de transposições didáticas. Uma determinada transposição pode ser necessária para que ocorra o aprendizado no ensino fundamental; entretanto, o rigorismo se estreita no decorrer dos níveis de escolarização. Dessa forma, um determinado conhecimento transposto didaticamente pode estar inserido no cone durante o ensino fundamental, caracterizando-se como um distanciamento vertical (exemplificado na figura 1 pelo ponto c_1 , em verde, na faixa do ensino fundamental). Entretanto, esse mesmo conhecimento pode se caracterizar como um distanciamento horizontal, quando no ensino médio não se torna mais necessário para que a aprendizagem ocorra (exemplificado na figura 1 agora pelo ponto c_2 , também em verde, porém localizado na faixa do ensino médio).

Figura 1. Representação de possíveis tipos de distanciamento encontrados entre os conhecimentos ensinados nos diferentes níveis de ensino e aqueles apresentados pela referência. O eixo v refere-se ao componente étário acadêmico, onde estão localizados os distanciamentos verticais que possuem um maior rigorismo com relação à referência. O cone que o rodeia abriga os demais conhecimentos, que se distanciam verticalmente da referência nos diferentes níveis de ensino. Verifica-se que estão representadas três faixas distintas de conhecimentos, sendo uma correspondente aos conhecimentos ensinados no ensino fundamental, outra correspondente aos conhecimentos ensinados no ensino médio e finalmente a correspondente aos conhecimentos ensinados no Ensino Superior. Cada ponto destacado representa um conhecimento dentre muitos outros ensinados. O ponto a (em vermelho) refere-se a um conhecimento ensinado no ensino fundamental que se distancia verticalmente da referência e, portanto, localiza-se dentro do cone. O ponto b (em azul) refere-se a um conhecimento também ensinado no ensino fundamental que se encontra distanciado horizontalmente da referência e, portanto, localiza-se fora do cone. Já o ponto c_1 representa um conhecimento que, ao ser ensinado no ensino fundamental, caracteriza-se como decorrente do distanciamento vertical, pois é proveniente de uma transposição didática necessária ao nível de ensino correspondente. Entretanto, devido ao maior rigorismo no ensino médio, esse mesmo conhecimento, representado agora pelo ponto c_2 , encontra-se afastado horizontalmente ao ser ensinado nesse nível de ensino, caracterizando-se como um laxismo com relação à referência

3.5 A NATUREZA DA METODOLOGIA UTILIZADA

Segundo Bodgan e Biklen (1994), as pesquisas qualitativas possuem diversas estratégias de investigação, mas partilham determinadas características. Algumas delas são:

seus dados são ricos em pormenores descritivos, chamados de qualitativos; o foco de interesse do investigador está no processo, e não no produto; e as questões de investigação buscam estudar os fenômenos em toda sua complexidade e em seu contexto natural. Dessa forma, não se trata da operacionalização de variáveis, ou seja, não se pretende testar hipóteses.

Ao apresentar essas características, o presente estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa. Seus dados são descrições comparativas entre os conhecimentos presentes nos livros didáticos e aqueles encontrados na literatura de referência. Seu foco de interesse não está no produto, não consiste na verificação dos resultados do ensino, e sim em seu processo. Desse modo, é através do livro didático que se realiza a análise desse processo, a qual investiga a relação de proximidade e distanciamento entre o conhecimento ensinado por meio de tais materiais didáticos e os conhecimentos de referência. Sendo a questão desta investigação verificar como os livros didáticos se distanciam ou se aproximam da referência, não seria possível formular hipóteses anteriores a respeito de tais distanciamentos ou aproximações, sendo, portanto, necessário analisar tais conhecimentos em toda sua complexidade.

Esta pesquisa também se caracteriza como um estudo epistemológico. Portanto, os julgamentos envolvidos na análise e seus resultados estão relacionados ao olhar de quem investiga, o qual está inserido numa esfera de conhecimento particular.

3.6 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS

Além da comparação entre os conhecimentos apresentados pelos livros didáticos e pela referência e a identificação de aproximações e distanciamentos entre ambos, realizou-se também uma comparação quantitativa dos distanciamentos evidenciados nos livros de ensino fundamental e aqueles apresentados nos livros de ensino médio.

Para realizar essa comparação, construiu-se uma tabela com as frequências dos distanciamentos encontrados nos diversos conteúdos ou áreas, que foram em seguida confrontadas.

3.7 IDENTIFICAÇÃO DE DIFERENÇAS ENTRE OS CONHECIMENTOS PRESENTES NAS ILUSTRAÇÕES E OS CONHECIMENTOS DE REFERÊNCIA

Inicialmente, compararam-se algumas ilustrações existentes nos livros didáticos com os conhecimentos apresentados pela referência. Tais ilustrações se encaixavam dentre os conteúdos selecionados a partir das questões problemáticas evidenciadas nos pareceres das avaliações do PNLD.

Na área de Botânica, avaliou-se o ciclo de vida de briófitas, pteridófitas e gimnospermas, procurando comparar as ilustrações desses ciclos nos livros didáticos com aquelas encontradas na bibliografia de referência.

Na área de Histologia, compararam-se as ilustrações utilizadas para caracterizar os diferentes tipos de tecidos musculares com os conhecimentos e ilustrações apresentados pela referência para caracterizar os mesmos tecidos.

Por último, compararam-se os conhecimentos e ilustrações sobre a classificação dos peixes enquanto vertebrados ou invertebrados, encontrados também em ambas as fontes.

Como nesse caso os conhecimentos estavam apresentados nas ilustrações, que possuem uma natureza diferente da apresentação textual, julgou-se pertinente não utilizar a mesma ferramenta para a análise. Portanto, os dados coletados nesta análise não foram apresentados como aproximações ou distanciamentos, mas sim apenas como diferenças entre os conhecimentos presentes nas ilustrações dos livros didáticos e aqueles presentes na referência.

As diferenças identificadas nas ilustrações estão apresentadas no presente texto após os resultados referentes aos distanciamentos e aproximações.

Realizou-se também uma comparação quantitativa entre as diferenças evidenciadas nos livros de ensino fundamental e aquelas apresentadas nos livros de ensino médio. Para essa comparação também se construiu uma tabela com a frequência das diferenças encontradas nos diversos conteúdos ou áreas.

A conversão da ferramenta utilizada na análise dos demais conteúdos analisados para uma ferramenta que também permita estudar ilustrações pode ser um tema para futuras pesquisas nesta área.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CONTEÚDOS QUE APRESENTARAM QUESTÕES PROBLEMÁTICAS NA AVALIAÇÃO DO PNLD

4.1.1 Conteúdos relacionados à área de Botânica

4.1.1.1 Definição de “polinização” e “fecundação” em angiospermas

Para a referência adotada (RAVEN, 2001), a polinização e a fecundação são tratadas como fenômenos diferentes.

A referência diz que polinização, “Nas angiospermas, é a transferência do pólen de uma antera para o estigma” (RAVEN, 2001, p. 867); já fecundação é definida como “A fusão de dois gametas nucleados para formar um zigoto diplóide” (RAVEN, 2001, p. 858).

A referência possibilita ainda um maior detalhamento de tais fenômenos:

“A polinização nas angiospermas acontece pela transferência do pólen da antera para o estigma. Os gametas masculinos, ou células espermáticas, são levados pelo grão de pólen (...).” (RAVEN, 2001, p. 493).

“(...). A polinização é indireta, isto é, o pólen é depositado no estigma, germina e origina um tubo polínico, que cresce através ou na superfície dos tecidos do carpelo, para levar as duas células espermáticas incapazes de movimento até o gametófito feminino” (RAVEN, 2001, p. 484).

“Ambas as células espermáticas atuam na fecundação das angiospermas (dupla fecundação). Uma delas se une com a oosfera, produzindo o zigoto diplóide. A outra une-se com os dois núcleos polares, formando o núcleo primário do endosperma, que é comumente triplóide (3n). Este núcleo se divide formando um tecido nutritivo característico, o endosperma, que pode ser absorvido pelo embrião em desenvolvimento ou pode persistir na semente madura. (...)” (RAVEN, 2001, p. 493).

Ao comparar esses conhecimentos apresentados pela referência com aqueles apresentados pelos livros didáticos, na coleção A-EF encontrou-se primeiramente um distanciamento vertical, ao constatar que seu exemplar da 3.^a série diz que “O transporte de

grãos de pólen de uma flor para outra tem o nome de polinização” (livro A-EF, 3.^a série, p. 89).

Enquanto a referência especifica que a polinização é a transferência do pólen da antera para o estigma, o livro de ensino fundamental, para facilitar a aprendizagem da criança e se adequar à faixa etária para a qual o livro está destinado, menciona apenas a transferência de pólen de uma flor para outra, sem especificar as regiões da flor que estariam relacionadas com a polinização.

Esse exemplar da coleção A-EF apresenta, na página seguinte à citação anteriormente mencionada, um segundo distanciamento, ao comentar que “Quando os grãos de pólen chegam à outra flor, ocorre a fecundação” (livro A-EF, 3.^a série, p. 90).

Essa afirmação se distancia horizontalmente da referência, ao considerar que a fecundação ocorre pela simples transferência do pólen de uma flor a outra. Raven (2001) especifica que a fecundação seria a fusão de dois gametas nucleados para formar um zigoto diplóide, e que se trata de um processo indireto. Desse modo, a referência ainda não considera que a fecundação ocorra logo com a chegada do pólen ao estigma. Antes, ocorre ainda a germinação do pólen, que origina o tubo polínico, e somente após o crescimento desse é que as células espermáticas chegam ao gametófito feminino e ocorre a fecundação. A definição de “fecundação” apresentada pelo livro de ensino fundamental está mais próxima da definição de “polinização” apresentada pela referência.

Pode-se verificar que, nesse caso, o distanciamento não é necessário à faixa etária, e por isso está classificado como horizontal.

Já a coleção B-EF apresenta o seguinte trecho para abordar o tema “polinização”:

“Polinização

O pólen, geralmente, não fecunda a própria flor. Normalmente ele é levado pelo vento, por insetos, por pássaros ou pela chuva e fecunda outras flores da mesma espécie. É a polinização.

O grão de pólen forma um tubo muito fino, que cresce até encontrar o óvulo, ocorrendo a fecundação” (livro B-EF- 3.^a série, p. 76).

Primeiramente, é possível verificar que a definição de “polinização” também apresenta o mesmo distanciamento vertical encontrado na coleção A-EF, na qual, para facilitar especificamente a compreensão dos alunos das séries iniciais do ensino fundamental sobre o conteúdo abordado, os autores apresentam uma definição mais simplificada de polinização, sem mencionar as partes da planta envolvidas no processo.

É também possível verificar um distanciamento horizontal que parece ser decorrente de um descuido com relação ao título e a localização no texto das definições apresentadas. Como é possível verificar, o trecho fala da formação do tubo polínico e da fecundação, em um trecho intitulado “Polinização”. Esta forma de apresentar as informações no texto pode levar o leitor a interpretar que a polinização seria um processo que envolve não apenas o transporte do pólen, mas também a formação do tubo polínico e a fecundação. Desse modo, há um distanciamento da referência, a qual trata a polinização e a fecundação como processos diferentes.

Outros livros didáticos analisados (coleções C-EF, D-EF, E-EF e os livros G-EM, H-EM, I-EM, J-EM, K-EM e L-EM, ver ANEXO A), assim como a referência, apresentam definições diferenciadas para “polinização” e “fecundação”, descrevendo mais detalhadamente tais processos.

Conforme é possível verificar no ANEXO A, tais livros também deixam claro que a polinização é o transporte de pólen das anteras para o estigma, não ocorrendo, portanto, o mesmo distanciamento vertical, anteriormente citado, encontrado nos livros A-EF e B-EF.

Outro distanciamento encontrado nos livros D-EF e F-EF refere-se ao produto da fecundação.

Enquanto a referência diz que a fecundação origina o zigoto, tais livros afirmam que esse processo origina o embrião. Isto é possível verificar nas citações retiradas de tais livros. Por exemplo, o livro D-EF diz que, “(...) Quando o tubo polínico penetra no óvulo, a célula sexual masculina alcança a célula sexual feminina e acontece a fecundação, que dá origem ao embrião. (...)” (livro D-EF, 6.^a série, p. 217); e, de forma similar, o livro F-EF diz que, “ (...) No caso das angiospermas, a fecundação origina o embrião (...)”.

As coleções de livros A-EF e B-EF não chegam a mencionar qual é o produto da fecundação. Já as coleções C-EF, E-EF e os livros G-EM, H-EM, I-EM, J-EM e K-EM, assim como a bibliografia de referência, deixam claro que o produto da fecundação é o zigoto (ver ANEXO A). Quanto ao livro L-EM, apesar de não falar sobre a formação do zigoto, menciona a formação de uma célula diplóide: “(...) No citoplasma do óvulo, um dos núcleos espermáticos une-se à oosfera (o gameta feminino), resultando em uma célula diplóide. (...)” (livro L-EM, p. 256).

4.1.1.2 Presença de flores em gimnospermas e angiospermas

A referência (RAVEN, 2001) define a presença de flores como uma característica própria das angiospermas, ao dizer que, “Em termos da história evolutiva, as angiospermas são um grupo de plantas com sementes com algumas características especiais: flores, frutos e ciclo de vida que as distinguem de todas as outras plantas. (...)” (RAVEN, 2001, p. 478).

Já as coleções C-EF e D-EF e os livros J-EM e K-EM referem-se claramente à presença de flores nas gimnospermas, distanciando-se, portanto, horizontalmente da referência, que trata a presença de tais órgãos reprodutivos como uma característica própria das angiospermas.

O exemplar da 6.^a série da coleção C-EF apresenta um esquema (figura 2) no qual os fanerógamos são considerados vegetais com flores; dentro deste grupo estariam tanto as angiospermas como as gimnospermas.

Figura 2. Esquema apresentado pelo livro da 6.^a série da coleção C-EF (p. 99), no qual são apresentadas as características de alguns grupos do reino vegetal.

O título apresentado pelo livro para o capítulo sobre as gimnospermas reforça estas informações: “Elas não têm frutos e suas flores não parecem flores – as gimnospermas” (livro C-EF, 6.^a série, p. 127).

Já a coleção D-EF também apresenta um quadro (figura 3) que aborda as fanerógamas como plantas com flores e considera as angiospermas e gimnospermas dentro deste grupo.

CRIPTÓGAMAS		
(do grego <i>kryptos</i> – escondido; <i>gamos</i> – união)		
Sem flores nem sementes		
Briófitas	Musgo, hepática	
Pteridófitas	Samambaia, xaxim	

FANERÓGAMAS		
(do grego <i>phaneros</i> – visível; <i>gamos</i> – união)		
Com flores e sementes		
Gimnospermas	Pinheiros, cedros, araucárias, ciprestes, sequóias	
Do grego <i>gymnos</i> – nu; <i>spermas</i> – semente		
Angiospermas	monocotiledôneas (um cotilédone)	milho, grama, arroz
	dicotiledôneas (dois cotilédones)	feijão, abacate
Do grego <i>angios</i> – vaso; <i>spermas</i> – semente		

Figura 3. Quadro apresentado pelo livro da 6.^a série da coleção D-EF (p. 189), no qual são apresentadas as características de alguns grupos do reino vegetal.

Os livros J-EM e K-EM também apresentam o mesmo distanciamento, ao dizer que as gimnospermas “São os primeiros vegetais a formar sementes e flores. (...)” (livro J-EM, p. 258) e que “As gimnospermas são plantas que produzem flores (fanerógamas) além de raiz, caule, e folhas, mas não têm frutos. (...)” (livro K-EM, p. 352).

Apenas um livro considera, sem gerar contradições, a presença de flores como uma característica exclusiva das angiospermas, assim como faz a referência. É o caso do livro I-EM, que afirma:

“O ciclo reprodutivo das angiospermas guarda muitas semelhanças com o que vimos para as gimnospermas: o gametófito é fase temporária e reduzida, o esporófito é evidente e duradouro e há formação de sementes.

Nas angiospermas, no entanto, o gametófito é ainda mais reduzido e as estruturas relacionadas com a reprodução sexuada são as flores. Após a fecundação, as sementes ficam protegidas no interior dos frutos” (livro I-EM, p. 301)

O autor compara inicialmente as semelhanças entre as gimnospermas e as angiospermas e, no segundo parágrafo, ao utilizar a locução conjuntiva “no entanto”, dá um

sentindo de contraposição ao primeiro parágrafo. Fica, então, subtendido que no último parágrafo são apresentadas características que não se enquadram na categoria das semelhanças entre gimnospermas e angiospermas, mas sim das diferenças, dentre as quais está a presença de flores como estruturas relacionadas com a reprodução sexuada nas angiospermas. Portanto, é possível interpretar que, no livro I-EM, as flores são consideradas como algo próprio das angiospermas.

Foram, entretanto, encontradas controvérsias em três livros analisados: no exemplar da 6.^a série da coleção E-EF e nos livros G-EM e H-EM.

No exemplar da 6.^a série da coleção E-EF, primeiramente os autores apresentam um quadro comparativo no qual, dentre os principais grupos vegetais, apenas as angiospermas são caracterizadas como possuidoras de flores (figura 4).

Quadro comparativo							
Principais grupos vegetais	Raiz	Caule	Folha	Estróbilos	Flores vistosas	Sementes	Frutos
Algas	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Briófitas	*ausente	*ausente	*ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Pteridófitas	presente	presente	presente	ausente	ausente	ausente	ausente
Gimnospermas	presente	presente	presente	presente	ausente	presente	ausente
Angiospermas	presente	presente	presente	ausente	presente	presente	presente

*Muitos autores consideram que as briófitas não apresentam raiz, caule e folha verdadeiros, mas estruturas muito simples denominadas rizóides, caulóides e filóides.

Figura 4. Quadro comparativo entre os principais grupos de vegetais apresentado pelo exemplar de 6.^a série da coleção E-EF (p. 16).

Entretanto, esse mesmo exemplar, ao falar sobre as araucárias, diz que

“As araucárias possuem árvores de sexos separados podendo ser reconhecidas porque as masculinas formam ‘flores’ pequenas, que produzem grãos de pólen; as femininas formam ‘flores’ bem maiores.

As flores são conhecidas como **pinhas** e as sementes são o **pinhão**”. (...)” (livro E-EF, 6.^a série, p. 19)

Dessa forma, ao mesmo tempo em que o livro diz que as gimnospermas não possuem flores, menciona a presença de flores em araucárias, vegetais pertencentes ao grupo das gimnospermas, ao dizer que as pinhas são flores.

Já o livro G-EM apresenta um texto complementar dizendo que atualmente as gimnospermas não são mais consideradas plantas com inflorescências:

“Até há não muito tempo, os estróbilos das gimnospermas eram considerados inflorescências, ou seja, conjuntos de flores. As gimnospermas eram, então, consideradas ‘plantas com flores’, como são as angiospermas.

Atualmente, no entanto, os estróbilos não são mais definidos como flores, embora exerçam função semelhante à das flores, que é a reprodução.

Continuam, as gimnospermas, junto com as angiospermas, a formar o grupo das fanerógamas, ‘plantas que possuem visíveis as estruturas destinadas à reprodução’” (livro G-EM, p.304)

Entretanto, no texto sobre gimnospermas, o livro menciona a presença de inflorescências nesse grupo de vegetais, ao dizer que “(...) o pinhão é uma semente e as pinhas não são frutos, mas sim elementos reprodutores reunidos em inflorescências unissexuadas (...)” (livro G-EM, p. 131).

Novamente o mesmo tipo de contradição aparece no livro H-EM. Ao falar sobre a evolução dos vegetais, esse livro de ensino médio diz claramente que a presença de flores ocorre exclusivamente nas angiospermas, pois, após abordar as características evolutivas que surgiram com as pteridófitas, os autores dizem que “O passo seguinte foi a formação de sementes, que caracterizou a transição das pteridófitas para as **gimnospermas**. Finalmente, surgiram as flores e os frutos, características do maior grupo vegetal, as **angiospermas**” (livro H-EM, p. 365). Os autores inclusive reafirmam tais idéias apresentando um cladograma (figura 5).

Figura 5. Cladograma apresentado pelo livro H-EM, mostrando as características que surgiram com as briófitas, as pteridófitas, as gimnospermas e as angiospermas (p.365).

Entretanto, tais afirmações são contrariadas quando os autores, ao falar das gimnospermas atuais, consideram que o estróbilo é uma flor:

“No grupo **cicadáceas** há apenas alguns gêneros: *Cycas*, *Zamia*, *Dioon*. O mais comum é *Cycas*, que lembra uma palmeira de grandes folhas compostas, penadas (forma de pena). A flor, masculina ou feminina, é um grande estróbilo e fica no ápice da planta, circundada pelas folhas. (...)” (livro H-EM, p. 372).

Apesar de não apresentarem contradições, a coleção F-EF e o livro L-EM consideram o estróbilo das gimnospermas respectivamente como flores e inflorescência.

O exemplar da 6.^a série da coleção F-EF, no capítulo sobre gimnospermas, afirma que “**Estróbilo** são flores formadas por folhas modificadas, muito duras, em forma de cone” (livro F-EF- 6.^a série, p.84), enquanto o livro L-EM, ao falar sobre o grupo Gymnospermae, diz que “São fanerógamas cujos os óvulos e sementes encontram-se expostos entre estruturas que lembram escamas. Estas estão localizadas em inflorescências secas e de aspecto rude chamadas **estróbilos** ou **cones**. (...)” (livro L-EM, p. 316).

Portanto, quanto à presença de flores nos grupos vegetais foram encontrados dois tipos distanciamentos: enquanto a referência diz que a presença de flores é uma característica exclusiva das angiospermas, os livros didáticos: 1) apontam a presença de flores nas gimnospermas e; 2) consideram os estróbilos como inflorescências ou como flores.

Esses distanciamentos foram considerados como horizontais, já que não se distanciam da referência por razão da transposição didática decorrente das especificidades do nível de ensino destinado.

4.1.1.3 A propriedade das sementes de proteger o embrião

De acordo com a referência, a semente seria responsável pela proteção do embrião:

“A proteção que a semente confere ao embrião, além do alimento armazenado que lhe está disponível nos estágios críticos da germinação e estabelecimento, dão às plantas com semente uma grande vantagem seletiva em relação aos grupos relacionados dotados de esporos livres e aos seus ancestrais, isto é as plantas que liberam seus esporos. “(RAVEN, 2001, p. 450).

Por sua vez, o exemplar da 6.^a série do livro C-EF diz que “O zigoto dá origem a um embrião que fica protegido da semente. (...)” (livro C-EF, 6.^a série, p. 128).

Nesse caso, há diferença entre o que o livro C-EF diz e a referência menciona, já que, para a referência, o embrião não precisa ficar protegido **da** semente, mas a semente confere vantagem seletiva ao proteger o embrião. Portanto, para a referência, o embrião fica protegido **na** semente. Entretanto, essa diferença não será aqui considerada como um distanciamento, pois provavelmente deve ter sido gerada por um erro ortográfico.

Os livros G-EM e H-EM também falam sobre a função da semente com relação ao embrião.

O livro G-EM, ao referir-se à semente, diz:

“As sementes contém nutrientes para o desenvolvimento da planta até que ela tenha condições de realizar a fotossíntese. Além disso, elas garantem a proteção do embrião e contribuem para a dispersão das espermatófitas no ambiente terrestre” (livro G-EM, p.149).

Já o livro H-EM fala sobre o fato de o embrião de *Pinus* se encontrar protegido pela semente: “(...) Dos embriões apenas um se desenvolve, ficando protegido no interior da semente” (livro H-EM, p. 370).

Ambos os livros deixam claro que é a semente que protege o embrião, aproximando-se, portanto, da referência.

Nos demais livros analisados não se encontraram menções sobre a função da semente com relação ao embrião.

4.1.2. Conteúdos relacionados à área de Ecologia

4.1.2.1 Definição de Ecossistema

A referência apresenta a seguinte definição para ecossistema:

“Chamamos de sistema ecológico ou **ecossistema** qualquer unidade (biossistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

O ecossistema é a unidade funcional básica na ecologia, pois inclui tanto os organismos quanto o ambiente abiótico; cada um destes fatores influencia as propriedades do outro e cada um é necessário para a manutenção da vida, como a conhecemos na Terra. (...)” (ODUM, 1988, p. 9).

A coleção A-EF se distancia verticalmente da referência, pois trata ecossistema simplesmente como a interação dos seres vivos entre si e com ambiente, para facilitar a compreensão do aluno em decorrência de seu nível de ensino. Afirma, portanto, que “Os seres vivos interagem entre si e com os diversos componentes do ambiente, constituindo o que chamamos de **ecossistema**” (livro A-EF, 3.^a série, p. 70). O volume da 4.^a série reforça essa definição de ecossistema: “A interação dos seres vivos entre si e com os diversos componentes do ambiente constitui o **ecossistema**” (livro A-EF, 4.^a série, p. 80).

O mesmo ocorre na coleção C-EF, que diz que “O conjunto dos seres vivos, interagindo entre si e com os fatores ambientais (luz, calor, ar, água, terra), formam os diversos tipos de **ecossistemas**” (livro C-EF- 5.^a série, p. 64).

Definições similares foram também encontradas nos livros E-EF e F-EF, como é possível verificar no anexo B.

Já o exemplar da 6.^a série da coleção D-EF diz que “**Ecossistema** é um complexo de relações mútuas, com transferência de energia e de matéria, entre o meio abiótico e os seres

vivos de determinada região” (livro D-EF- 6.^a série, p. 13). É possível verificar que ainda há um distanciamento vertical, mas, nesse caso, o autor já menciona o fluxo de matéria e energia e a referência espacial. O mesmo ocorre nos livros G-EM, H-EM, I-EM e J-EM, conforme é possível verificar no anexo B.

Já o livro K-EM afirma que,

“Desde o início do século XX, os ecólogos admitem que a natureza funciona como um sistema auto-regulável capaz de reorganizar-se quando alterado, buscando o equilíbrio entre os seus componentes. Esta unidade auto-regulável é conhecida como *ecossistema*.

O ecossistema é formado pela reunião dos seres vivos com o ambiente físico. Os seres vivos formam a comunidade ou *biocenose*, enquanto os fatores do ambiente constituem o *biótipo*. (livro K-EM, p. 469).

Neste caso, apesar de não mencionar que o ecossistema se caracteriza por apresentar uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não-vivas e que há um fluxo de energia, o autor diz que o ecossistema é uma unidade auto-regulável.

4.1.3 Conteúdos relacionados à área de Histologia

4.1.3.1 Diferenciação entre tecidos musculares

Ao distinguir diferentes tipos de tecidos musculares, a referência menciona as seguintes características:

“(…). De acordo com suas características morfológicas e funcionais, distinguem-se três tipos de tecido muscular (Fig. 10.1). O **músculo estriado esquelético**, formado por feixes de células cilíndricas muito longas e multinucleadas, que apresentam estriações transversais. Essas células, ou fibras têm contração rápida e vigorosa e estão sujeitas ao controle voluntário. O **músculo estriado cardíaco**, cujas células também apresentam estrias transversais, é formado por células alongadas e ramificadas, que se unem por intermédio dos **discos intercalares**, estruturas encontradas exclusivamente no músculo cardíaco. A contração das células musculares cardíacas é involuntária,

vigorosa e rítmica. O **músculo liso**, formado por aglomerados de células fusiformes que não possuem estrias transversais. No músculo liso, o processo de contração é lento e não está sujeito ao controle voluntário” (JUNQUEIRA E CARNEIRO, 2004, p.184).

Conforme é possível observar na citação acima, a referência também apresenta uma ilustração caracterizando os três tipos de tecidos musculares (figura 6).

Figura 6. Ilustração extraída do livro de referência, mostrando as diferenças dos tecidos musculares.

Especificamente sobre a contração dos músculos cardíacos, as características apresentadas pelos livros didáticos não apresentavam distanciamentos em relação àqueles apresentados pela referência. Ambos mencionam que o músculo estriado esquelético tem contração rápida e vigorosa e controle voluntário, o músculo estriado cardíaco possui contração involuntária, vigorosa e rítmica e o músculo liso apresenta contração lenta e involuntária.

A coleção D-EF, por exemplo, afirma:

“Tecido muscular estriado cardíaco

Apresenta células alongadas, com um núcleo, contração rápida e involuntária. (...)

Tecido muscular estriado esquelético

Apresenta células longas, com vários núcleos e com estrias. (...) As contrações desse músculo são rápidas e voluntárias. (...)

Tecido muscular liso

Com células alongadas, com extremidades afiladas e apenas um núcleo. Os movimentos são lentos contínuos e involuntários (independem da nossa vontade). (...)” (Livro D-EF, 7ª. série, p. 30).

Tais aproximações referentes à contração dos tecidos também foram encontradas nas coleções B-EF, C-EF, E-EF e nos livros G-EF, L-EM (ANEXO C), I-EM (ver citação no corpo deste presente texto), e K-EM (figura 8).

Um distanciamento horizontal encontrado nos livros didáticos analisados refere-se ao número de núcleos apresentados em cada tipo de tecido.

Enquanto a referência diz que as células dos tecidos muscular estriado cardíaco e muscular liso apresentam um ou dois núcleos, a coleção D-EF, conforme é possível verificar na citação acima, diz que as células de tais tecidos possuem apenas um núcleo. O mesmo distanciamento foi evidenciado nos livros G-EM, J-EM (ANEXO C) e K-EM (figura 8).

A coleção E-EF não menciona o número de núcleos em células do tecido muscular estriado cardíaco, mas refere-se à presença de células uninucleadas no tecido muscular liso.

Já o livro L-EM, apesar de também mencionar a presença de apenas um núcleo nas células do músculo estriado liso, foi o único livro que mencionou a possibilidade de o músculo estriado cardíaco ter um ou dois núcleos. Ao tratar desse tecido, essa obra afirma que ele “(...) Distingue-se do estriado esquelético por apresentar células alongadas com um ou dois núcleos centrais, revestidas por uma fina bainha de tecido conjuntivo. (...)” (livro L-EM, p. 149).

Há livros didáticos que também abordam outras características mencionadas pela referência, aproximando-se dos conhecimentos apresentados por esta. Descrevem, portanto, as células do tecido muscular estriado esquelético como alongadas, cilíndricas e estriadas, as células no músculo estriado cardíaco como ramificadas, possuidoras de discos intercalares, alongadas e estriadas, e as células do músculo liso como fusiformes e não-estriadas. Essas aproximações podem ser evidenciadas tanto no texto acima citado da coleção D-EF como nas citações retiradas da coleção E-EF e dos livros G-EM, H-EM e J-EM que estão no ANEXO C.

Porém, dentre tais informações foi identificado um distanciamento horizontal no livro I-EM. Enquanto a referência utiliza o termo “fusiforme” apenas para descrever a forma das células do tecido muscular liso, o livro I-EM utiliza essa característica tanto para descrever como para ilustrar a forma das células do tecido muscular estriado esquelético. Como já foi

mencionado, a referência, ao mencionar sobre a forma das células desse tecido, descreve-as como células cilíndricas.

Primeiramente, o livro I-EM inicia a comparação entre os diferentes tipos de tecidos musculares, apresentando uma figura que ilustra células dos tecidos muscular liso e muscular estriado esquelético (fig.7).

Figura 7. Esquemas de células do tecido muscular liso e do tecido muscular estriado esquelético, apresentados pelo livro I-EM (p. 211).

Explicando a ilustração, o autor afirma que ambos os tecidos possuem células fusiformes:

“Observe na ilustração que os dois tipos de tecidos são formados por células fusiformes, denominadas **fibras musculares** ou **miócitos**.

As figuras mostram também que ocorrem estrias transversais nas fibras do tecido estriado esquelético, o que não ocorre nas fibras do tecido não-estriado (liso).

O tecido forma músculos estriado esquelético que podem contrair-se na dependência de nossa vontade. (...)

O tecido não-estriado forma os músculos involuntários (...).

Além do tecido estriado esquelético e do não estriado, há outro tecido muscular: o **estriado cardíaco** (...). O músculo cardíaco tem contração independente de nossa vontade” (livro I-EM, p. 211-212).

Outro distanciamento horizontal foi encontrado no livro K-EM. Enquanto a referência menciona que a presença de discos intercalares é uma característica exclusiva do tecido muscular estriado cardíaco, o livro K-EM apresenta um quadro comparativo (figura 8) que menciona a presença de discos nas células estriadas esqueléticas, ausência de discos nas células estriadas cardíacas e presença de discos intercalares nas células musculares lisas.

Características das células musculares			
	Esquelética	Cardíaca	Lisa
Tipo	estriado	estriado	liso
Forma	cilíndrica	bifurcada	fusiforme
Cor	róseo	vermelho	vermelho pálido
Miofibrilas	transversais	transversais	longitudinais
Discos	ausentes/ presentes	ausentes	intercalares
Núcleo	múltiplo, periférico	único, central	único, central
Contração	rápida	rápida	lenta
Controle	voluntário	involuntário	involuntário
Inervação	sistema nervo- so periférico	sistema nervo- so autônomo	sistema nervo- so autônomo
Localização	músculos comuns	coração	vísceras

Figura 8 – Quadro com as características das células musculares, apresentado pelo livro K-EM (p. 177).

4.1.4 Conteúdos relacionados à Microbiologia

4.1.4.1 Bactérias isoladas ou em agrupamentos

Em um de seus subtítulos, a referência menciona: “*As Bactérias Podem Apresentar-se Isoladas ou em Agrupamentos*” (BARBOSA; BAYARDO, 1998, p. 8).

Já o livro A-EF afirma que as bactérias vivem sempre agrupadas: “As bactérias são seres vivos minúsculos, que vivem sempre agrupadas e só podem ser vistas com o auxílio de um microscópio” (livro A-EF, 3.^a série, p. 81). A mesma afirmação é encontrada no exemplar da 4.^a série (p. 94).

Esse livro, portanto, afasta-se horizontalmente da referência por não considerar a possibilidade de as bactérias viverem isoladas, generalizando sua disposição em agrupamento.

Esse distanciamento não foi encontrado nos demais livros analisados. O livro H-EM, ao falar sobre bactérias, menciona que “(...) As formas mais comuns são **bacilo**, **vibrião**, **espirilo** e **cocos**. Estes últimos, de forma esférica, podem se apresentar agrupados como diplococos, estafilococos, estreptococos e sarcinas” (livro H-EM, p. 185).

É possível verificar que esse livro se aproxima da referência por mencionar os agrupamentos de bactérias como uma possibilidade, e não como uma regra geral para esse tipo de organismo.

Já os livros K-EM e L-EM também falam sobre os agrupamentos de bactérias, mas, assim como a referência, não realizam generalizações:

“As bactéria possuem grande diversidade de formas e de associação. (...) As associações mais conhecidas são formadas por bactérias esféricas: estreptococos (associação em cordão), estafilococos (associação em cacho de uva) ou diplococos (associação em dupla)” (livro K-EM, p. 199).

“(...) Os cocos dispostos aos pares recebem o nome de **diplococos**; quando formam cadeias semelhantes a um colar, são chamados **estreptococos**; arranjados quatro em quatro compõem a **tétrade**; em disposição espacial cúbica, recebem o nome de **sarcina**; agrupados como se fossem uvas em um cacho constituem o **estafilococo**” (livro L-EM, p. 278).

4.1.5 Conteúdos relacionados à área de Zoologia

4.1.5.1 Incidência de amebas parasitas

Ao falar sobre o diagnóstico laboratorial da amebíase, a referência menciona a existência tanto de amebas patogênicas como não-patogênicas. Primeiramente, os autores mencionam que “O diagnóstico requer a diferenciação das várias amebas não-patogênicas que podem ocorrer no trato intestinal humano” (PELCZAR JR; CHAN; KRIEG, 1997 p. 241). Posteriormente, mencionam sobre a espécie causadora da amebíase: “O número de núcleos é freqüentemente característico de cada espécie e é usado para distinguir protozoários intestinais inócuos como a *Entamoeba coli* de *E. histolytica*, a causa de disenteria amebiana (amebíase dos seres humanos)” (PELCZAR JR; CHAN; KRIEG, 1997 p. 281).

Entretanto, no volume da 3.^a série da coleção A-EF, as amebas são caracterizadas apenas como organismos patogênicos, pois o autor afirma: “Alguns protozoários não causam danos à saúde, mas existem outros que provocam doenças./ A ameba e a giárdia são dois exemplos” (livro A-EF, 3.^a série, p. 80). O mesmo ocorre no livro da 4.^a série, que afirma: “Alguns protozoários provocam doenças./ A ameba e a giárdia são protozoários que se

instalam no intestino, causando cólicas intestinais e diarreia” (livro A-EF, 4.^a série, p. 93). Evidencia-se, portanto, um distanciamento horizontal.

Outro distanciamento semelhante foi encontrado no exemplar da 4.^a série da coleção B-EF.

Inicialmente, esse livro define “ameba” com a seguinte afirmação: “Ameba, ser unicelular que pode provocar disenteria no ser humano. (...)” (livro B-EF, 4.^a série, p. 10). Até esse momento, não se evidenciam distanciamentos, já que o verbo “poder” permite ao leitor interpretar que nem todas as amebas são necessariamente causadoras de disenteria. Entretanto, em outro momento, o mesmo exemplar afirma que “Os protozoários causadores da amebíase e da giardíase são respectivamente, a ameba e a giárdia” (livro B-EF, 4.^a série, p. 65). Com essa afirmação, o leitor pode interpretar que causar amebíase é uma propriedade das amebas em geral, não apenas de um grupo específico.

Esse mesmo distanciamento foi encontrado no exemplar da 6.^a série da coleção C-EF que, ao tratar de protozoários parasitas, diz apenas que “(...) a amebíase é causada pela ameba. (...)” (livro C-EF, 6.^a série, p. 262). Não diz que todas as amebas são parasitas, mas também não menciona que esta não seja uma característica pertencente a todas as amebas.

Um tratamento similar está presente no livro D-EF, no qual, ao abordar as doenças transmitidas pela água, o autor afirma que “Geralmente as disenterias são causadas por bactérias ou por protozoários chamados amebas” (livro D-EF, 5.^a série, p. 98). Somente em outro volume da mesma coleção (livro D-EF, 6.^a série, p. 101) o autor cita a *Entamoeba histolytica* como protozoário causador da amebíase.

Apesar de o exemplar da 6.^a série da coleção F-EF dizer que “(...) Existem duas espécies de amebas que podem viver no intestino humano: a *Entamoeba coli*, que quase nunca causa sintomas, e a *Entamoeba histolytica*, que costuma provocar a amebíase, caracterizada por inflamação nas paredes intestinais” (livro F-EF- 6.^a série, p. 63), em um quadro separado, ao lado do texto sobre amebíase, afirma que essa doença “É causada quando a pessoa ingere alimentos e água contaminados com cistos da ameba. (...)” (livro F-EF- 6.^a série, p. 63). Nesse caso, evidencia-se o mesmo distanciamento, já que o quadro se destaca, podendo ser consultado independentemente.

Outros livros didáticos, ao tratar dos parasitas, aproximam-se da referência, pois deixam claro qual espécie de ameba é patogênica, não levando o leitor a realizar generalizações. Isso ocorre, por exemplo, no livro H-EM que, ao falar sobre rizópodes, afirma que “(...) Neste grupo estão incluídas todas as espécies de amebas, parasitas (*Entamoeba histolytica*) ou de vida livre (*Amoeba proteus*)” (livro H-EM, p. 193).

Como é possível verificar no ANEXO D, essa mesma aproximação foi encontrada nos livros G-EM, J-EM, K-EM e L-EM.

4.1.5.2 Denominações para definir a parede do corpo dos artrópodes.

A referência (BARNES, 2005, p. 600-609) denomina a parede do corpo dos artrópodes de “exoesqueleto” ou “cutícula”. Para se referir ao exoesqueleto que está sendo eliminado durante a muda, utiliza-se também o termo “exúvia”.

Há também coleções e livros analisados que utilizam os termos “exoesqueleto” (C-EF, D-EF, E-EF, F-EF, G-EM, H-EM, I-EM, J-EM, K-EM e L-EM) e “exúvia” (G-EM) com o mesmo sentido adotado pela referência, como é possível verificar no ANEXO E.

Entretanto, outros termos não apresentados pela referência são também utilizados pelos livros didáticos. A utilização do termo “esqueleto externo” foi considerada um distanciamento vertical, já que se trata de uma apropriação à faixa etária, visando facilitar a compreensão do aluno. Esse termo foi encontrado nas coleções C-EF, D-EF, E-EF, F-EF e nos livros G-EM e K-EM (conforme é possível verificar no ANEXO E).

Como esse termo está mais próximo do termo “exoesqueleto”, podendo ser utilizado para a apropriação etária, julgou-se que não seria necessária a utilização de termos do conhecimento comum para essa mesma finalidade, tais como casca, armadura ou carapaça. Portanto, a utilização desses termos foi considerada pela presente pesquisa como um distanciamento horizontal.

O livro C-EF utiliza os termos “casca” e “armadura”, como é possível verificar no seguinte trecho:

“(…) outra característica importante dos artrópodes é a sua ‘casca’ protetora.

Esta casca, exoesqueleto ou esqueleto externo, resistente e impermeável, é constituída de quitina, um tipo de ‘açúcar’, e sais.

(…)

Se essa armadura fica ‘curta’, pode ser trocada, pois o exoesqueleto não cresce com o corpo. (...)” (livro C-EF, 6.ª série, p. 211).

O termo “casca” também é várias vezes citado pela coleção D-EF:

“Ao contrário da maioria dos invertebrados, os artrópodes têm o corpo rígido, o que se deve a um **esqueleto externo** ou **exoesqueleto** (exos=fora). Comumente chamado de ‘casca’ no camarão, no caranguejo, no siri, etc., essa estrutura limita o crescimento do animal. Para solucionar esse problema, o animal muda de casca, trocando-a por uma mais folgada que lhe permite continuar crescendo. (...)” (livro D-EF, 6.ª série, p. 134).

Outro termo utilizado é o termo “carapaça”, que foi mencionado pela coleção E-EF:

“Os artrópodes sustentam-se com uma carapaça dura e externa. A principal substância dessa carapaça é a **quitina**, que é, ao mesmo tempo, leve e resistente. O esqueleto externo dos artrópodes é denominado exoesqueleto quitinoso. A presença de um esqueleto externo duro dificulta o crescimento do artrópode. Para resolver esse problema, acontece periodicamente o fenômeno da **muda**, que consiste na troca da carapaça. Enquanto o novo esqueleto não endurece, o artrópode pode crescer” (livro E-EF, 5.ª série, p. 175).

Esse mesmo termo também é citado pelo livro K-EM ao falar sobre ecdise: “(...) Quando a taxa de ecdisona atinge valores elevados, promove a *apólise*, isto é, a separação da epiderme e da carapaça. (...)” (livro K-EM, p. 247).

4.1.5.3 Classificação de vertebrados

Conforme é possível verificar no tópico 4.4.3 desse texto, tanto a referência como os livros didáticos consideram peixes como pertencentes ao grupo dos vertebrados. Esse tópico mostrará que, apesar de não terem sido encontrados distanciamentos quanto a estes conhecimentos, foi identificado um problema em uma das ilustrações.

4.2 CONTEÚDOS CENTRAIS DA BIOLOGIA

4.2.1 Fotossíntese

4.2.1.1 Definição de fotossíntese

A referência adotada, Taiz & Zeiger (2004), apresenta a seguinte definição de fotossíntese:

“ O termo *fotossíntese* significa, literalmente, “síntese utilizando a luz”. Como será visto neste capítulo os organismos fotossintetizantes utilizam a energia solar para sintetizar compostos carbonados que não poderiam ser formados sem um *input* de energia. Mais especificamente, a energia luminosa dirige a síntese de carboidratos a partir de dióxido de carbono e água com a liberação de oxigênio” (TAIZ & ZEIGER, pág. 139).

No glossário apresentado por essa referência, fotossíntese é definida como “A conversão da energia luminosa em energia química por pigmentos fotossintéticos, usando água e CO₂ e produzindo carboidratos.” (TAIZ; ZEIGER, 2004, p. 659).

Outra referência consultada, Cooper (2001), apresenta um esquema representando o ciclo de Calvin, mostrando como é sintetizada a glicose (Figura 9).

Figura 2.39

Ciclo de Calvin Aqui é mostrada a síntese de uma molécula de glicose a partir de seis moléculas de CO_2 . Cada molécula de CO_2 é adicionada à ribulose-1,5-bisfosfato para gerar duas moléculas de 3-fosfoglicerato. Seis moléculas de CO_2 levam então à formação de 12 moléculas de 3-fosfoglicerato, que são convertidas em 12 moléculas de gliceraldeído-3-fosfato com o custo de 12 moléculas de ATP e de NADPH. Duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato são então utilizadas para síntese de glicose e dez moléculas continuam no ciclo de Calvin para formar seis moléculas de ribulose-5-fosfato. O ciclo é então completado com o uso de seis moléculas adicionais de ATP para a síntese de ribulose-1,5-bisfosfato.

Figura 9. – Esquema apresentado por Cooper (2001) para ilustrar a o Ciclo de Calvin (pág. 97).

Certos livros didáticos, preocupando-se em adaptar o conteúdo abordado ao nível de ensino ao qual se destinam, utilizam-se de distanciamentos verticais.

O primeiro distanciamento vertical encontrado diz respeito ao produto da fotossíntese. Enquanto a referência menciona a produção de compostos carbonados, ou ainda carboidratos, durante a fotossíntese, o livro didático fala sobre a produção de alimentos.

No volume da 1.^a série, o livro A-EF, por exemplo, diz que, “(...) Para produzir o açúcar, as plantas precisam da presença da luz” (livro A-EF, 1.^a série, p. 55). Já o livro da 2.^a série afirma ainda que, “Usando gás carbônico e a água, as folhas produzem os alimentos de que as plantas e os animais necessitam” (livro A-EF, 2.^a série, p. 45). Já no livro da 3.^a série, o autor apresenta uma conexão entre os conhecimentos apresentados no livro das duas séries anteriores. Dessa forma, afirma que “As plantas, em presença de luz, utilizam gás carbônico e água para a produção de seu alimento. Por causa disso, ocorre liberação de oxigênio para o ambiente” (livro A-EF, 3.^a série, p. 60).

Somente na unidade posterior, presente no mesmo exemplar, é que a autora finalmente fala sobre fotossíntese, mencionando a produção de açúcares:

“Usando a água e o gás carbônico que recebem, as folhas produzem um tipo de açúcar e libertam oxigênio para o ambiente. Isso, no entanto, só acontece quando as folhas recebem luz e porque elas possuem um corante verde chamado clorofila.

Esse processo tem o nome de fotossíntese” (livro A-EF, 3.^a série, p. 86).

O exemplar da 4.^a série, mesmo mencionando que a fotossíntese é um processo de produção de alimentos, também fala sobre a produção de açúcar:

“A clorofila possibilita à planta captar luz do ambiente e usá-la para produzir alimentos.

Esse processo em que a planta utiliza a luz para produção de alimentos chama-se **fotossíntese**.

Para realizar a fotossíntese, a planta utiliza o gás carbônico do ar e a água retida do solo pelas raízes.

A água e o gás carbônico encontram-se nas folhas e, na presença da luz e da clorofila, transformam-se em um tipo de açúcar.

Esse açúcar depois é transformado em outros alimentos.

Além de produzir alimentos pelo processo de fotossíntese a planta também libera oxigênio para o ambiente” (livro A-EF, 4.^a série, p. 99).

O processo descrito é similar ao apresentado pela referência. Apesar de o trecho extraído do texto de Taiz & Zeiger não mencionar o termo “açúcar”, este também é utilizado pelo conjunto de obras considerado nesta pesquisa como referência (ver LEHNINGER, NELSON E COX, 1995).

Esse mesmo distanciamento vertical foi encontrado nas coleções B-EF, D-EF, E-EF, F-EF (ver ANEXO F). Um fato que justifica a consideração desse distanciamento como vertical seria a não-ocorrência em livros de ensino médio, conforme também é possível verificar no ANEXO F.

O exemplar da 5.^a série da coleção C-EF também se aproxima da referência, já que cita a glicose como produto da fotossíntese:

“No processo de fotossíntese, as plantas e as algas unicelulares transformam a energia luminosa em energia química. A **clorofila** (pigmento verde) absorve a luz solar (energia luminosa), permitindo assim que os seres clorofilados sintetizem **material orgânico** a partir de **água** que absorvem e do gás carbônico retirado do ar atmosférico.

O produto da fotossíntese é a **glicose** (açúcar), alimento das plantas e de outros seres clorofilados que também realizam esse processo. Na fotossíntese é liberado o **gás oxigênio**, como um tipo de resíduo, de sobra das reações químicas que ocorreram” (livro C-EF, 5.^a série, p. 67).

Um outro tipo de distanciamento foi identificado no exemplar da 2.^a série da coleção B-EF. Esse, além de mencionar que a fotossíntese seria a produção de alimentos pelos vegetais, afirma que a fotossíntese é a produção pelos vegetais dos nutrientes de que eles próprios precisam para sua sobrevivência:

“Os vegetais produzem os próprios nutrientes de que precisam para viver. Esse processo de produção é chamado de fotossíntese.

A fotossíntese é a fabricação de alimento pela planta utilizando a luz, o gás carbônico e a água. (...)

(...)

A energia solar provoca a reação do gás carbônico com a água. Essa reação produz glicose e oxigênio. A glicose é um açúcar” (livro B-EF, 2.^a série, p. 49).

O livro didático não especifica quais são esses nutrientes que são produzidos, podendo o aluno interpretar que todos podem ser sintetizados pelos vegetais. Apesar de o último parágrafo mencionar a produção de açúcares, não está claramente conectado aos anteriores, podendo não facilitar a compreensão do aluno.

Já as referências consultadas, além de citarem os carboidratos como produto final do processo fotossintético, também mencionam que as plantas necessitam de nutrientes inorgânicos disponíveis no ambiente e absorvidos pelas raízes. Raven (2001) diz que “Um total de 17 nutrientes inorgânicos são necessários à maioria das plantas para o crescimento normal. Desses, carbono, hidrogênio e oxigênio são derivados do ar e da água. Os restantes são absorvidos pelas raízes sob a forma de íons” (RAVEN, 2001, p. 718).

Por não se tratar de especificação ao nível de ensino, esse distanciamento foi considerado como horizontal, e foi identificado também no exemplar da 6.^a série do livro D-EF, que, após perguntar sobre como ocorre a obtenção de nutrientes nos vegetais, diz que “(...) Eles utilizam a luz do Sol, a água e o gás carbônico para obtê-los, por meio de um processo chamado **fotossíntese**. (...). (livro D-EF, 6.^a série, p. 38).

4.2.1.2 Pigmentos que atuam durante a fotossíntese

Ao falar sobre os pigmentos envolvidos no processo de fotossíntese, Taiz e Zeiger (2004) comentam:

“As clorofilas *a* e *b* são abundantes nas plantas verdes, e as *c* e *d* são encontradas em alguns protistas e cianobactérias. Um número de tipos diferentes de bacterioclorofilas já foi encontrado; o tipo *a* é mais amplamente distribuído. (...).

(...)

Os carotenóides são encontrados em todos os organismos fotossintéticos, exceto em mutantes incapazes de sobreviver fora dos laboratórios. Os carotenóides constituem integralmente as membranas dos tilacóides e estão, em geral, intimamente associados aos pigmentos protéicos das antenas e dos centros de reação. A luz absorvida pelos carotenóides é transferida à clorofila para o processo de fotossíntese; em decorrência do papel que desempenham são chamados de **pigmentos acessórios**” (TAIZ; ZEIGER, 2004 p. 143).

Cooper (2001), ao falar sobre a função dos pigmentos que atuam na fotossíntese, também utiliza o termo “capturar energia da luz solar”: “Os **pigmentos fotossintéticos** capturam energia da luz solar absorvendo fótons” (COOPER, 2001, p. 96).

A coleção A-EF aproxima-se da referência ao mencionar que a clorofila possui a função de captar a energia luminosa, absorvendo os fótons. “A cor verde da planta é dada por um pigmento chamado clorofila./ A clorofila dá às folhas a possibilidade de captar luz” (livro A-EF, 3.^a série, p. 85). O mesmo ocorre no exemplar da 4.^a série, que diz que “A grande maioria das plantas possui células com um pigmento verde chamado clorofila./ A clorofila possibilita à planta captar luz do ambiente e usá-la para produzir alimentos” (livro A-EF, 4.^a série, p. 99). O livro B-EF também se aproxima da referência, ao afirmar que “(...) A energia luminosa é absorvida pelas plantas através da clorofila” (livro B-EF, 1.^a série, p. 41). As coleções C-EF, E-EF, F-EF e os livros G-EM, H-EM, I-EM, J-EM, K-EM e L-EM também apresentam essa mesma aproximação com relação à referência (ver ANEXO G).

Entretanto, ao falar sobre os pigmentos participantes no processo fotossintético, há livros didáticos que menciona apenas a clorofila. É o caso da coleção A-EF, como verificado nas citações anteriores, das coleções B-EF, C-EF, E-EF, F-EF e dos livros G-EM, I-EM, J-EM e K-EM, conforme se pode verificar no ANEXO G. Esse distanciamento foi aqui considerado como vertical, pois o fato de a aproximação com a referência aparecer apenas em uma coleção no ensino médio mostra que os livros didáticos procuram não citar os demais pigmentos participantes do processo para simplificar o conteúdo ao nível de ensino.

Apenas o livro H-EM menciona a existência de outros pigmentos que atuam no processo: “As reações de claro dependem, evidentemente, das clorofilas (...)” (livro H-EM, p. 106). Menciona ainda que

“(...) As clorofilas **a** e **b**, presentes nos cloroplastos dos parênquimas das folhas, são os pigmentos responsáveis pela captação da energia da luz solar. Nesses cloroplastos existem ainda pigmentos auxiliares, que absorvem determinados comprimentos de onda, transferindo energia para as clorofilas” (livro H-EM, p. 409).

O autor apresenta também um quadro com mais conhecimentos sobre os pigmentos, onde comenta que

“Os carotenóides são pigmentos amarelo-alaranjados que se distribuem junto às clorofilas, nos cloroplastos. Eles são responsáveis pela absorção de comprimentos de onda diferentes daqueles captados pelas clorofilas e têm papel acessório na fotossíntese, pois transferem energia para a clorofila **a**, proporcionando, assim, maior aproveitamento da energia luminosa que incide nos cloroplastos” (livro H-EM, p. 411).

O exemplar da 3.^a série da coleção A-EF, porém, apresenta também um distanciamento horizontal relacionado com o termo usado para qualificar clorofila. Apesar de a coleção utilizar o termo pigmento, emprega também o termo corante, não mencionado pela referência: “(...) Isso, no entanto, só acontece quando as folhas recebem luz e porque elas possuem um corante verde chamado clorofila” (livro A-EF, 3.^a série, p. 86).

A coleção C-EF, no livro da sexta série, também se distancia horizontalmente da referência, ao qualificar a clorofila como uma proteína: “Seres clorofilados são os que têm em sua composição a clorofila, proteína de cor verde capaz de captar a energia luminosa (luz)” (livro C-EF, 6.^a série, p. 18).

Segundo a referência, as clorofilas “(...) consistem de complexos de porfinas com magnésio” (LEHNINGER; NELSON; COX, 1999, p. 785). A referência ainda explica que,

“Em adição ao seu papel de unidades fundamentais com que as proteínas são construídas, os aminoácidos são também precursores de muitas biomoléculas especializadas que desempenham papéis biológicos essenciais, incluindo hormônios, coenzimas, nucleotídeos, alcalóides, polímeros de paredes celulares, porfirinas, antibióticos, pigmentos e neurotransmissores” (LEHNINGER; NELSON; COX, 1999, p. 529).

Portanto a referência não trata a clorofila como uma proteína, mas sim como outro tipo de biomolécula que possui aminoácidos como precursores.

4.2.1.3 Área de ocorrência da fotossíntese nos vegetais

A referência menciona que os principais órgãos fotossintetizantes nos vegetais são as folhas: “As **raízes** fixam a planta ao chão e coletam água exigida para a manutenção do corpo da planta e para a fotossíntese, enquanto os caules provêm suporte para os principais órgãos fotossintetizantes, as **folhas**. (...)” (RAVEN, 2001, p. 7).

A afirmação de que as folhas são os principais órgãos fotossintetizantes deixa subentendido que também existem outros órgãos capazes de executar essa mesma função. Um deles é a raiz. Segundo Raven (2001), “(...) A epiderme das raízes de orquídeas epífitas, por exemplo, tem várias camadas de células e, em algumas espécies, é o único tecido fotossintetizante da planta” (RAVEN, 2001, p. 581-585).

A referência também menciona a possibilidade de a fotossíntese ser realizada por caules: “(...) Os caules verdes suculentos dos cactos servem tanto como órgãos fotossintetizantes quanto armazenadores. (...)” (RAVEN, 2001, p. 619).

Foram identificados alguns livros didáticos que se aproximam da referência por considerar as folhas como os principais órgãos fotossintetizantes, possibilitando que o aluno não interprete que este é o único órgão de um vegetal capaz de realizar o processo fotossintético.

O livro A-EF, por exemplo, ao tratar das outras partes vegetais, não menciona a possibilidade de produção de alimentos nelas. No livro da 3.^a série, o mesmo se repete. Entretanto, este livro afirma que “As folhas, além da função de produzir alimento, são as principais responsáveis pela respiração das plantas” (livro A-EF, 1.^a série, p. 77).

Do mesmo modo, o livro L-EM diz que, na maioria das vezes, a folha é a sede da fotossíntese: “Dos nutrientes absorvidos pela raiz muitos estão envolvidos, direta ou indiretamente, com a síntese de compostos orgânicos, representada principalmente pelo fenômeno da fotossíntese, cuja sede é, na maior parte das vezes, a folha” (livro L-EM, p. 232).

Há, inclusive, livros analisados que deixam ainda mais claro que existe a possibilidade de a fotossíntese ocorrer em outras partes do vegetal. Isso ocorre no exemplar da 6.^a série da coleção C-EF que, além de tratar da ocorrência de fotossíntese nas folhas, ainda diz que “(...) Caules jovens possuem clorofila (parte verde), portanto também fazem fotossíntese” (livro C-

EF, 6.^a série, p. 105). O mesmo ocorre nas coleções e livros D-EF, F-EF, H-EM, G-EM (ver ANEXO H).

Há outros livros que, apesar de não afirmarem que a fotossíntese ocorre unicamente nas folhas, podem levar o aluno a interpretar dessa forma. Esse distanciamento foi verificado, por exemplo, na coleção B-EF.

Em seu exemplar da 2.^a série, ao tratar da função de cada parte da planta, essa coleção diz que, dentre outras funções, “(...) As folhas também liberam parte do oxigênio que os seres vivos respiram” (livro B-EF, 2.^a série, p. 47). Na descrição do papel das demais partes da planta, o livro não apresenta qualquer menção que possa estar associada com a fotossíntese.

No mesmo exemplar, ao falar de fotossíntese, afirma-se que

“(...) A raiz, o caule e as folhas são importantes para que ocorra a produção de alimentos dos vegetais.

As raízes sustentam a planta e absorvem do solo água e sais minerais, que seguem pelo caule até as folhas.

As folhas absorvem gás carbônico do ar e por meio da clorofila, captam a energia do Sol. (...)” (livro B-EF, 2.^a série, p. 49).

No exemplar da 3.^a série (p. 70), o mesmo distanciamento e as mesmas informações se repetem.

Esse distanciamento também foi encontrado na coleção de ensino fundamental E-EF e nos livros de ensino médio I-EM e J-EM (ver ANEXO H). Foi considerado como um distanciamento horizontal, pois não está relacionado à necessidade de adaptação do conhecimento à faixa etária do aluno. Como é possível verificar na citação do livro A-EF anteriormente mencionada, é possível, logo nas séries iniciais do ensino fundamental, tratar da fotossíntese sem limitar o seu local de ocorrência às folhas.

Já o livro K-EM, por sua vez, diz que a raiz “(...) É uma estrutura aclorofilada (...)” (livro K-EM, p. 355).

Como esse livro generaliza, não especificando em seu texto a existência de raízes clorofiladas fotossintetizantes, evidencia-se nesse caso um distanciamento horizontal.

Entretanto, posteriormente, ao falar sobre os tipos de caule, esse livro didático se aproxima da referência, já que apresenta um quadro comparativo em que menciona a existência de caules clorofilados (figura 10).

Tipos de caule		
Caule	Característica	Exemplos
Tronco	Estrutura lenhosa e ramificada.	árvores e arbustos
Estipe	Alongado, lenhoso, cilíndrico e não ramificado.	palmeiras
Colmo	Cilíndrico com nós e internós bem marcados.	cana-de-açúcar e bambu
Haste	Pequeno, tenro e clorofilado.	plantas herbáceas
Rastejante	Decumbente que se espalha sobre a terra.	grama comum, melancia
Volúvel	Caule flexível, às vezes com gavinhas.	plantas trepadeiras
Rizoma	Geralmente subterrâneo que emite ramos aéreos.	bananeiras, samambaias
Tubérculo	Subterrâneo, armazenador de alimento.	batata inglesa, inhame, cará
Bulbo	Reunião de caule e folhas subterrâneas.	cebola e alho
Aquático	Caule tenro e clorofilado com aerênquima.	vitória-régia e aguapé

Figura 10. – Quadro apresentado pelo livro K-EM (p. 367), mostrando os diferentes tipos de caule, em que o autor menciona a presença de caules clorofilados.

Especificando ainda mais o local de ocorrência da fotossíntese, a bibliografia adotada como referência diz que, “Nos eucariontes fotossintetizantes, a fotossíntese acontece na organela subcelular conhecida como cloroplasto. (...)” (TAIZ; ZEIGER, 2004, p. 147).

Os autores ainda mencionam onde ocorre cada fase do processo de fotossíntese nos cloroplastos:

As **reações da fotossíntese nos tilacóides** ocorrem em membranas internas especializadas dos cloroplastos denominadas tilacóides. Os produtos finais de tais reações são compostos de alta energia ATP e NADPH, os quais são utilizados para síntese dos açúcares nas **reações de fixação do carbono**. Esses processos de síntese ocorrem no estroma dos cloroplastos, a região aquosa que circunda os tilacóides. (...)” (TAIZ; ZEIGER, 2004, p. 140).

Esse detalhamento não foi encontrado nos livros de ensino fundamental analisados, o que se caracterizaria como um distanciamento vertical, já que foi encontrado apenas nos livros de ensino médio H-EM, I-EM e J-EM.

O livro H-EM, por exemplo, diz que “A glicose é produzida nos cloroplastos dos vegetais” (livro H-EM, p. 103). Posteriormente, especifica a região do tilacóide em que ocorrem as reações de claro da fotossíntese – “Ocorrem nas partes clorofiladas do cloroplasto: as lamelas e os *grana*” (livro H-EM, p. 105) –, enquanto as reações de “escuro” “Ocorrem no estroma do cloroplasto, que não contém clorofila” (livro H-EM, p. 105).

Já o livro I-EM diz que, para facilitar a compreensão, podem-se dividir os processos químicos da fotossíntese em duas etapas: “A etapa dependente da luz ocorre nos tilacóides e a da formação da matéria orgânica ocorre no estroma dos cloroplastos”.

Após mencionar que o processo de fotossíntese é dividido em duas etapas, o autor do livro J-EM também descreve cada uma delas, explicando onde ocorrem: “O local onde ocorrem as reações da etapa fotoquímica é nas membranas dos tilacóides (...)” (livro J-EM, p. 45); “Na etapa química da fotossíntese, que ocorre no estroma do cloroplasto, o gás carbônico é convertido em carboidrato (glicose), sem a necessidade de luz. Por isso, a etapa química é chamada de fase escura” (livro J-EM, p. 46).

Os detalhes estão próximos dos conhecimentos encontrados na referência; entretanto, cabe observar que o termo “reações de escuro” também não é utilizado por Taiz e Zeiger (2004), podendo ser considerado um distanciamento horizontal. Todavia, não coube à presente pesquisa analisar a ocorrência de uso desse mesmo termo em outros livros didáticos, já que o presente conteúdo não estava entre os selecionados para análise.

4.2.1.4 A relação entre a absorção de luz e a coloração verde das plantas

Ao falar sobre a absorção de luz, Taiz e Zeiger (2004) apresentam um gráfico contendo o espectro solar e sua relação com o espectro de absorção da clorofila, cuja legenda diz que, “(...) Devido à pouca eficiência na absorção da luz verde na faixa intermediária da região do visível, a maior parte da mesma é refletida para o olho humano e dá às plantas uma coloração verde característica” (TAIZ & ZEIGER, pág. 141).

Apesar de posteriormente o volume da 6.^a série da coleção C-EF dizer que a cor verde das plantas deve-se ao fato de estas refletirem a luz verde para o ambiente, inicialmente apresenta um distanciamento horizontal, ao afirmar que essa coloração é decorrente da absorção dos raios luminosos:

“A clorofila, substância química presente nas células vegetais, parece ser verde devido ao fenômeno de absorção dos raios luminosos.

Do espectro luminoso – conjunto de cores de luz solar – a clorofila absorve a luz azul e a luz vermelha ao fazer a fotossíntese e reflete a luz verde (a que percebemos).

Então podemos afirmar que as florestas ‘nos parecem’ verdes porque as plantas não utilizam a luz verde em seus processos vitais – refletem-na para o ambiente, quando então a percebemos pelo nosso sentido de visão. (...)” (livro C-EF, 6.^a série, p. 100).

Já o livro G-EM aproxima-se da referência, ao dizer que a cor verde das folhas ocorre devido ao fato de esta cor ser refletida:

“As plantas, para realizar a fotossíntese absorvem as radiações de diferentes comprimentos de onda existentes na luz branca. A velocidade da fotossíntese é maior na faixa do azul e do vermelho e bem menor no verde, pois ao observarmos uma folha veremos que ela é verde porque essa cor é refletida e não absorvida. (...)” (livro G-EM, p. 160).

Essa mesma aproximação também foi encontrada no livro I-EM, que afirma que

“Os pigmentos responsáveis pela fotossíntese conseguem absorver apenas determinados comprimentos de onda e assim desencadear o processo. Os comprimentos de onda absorvidos não podem ser detectados por nós. Assim, quando olhamos para uma folha de cor verde, estamos enxergando apenas aqueles comprimentos de onda que não foram absorvidos e sim refletidos, no caso, o verde” (livro I-EM, p. 348).

Entretanto, mais um distanciamento horizontal foi identificado no livro H-EM, o qual, ao comentar um gráfico que mostra o espectro de absorção de luz pelas clorofilas a e b, afirma: “Observe ainda que na faixa do verde a fotossíntese é praticamente nula, uma vez que as clorofilas, sendo verdes, refletem esse comprimento de onda, não absorvendo sua energia” (livro H-EM, p. 410). Nota-se que, nesse caso, o autor apresenta uma inversão com relação à causa e a consequência dos fatos, dizendo que a reflexão da luz verde ocorre em decorrência da coloração, e não que a coloração ocorre devido à reflexão.

4.2.2 Respiração Celular

Segundo a referência, “As células e os organismos vivos precisam realizar trabalho para permanecerem vivos, para crescer e para se reproduzirem. A capacidade de aproveitar energia de várias fontes e canalizá-la para a realização de trabalho biológico é uma propriedade fundamental de todos os organismos vivos (...)” (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995, p. 273).

O metabolismo é o “Conjunto total das transformações catalisadas por enzimas das moléculas orgânicas das células vivas” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 791), e o catabolismo é “a fase do metabolismo liberadora de energia pela degradação das moléculas de nutrientes” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 785).

Desse modo, “(...) As vias catabólicas liberam energia livre, uma parte da qual é conservada na formação de ATP e transportadores de elétrons reduzidos (NADH e NADPH). (...)” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 331), sendo ATP “adenosina trifosfato”, NAD “nicotinamida adenina dinucleotídeo”, e NADP “nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato”.

A referência explica que, “Em muitos organismos, a oxidação da glicose supre a energia necessária para a produção de ATP” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 331) e, como via universal para o catabolismo da glicose, refere-se à glicólise:

“A glicólise é uma via metabólica universal para o catabolismo da glicose até piruvato acompanhado pela formação de ATP.

(...)

O NAD formado na glicólise precisa ser reciclado para regenerar NAD^+ , que é requerido como receptor de elétrons no primeiro passo da fase de pagamento da glicólise. Em condições aeróbicas os elétrons passam do NADH para O_2 através da cadeia de transportadores de elétrons no processo de respiração mitocondrial. Em condições anaeróbicas muitos organismos regeneram o NAD^+ pela transferência de elétrons do NADH para o piruvato, formando lactato. Este processo ocorre no músculo dos vertebrados durante a atividade muscular intensa, quando a demanda por energia sobrepassa a capacidade do oxigênio ser fornecido aos músculos. Outros organismos, como o levedo, regeneram o NAD^+ pela redução do piruvato a etanol e CO_2 . Nesses processos anaeróbios chamados de fermentações, não ocorre redução ou oxidação líquidas dos átomos de carbono da glicose. (...)” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 331).

Portanto, segundo a referência, em condições aeróbicas o catabolismo da glicose inicia-se através da glicólise, sendo que há duas possibilidades para a regeneração do NAD^+ : a respiração mitocondrial, em condições aeróbicas, e a fermentação, em condições anaeróbicas.

Sobre a respiração, a referência afirma que

“(...) a maioria das células eucariotas e muitas bactérias normalmente são aeróbicas e oxidam os seus compostos orgânicos completamente até CO_2 e H_2O na fase aeróbica do catabolismo, a **respiração**. No sentido fisiológico amplo, ou macroscópico, a respiração refere-se às trocas gasosas entre um organismo multicelular e seu meio ambiente, especificamente à captação de O_2 e a eliminação de CO_2 . Entretanto, os bioquímicos e os biólogos celulares empregam o termo em um sentido microscópico e referem-se a um processo molecular que envolve o consumo O_2 e a formação de CO_2 pelas células. Visto assim, este último processo pode ser denominado mais precisamente de **respiração celular**” (LEHNINGER; NELSON; COX,1995, p. 331).

Quanto à respiração, o livro A-EF, em seu volume da 4.^a série, aproxima-se da referência ao dizer que esse é um processo utilizado pelos organismos vivos para a obtenção de energia, o qual utiliza oxigênio, permitindo a oxidação de compostos orgânicos até se transformarem em gás carbônico e água. Ao mencionar sobre a respiração de seres humanos, este livro didático diz que “(...) nas células ocorre a reação entre as substâncias nutritivas e o oxigênio. Essa reação liberta a energia necessária ao funcionamento do nosso organismo” (Coleção A-EF, 4.^a série, 120).

Essa mesma aproximação com a referência também foi identificada em outras coleções e livros B-EF, C-EF, D-EF, E-EF, F-EF, G-EM, H-EM, I-EM e K-EM (ver ANEXO I).

Entretanto, na coleção B-EF, identificou-se um distanciamento horizontal, referente ao fato de os autores afirmarem que a obtenção de energia só é possível em condições aeróbicas: “(...) Sem oxigênio, as células não conseguiriam obter a energia contida nos alimentos” (livro B-EF, 4.^a série, p. 37).

No exemplar da 7.^a série do livro C-EF, outro distanciamento foi identificado, quando os autores especificam que a glicose entra nas mitocôndrias:

“No interior das células o oxigênio e a glicose (açúcar) vão para as *mitocôndrias*. Nelas ocorre o processo de *respiração celular*, isto é, a ‘quebra’ do açúcar, em presença do oxigênio, produzindo gás carbônico, energia e água” (livro C-EF, 7.^a série, p. 119).

Segundo a referência, a “Glicólise ocorre no citosol, enquanto que as reações do ciclo do ácido cítrico e fosforilação oxidativa ocorrem na mitocôndria” (ALBERTS, 2004, p. 87). Dessa forma, a glicose não entra diretamente na mitocôndria, pois antes ocorre seu catabolismo até piruvato no citosol.

Já o livro J-EM, além de falar sobre a respiração aeróbica, menciona também a respiração anaeróbia:

“Os seres vivos conseguem energia por diferentes mecanismos. Células animais e vegetais realizam respiração aeróbia. Entretanto, há formas de vida que produzem sua energia por meio da respiração anaeróbia. Nos dois casos, há a transformação da energia química dos carboidratos em ATP, que é utilizado pela célula” (livro J-EM, p. 41).

O autor diz que “A **respiração aeróbia** é um mecanismo de extração de energia de moléculas orgânicas, em presença de oxigênio” (livro J-EM, p. 41) e “A **respiração anaeróbia** é o processo de obtenção de energia em que a glicose é parcialmente quebrada. (...)” (livro J-EM, p. 43).

Explica ainda que “Os tipos mais comuns de respiração anaeróbia são a **fermentação** e a **desnitrificação**” (livro J-EM, p. 43), sendo que

“A **desnitrificação** é um processo em que bactérias desnitrificantes, presentes no solo, usam **nitratos** como combustível, produzindo nitrogênio molecular (N_2), água e ATP. (...)..

Esse tipo de respiração anaeróbia acontece também em algumas bactérias que utilizam, como aceptor final de elétrons (H^+), uma substância inorgânica. Essa **substância inorgânica** pode ser um carbonato, um nitrato ou um sulfato (...)” (livro J-EM, p. 44).

Apesar de a definição de respiração aeróbica se aproximar da definição de respiração apresentada pela referência, evidenciou-se um distanciamento horizontal no que se refere à definição de respiração anaeróbia.

A definição apresentada pela referência diz que

“Respiração anaeróbia é o processo no qual substratos reduzidos, obtidos do meio ou produzidos por fermentação da glicose, transferem seus elétrons a uma cadeia de transporte de elétrons, cujo aceptor final é um composto exógeno diferente do oxigênio. Este composto pode ser inorgânico (NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , Fe^{3+}) ou um composto orgânico (fumarato)” (BARBOSA; BAYARDO, 1998, p. 63-64).

Portanto, ao definir respiração anaeróbia, a referência não considera a fermentação como uma via do processo de respiração anaeróbia. Ao falar sobre oxidação anaeróbia, Barbosa e Bayardo (1998, p. 58-67) tratam as fermentações e a respiração anaeróbia em textos separados. É possível ainda verificar que, segundo a referência, essas vias se diferenciam quanto ao seu aceptor final de elétrons.

Nesse caso, o livro J-EM apresenta um distanciamento horizontal da referência, por tratar a fermentação como um processo de respiração anaeróbia, enquanto a referência considera a fermentação e a respiração anaeróbia como duas vias diferenciadas de oxidação anaeróbia.

A referência inclusive cita também exemplos de organismos que são capazes de realizar os dois processos, e outros que são exclusivamente capazes de realizarem a respiração anaeróbia:

“ (...) A respiração anaeróbia é encontrada em bactérias facultativas, como *E. coli* (que apresenta também respiração aeróbia e fermentação), *Pseudomonas* (também capaz de respiração aeróbia) e em bactérias anaeróbias estritas, como as do gênero *Desulfotomaculum*. (...)” (BARBOSA; BAYARDO, 1998, p. 64).

O livro L-EM inicialmente se aproxima da referência, pois, ao definir respiração celular e respiração aeróbia, afirma que, “(...) Pela respiração celular, a glicose é degradada e a energia liberada é convertida de modo que possa ser utilizada na realização das atividades celulares” (livro L-EM, p. 83).

Após explicar cada uma das três etapas da respiração, o autor define o que é respiração aeróbia: “A degradação total da glicose, que resulta em CO_2 e, devido à atuação do O_2 como aceptor de hidrogênios, em H_2O , é conhecida como respiração aeróbia” (livro L-EM, p. 92).

Entretanto, posteriormente o livro explica sobre o que seria a respiração anaeróbia, apresentando o mesmo distanciamento horizontal encontrado no livro J-EM, levando o leitor a interpretar que respiração anaeróbia é o mesmo que fermentação:

“A respiração anaeróbia não usa o oxigênio./ Em alguns casos, a célula não degrada totalmente a glicose. Isso pode acontecer pela falta ou pela insuficiência de enzimas ou pelo fornecimento escasso ou até inexistente de oxigênio.

A saída é, então, obter energia por meio de uma degradação parcial da glicose, sem utilizar o oxigênio como aceptor de hidrogênios. Esse processo denomina-se **respiração anaeróbia** ou **fermentação**” (livro L-EM, p. 93-94).

4.2.3 Conceitos básicos de genética

4.2.3.1 Material genético, cromossomo e gene

Para a referência (GRIFFITHS et al., 2006),

“(...) Um gene é um trecho de uma molécula filamentar em dupla hélice chamada **ácido desoxirribonucleico**, abreviada como **DNA**. A descoberta dos genes e a compreensão de sua estrutura molecular e funcionamento têm sido as fontes de uma profunda compreensão quanto a dois dos maiores mistérios da Biologia (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 2).

O primeiro desses dois mistérios é assim descrito pelos autores:

“O que torna uma espécie o que ela é? Sabemos que gatos têm sempre gatinhos e pessoas têm sempre crianças. Esta observação de senso comum naturalmente leva a perguntas sobre a determinação das propriedades de uma espécie. A determinação deve ser hereditária, pois a habilidade em ter gatinhos é herdada por todas as gerações de gatos” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 2).

Em seguida, os autores apresentam a resposta a essa pergunta:

“A resposta da primeira questão é que os genes ditam as propriedades inerentes de uma espécie. Os produtos da maioria dos genes são **proteínas** específicas. As proteínas são as principais macromoléculas de um organismo. Quando você observa um organismo, o que vê é ou uma proteína ou algo que foi feito de uma proteína. A sequência de aminoácidos de uma proteína é codificada por um gene. (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 2).

Portanto, conforme afirma Griffiths et al. (2006), o gene é “A unidade física e fundamental da hereditariedade, que leva informações de uma geração para a seguinte” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 703).

Sobre as propriedades fundamentais dos genes e do DNA, os autores mencionam que

“O papel biológico da maioria dos genes é levar informações que especificam a composição química das proteínas ou os sinais regulatórios que irão governar sua produção pela célula. Essa informação é codificada pela sequência de nucleotídeos. Um gene típico contém a informação para uma proteína específica. A coleção de proteínas que um organismo pode produzir, bem como o momento e a quantidade da produção de cada proteína são um determinante extremamente importante da estrutura e fisiologia dos organismos. Uma proteína em geral tem uma dentre duas funções básicas, dependendo do gene. Primeira: a proteína pode ser um componente estrutural, contribuindo para as propriedades físicas das células ou organismo. (...) Segunda: a proteína pode ser um agente ativo em processos celulares, (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 3).

Ao afirmar que o genoma seria o complemento básico de DNA de um organismo, a referência explica como as moléculas de DNA estão organizadas: “(...) O próprio genoma é feito de uma ou mais moléculas extremamente longas de DNA organizadas em cromossomos. (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 3).

Segundo a referência, o DNA é o material genético. Essa definição é apresentada objetivamente por meio de uma pergunta e uma resposta: “O que é o material genético? A molécula de DNA” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 7).

Em resumo, para a referência, o material genético é a molécula de DNA. As moléculas de DNA estão organizadas em cromossomos. Alguns segmentos dessa molécula, denominados genes, levam informações que especificam a composição química das proteínas ou os sinais regulatórios que irão governar sua produção pela célula. Cada gene contém a

informação para uma proteína específica. Geralmente, a função de uma proteína pode ser exercer o papel de agente em processos celulares, ou de um componente estrutural, contribuindo para as propriedades físicas das células ou organismos. Desse modo, os genes determinam as propriedades de uma espécie de maneira hereditária.

Os livros didáticos analisados na presente pesquisa quanto às suas definições de material genético, DNA, cromossomo e gene geralmente se aproximavam de tais conhecimentos apresentados pela referência.

Essas definições envolviam vários conhecimentos, como a relação entre gene e DNA, a denominação utilizada para definir as seqüências codificantes do material genético, a composição dos cromossomos, o papel do DNA relacionado com a produção de proteínas e as conseqüências dessa produção relacionadas às características das espécies e à hereditariedade.

Quanto à definição de material genético, foram identificados livros didáticos que se aproximam da referência por defini-lo como a molécula de DNA. Este é o caso do exemplar da 7.^a série do livro C-EF: “O material genético é o **ácido desoxirribonucléico**, cuja sigla é **ADN** (ou **DNA**, sigla do nome em inglês e como é mais conhecido)”.

Essa mesma definição também foi encontrada no exemplar da 7.^a série do livro E-EF e nos livros G-EM, H-EM, K-EM (ver ANEXO J).

A respeito da relação entre gene e DNA, assim como a referência, os livros didáticos analisados definem o primeiro como parte do segundo.

Desse modo, ao explicar o que é um gene, o livro D-EF afirma que este é formado por DNA: “E o que é gene? É a unidade de transmissão hereditária formada por uma substância química, o DNA ou ADN (ácido desoxirribonucléico)” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189).

Essa mesma aproximação foi verificada no livro G-EM, que diz que “Os segmentos do DNA formam os genes (...)” (livro G-EM, p. 72).

Informação similar é mencionada pelo livro J-EM. Entretanto, enquanto os demais livros e a referência utilizam o termo “gene” para denominar tais seqüências codificantes de DNA, os autores deste livro utilizam também o termo “gen”:

Cada trecho desse DNA que possa conter informações genéticas que resultem na síntese de uma dada proteína é chamado de **gen** ou **gene**. (livro J-EM, p. 50-51)”.

Como as referências consultadas não mencionam esse termo (GRIFFITHS et al., 2006; ALBERTS et al., 2004; COOPER, 2005), sua utilização pelo livro J-EM foi considerada como um distanciamento horizontal.

Quanto à constituição dos cromossomos, assim como na referência, também se encontraram nos livros analisados afirmações que definiam cromossomos como a estrutura onde se encontram os genes.

O livro D-EF apresenta essa aproximação dizendo que os “Cromossomos são estruturas encontradas no núcleo de uma célula e constituídos por genes” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189). Essa relação gene/cromossomo também foi evidenciada nos livros J-EM e K-EM (ver ANEXO J).

Já o exemplar da 7.^a série da coleção E-EF aproxima-se da referência por mencionar que os cromossomos são filamentos de DNA: “O núcleo funciona como centro de controle da célula; nele encontram-se os **cromossomos**, filamentos de DNA (...)” (livro E-EF, 7.^a série, p. 35). O mesmo foi identificado no livro H-EM, conforme é possível verificar no ANEXO J.

No exemplar da 8.^a série dessa mesma coleção, é mencionado que, na constituição do cromossomo, o DNA está associado a proteínas: “Os cromossomos são encontrados no núcleo das células e são estruturas constituídas basicamente de DNA associado a proteínas” (livro E-EF, 8.^a série, p. 129).

Já o livro G-EM, ao definir cromossomos e tratar de sua constituição, menciona que estes é formado pela cromatina: “São filamentos ou seqüências dos genes lineares, formados pela cromatina que se espiraliza ou se condensa durante a divisão celular e passa a ser chamada de cromossomo” (livro G-EM, p. 73”).

Tais informações também são encontradas na referência, que diz que “A cromatina, material que constitui os cromossomos, é composta de uma mistura de DNA e proteína” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 86).

Conforme é possível constatar no ANEXO J, a mesma aproximação foi identificada nos livros I-EM, J-EM e K-EM.

Sobre a disposição em seqüência dos genes nos cromossomos verificada na citação anterior extraída do livro G-EM, trata-se também de um conhecimento apresentado pela referência, a qual menciona que, “(...) muito antes do advento das técnicas de seqüenciamento de DNA, estava claro que um cromossomo representa grandes números de genes em uma disposição linear (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 79). Aproximação entre essas informações e aquelas apresentadas pelos livros didáticos também foi identificada no livro J-EM (ver ANEXO J).

Quanto à função do material genético, os conhecimentos apresentados pelos livros didáticos também se aproximam daqueles encontrados na referência.

Esse é o caso do exemplar da 7.^a série da coleção E-EF que, assim como a referência, menciona que o DNA possui as informações responsáveis por especificar a composição das proteínas: “O DNA é a substância que contém ‘informações’ que são ‘traduzidas’ na forma de proteínas e atuam na expressão de características genéticas” (livro C-EF, 7.^a série, p. 119).

A referência consultada, Griffiths et al. (2006), também menciona sobre a tradução da informação do DNA. É possível verificar isso quando, ao apresentar as questões fundamentais sobre o capítulo denominado “Genética e o Organismo”, os autores perguntam: “Quais são as etapas na tradução da informação do DNA para a proteína?” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 22).

Ao detalhar a natureza do DNA, a referência explica que ele é composto por nucleotídeos. Para que uma proteína seja formada, esses nucleotídeos são transcritos (copiados) em nucleotídeos complementares, formando uma molécula de ácido ribonucleico (RNA). Esse RNA atua como uma molécula mensageira, e por isso é chamado de RNA mensageiro (RNAm). A produção das proteínas ocorre quando a sequência de nucleotídeos do RNAm é traduzida na sequência de aminoácidos de um polipeptídeo. O polipeptídeo é uma cadeia linear de aminoácidos, estrutura primária de uma proteína.

A coleção D-EF também se aproxima da referência ao afirmar que as informações genéticas encontram-se no DNA: “(...) as moléculas de DNA trazem as informações genéticas de cada pessoa. (...)” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189). Conforme é possível verificar no ANEXO J, a coleção F-EF e o livro J-EM também comentam sobre a presença de tais informações no material genético.

Já o livro H-EM aproxima-se da referência por mencionar o papel dos genes quanto à síntese de proteínas. Esse livro afirma que “O gene, em termos moleculares, é frequentemente definido como uma sequência de DNA necessária para a síntese de um polipeptídeo ou de uma proteína.” (livro H-EM, p. 118). Aproximação similar também foi identificada nos livros J-EM, K-EM, L-EM (ver ANEXO J).

O livro G-EM também trata das proteínas; porém, neste caso, assim como a referência, já menciona seu papel na determinação das características de um organismo: “Os segmentos do DNA formam os genes, e a maioria dos genes exercem o seu efeito no fenótipo (características de um organismo) através de proteínas” (livro G-EM, p. 72).

Esse mesmo livro também trata da importância da interação entre os genes e o ambiente para a determinação de um caráter, dizendo que o gene “É o veículo da hereditariedade ou a unidade de potencial hereditário existente no cromossomo e que, ao interagir com outros genes, com o citoplasma e o meio, condiciona o aparecimento de um dado caráter” (livro G-EM, p. 259).

Tais informações aproximam-se daquelas apresentadas pela referência, a qual, ao considerar o fenótipo como “A forma adotada por alguma característica (ou grupo de características) em um indivíduo específico” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 703), afirma que “(...) não há meio de um gene fazer tudo sozinho (...). Para que um gene tenha alguma influência em um fenótipo, ele deve agir em conjunto com muitos outros genes e com o ambiente externo e interno” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 180).

O livro didático I-EM é o único que discute a reformulação do conceito de gene:

“Tradicionalmente, aprendemos que gene é uma unidade do cromossomo, que corresponde a uma sequência de nucleotídeos da molécula de DNA, com as informações para a síntese de uma proteína. Essas informações são transcritas em uma molécula de RNA mensageiro.

Com o sequenciamento do genoma humano, os pesquisadores encontraram, no entanto, evidências de que o DNA funciona de maneira mais complexa do que se imagina. Um único gene pode, por exemplo, produzir três tipos diferentes de RNAm, cada um codificando a produção de uma proteína diferente. É como se existissem genes dentro de gene! (...)” (livro I-EM, p. 656).

Esse conhecimento também se aproxima da referência. Griffiths et al. (2006) também apresentam a definição tradicional de gene. Entretanto, ao considerar os íntrons como segmentos de DNA de função desconhecida cujos transcritos não aparecem no RNAm funcional, e os éxons como sequências codificantes localizadas entre os íntrons, tais autores dizem que “(...) muitos genes codificam éxons alternativos, isto é, alguns éxons são incluídos em algumas versões de um mRNA processado mas não são incluídos em outras. Os mRNA processados alternativamente podem codificar polipeptídeos tendo muitas, mas nem todas, as suas sequências de aminoácidos em comum” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 389).

Os livros didáticos, assim como a referência, também mencionam que os genes, e conseqüentemente o material genético, possuem a capacidade de determinar de modo hereditário as propriedades de uma espécie.

Essa aproximação foi identificada, por exemplo, na coleção D-EF: “E o que é gene? É a unidade de transmissão hereditária (...)” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189).

Aproximação similar também foi identificada no exemplar da 8.^a série da coleção E-EF. Este, além de falar sobre os genes, assim como a referência, define cromossomos como filamentos de DNA responsáveis pela hereditariedade:

“As características que determinam as semelhanças ou as diferenças entre as pessoas são transmitidas de pais a filhos ao longo das gerações. Essa transmissão é

coordenada pelo núcleo das células, onde se encontram filamentos especiais, os **cromossomos, responsáveis pela hereditariedade.**

(...)

Neles estão os genes, as unidades hereditárias” (livro E-EF, 8.ª série, p. 129).

Conforme se pode verificar no ANEXO J, aproximação similar foi identificada nos livros G-EM, H-EM, I-EM e J-EM.

4.2.3.2 Definição de cromossomos homólogos

A referência afirma que, “(...) Nas células diplóides, cada cromossomo e seus genes componentes estão presentes duas vezes. Por exemplo, as células somáticas humanas contêm dois conjuntos de 23 cromossomos, para um total de 46. Dois cromossomos com a mesma disposição de genes são ditos **homólogos**” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 3).

A referência ainda diz que cromossomos homólogos são “Cromossomos que pareiam uns com os outros na meiose (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 699). Desse modo, homólogo seria “Um membro de um par de cromossomos homólogos” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 705).

Entretanto, os autores deixam claro que este pareamento ocorre durante a meiose, e, portanto não é permanente durante os demais períodos do ciclo celular: “(...) embora nos organismos diplóides os genes e cromossomos estão em conjuntos de dois, os cromossomos não estão fisicamente pareados nas células do corpo. (...) Os cromossomos homólogos fisicamente se pareiam apenas durante a divisão nuclear que ocorre durante a formação de gametas, as duas divisões nucleares chamadas *meiose*” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 72).

Alberts et al. (2004) mencionam a similaridade dos cromossomos homólogos, dizendo que “Um núcleo diplóide contém duas versões bastante semelhantes de cada cromossomo. Para cada um dos pares de cromossomos autossômicos, um membro foi herdado inicialmente do pai (*um cromossomo paterno*) e outro foi herdado inicialmente da mãe (*cromossomo materno*). As duas versões, que são muito semelhantes, mas não idênticas, na sequência de DNA, são chamadas de **homólogos** e, na maioria das células, elas mantêm uma existência completamente separada como cromossomos independentes” (ALBERTS et al., 2004, p. 1030).

Um primeiro distanciamento foi identificado no exemplar da 7.^a série da coleção D-EF. Nessa coleção, os cromossomos homólogos são considerados como aqueles que ficam juntos após a fecundação:

“(...) Após a fecundação, na célula-ovo, os cromossomos que apresentam o mesmo formato, o mesmo tamanho e a mesma sequência de genes costumam ficar juntos, formando pares. Esses cromossomos são chamados **homólogos** (...)” (livro D-EF, 6.^a série, p. 188).

Como foi mencionado, a referência explica que o emparelhamento entre os cromossomos homólogos ocorre apenas durante a meiose. Ese distanciamento foi caracterizado como um distanciamento horizontal.

Assim como a referência, o livro D-EF menciona que a mesma sequência de genes é encontrada nos dois cromossomos homólogos. Essa mesma aproximação com relação à referência foi identificada também nos livros G-EM e I-EM (ver ANEXO K).

Entretanto, quanto às características dos cromossomos homólogos, não foram encontradas na referência informações que afirmassem que tais cromossomos são do mesmo tamanho ou formato. Encontrou-se apenas a informação de que ambos são bem semelhantes.

Já a coleção E-EF, em seu exemplar da 8.^a série, menciona que “Os cromossomos componentes de um par são semelhantes e constituem os cromossomos homólogos” (livro E-EF, 8.^a série, p. 130). Nesse aspecto, o conhecimento apresentado pelo livro didático se aproxima da referência, por ambos mencionarem a semelhança entre os cromossomos homólogos.

O livro H-EM também se distancia horizontalmente da referência por dizer que os cromossomos homólogos são idênticos, em vez de mencionar que são semelhantes, como faz a referência: “Na maioria das espécies, cada célula contém dois cromossomos de cada tipo, idênticos na forma e na função. (...). Os dois cromossomos do mesmo tipo são chamados de **cromossomos homólogos**” (livro H-EM, p. 79).

O livro J-EM define cromossomos homólogos se referindo às células humanas e dizendo que cada cromossomo dos 23 pares encontrados é homólogo:

“Cada espécie de ser vivo possui um número fixo de cromossomos, que se encontram aos **pares**. Nós humanos, temos 46 cromossomos (ou 23 pares). Cada cromossomo de um par é chamado **cromossomo homólogo**. Portanto, temos 46 cromossomos, ou 23 pares de cromossomos homólogos” (livro J-EM, p. 52).

Tais informações se distanciam horizontalmente daquelas apresentadas pela referência, as quais deixam claro que os humanos possuem 22 pares de cromossomos homólogos: “(...) As células do corpo humano têm 46 cromossomos: 22 pares homólogos de autossomos e 2 cromossomos sexuais” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 47).

4.2.3.3 Definição alelo, homozigose e heterozigose

Para referência (GRIFFITHS et al., 2006), “alelo” seria “Uma das formas diferentes de um gene que podem existir em um único locus” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 695), considerando “locus gênico” como “O lugar específico em um cromossomo onde um gene está situado” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 706).

Seus autores, ao tratar da homozigose, afirmam que “Refere-se ao estado de portar um par de alelos idênticos em um locus” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 705). Nesse contexto, homozigoto é definido como “Um organismo individual que é homozigoto” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 705).

Já a heterozigose é considerada como “Uma medida da variação genética em uma população, com relação a um locus, determinada como a frequência de heterozigotos para este locus” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 705). Desse modo, heterozigoto é considerado como “Um organismo individual tendo um par de genes em heterozigose” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 705).

Outra referência consultada define heterozigoto como “Célula diplóide ou indivíduo contendo dois alelos diferentes para um gene específico” (ALBERTS et al., 2004, p. G-17).

O livro D-EF apresenta um distanciamento horizontal quanto à sua definição de genes alelos que está relacionado ao distanciamento horizontal apresentado em sua definição de cromossomos homólogos. Conforme é possível verificar no trecho abaixo, já parcialmente citado anteriormente, os alelos são definidos como genes que ficam lado a lado:

“(...) Após a fecundação, na célula-ovo, os cromossomos que apresentam o mesmo formato, o mesmo tamanho e a mesma sequência de genes costumam ficar juntos, formando pares. Esses cromossomos são chamados **homólogos** e apresentam **genes alelos** (que ficam lado a lado) (livro D-EF – 7.^a série, p. 189).

Conforme já foi mencionado, a referência deixa claro que o emparelhamento entre os genes ocorre apenas durante a meiose; portanto, esse também seria o único momento em que os genes alelos ficariam lado a lado. Ao definir simplesmente que esses genes são aqueles que se encontram lado a lado, o livro didático pode levar o aluno a entender que tais genes estão sempre dispostos dessa forma; desse modo, evidencia-se nesse caso um distanciamento horizontal.

Porém, na mesma página, o livro D-EF apresenta uma definição de alelo que se aproxima da referência. Nesse caso, genes alelos são definidos como “Uma das formas alternativas de um gene, que ocupa determinado locus no cromossomo” (livro D-EF – 7.^a série, p. 189). Desse modo, neste trecho específico, a aproximação desse livro didático em relação à referência se dá pelo fato de ambos considerarem genes alelos como formas alternativas de um gene existente no mesmo locus. Essa mesma aproximação foi identificada nos livros H-EM, J-EM, K-EM e L-EM (ver ANEXO L).

Quanto à definição de homozigoto, há livros didáticos que se aproximam da referência, ao também tratarem sobre a similaridade dos dois alelos. Esse é o caso do próprio livro D-EF, que diz que, “(...) Quando os genes alelos são iguais, o indivíduo é considerado homozigoto” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189).

Outra aproximação encontrada nesse livro didático está relacionada à definição de heterozigoto. Assim como a referência, ele também considera heterozigoto aquele indivíduo que possui alelos diferentes para um mesmo gene, ao dizer que, “Quando a determinação do caráter é feita por dois alelos diferentes, o indivíduo é denominado **heterozigoto**” (livro D-EF – 7.^a série, p. 189).

Tais aproximações apresentadas na definição de homozigoto e heterozigoto também foram identificadas na coleção E-EF e nos livros G-EM, H-EM, I-EM e K-EM (ver ANEXO L).

Já o livro J-EM, ao definir “homozigose” e “heterozigose”, refere-se à expressividade dos alelos:

“**Homozigose**: fenômeno pelo qual um par de genes alelos, sejam dominantes ou recessivos, expressa-se na mesma intensidade. São chamados **genes homozigotos**

Heterozigose: fenômeno pelo qual um par de genes, um dominante e um recessivo, tem expressão diferente sobre o mesmo caráter. São chamados **genes heterozigotos**” (livro J-EM, p. 304).

Segundo a referência, “expressão” seria “a produção de um fenótipo, que pode ser observado, por um gene – normalmente pela síntese de uma proteína” (ALBERTS et al., 2004, p. G-13). Como será visto posteriormente, no próximo tópico do presente texto, na definição de alelo dominante e alelo recessivo é possível verificar que esta definição de homozigose apresentada pelo livro J-EM se aproxima da referência, pois, em homozigose, os dois alelos, sendo iguais, poderão se expressar.

Entretanto, o livro J-EM se afasta da referência por definir “heterozigose” exclusivamente como a presença de um alelo dominante e outro recessivo que possuem expressão diferenciada. Não considera, por exemplo, que existem casos de co-dominância, onde em heterozigose ambos os alelos podem se expressar igualmente. Segundo a referência, co-dominância é “Uma situação na qual um heterozigoto apresenta os efeitos fenotípicos de ambos os alelos igualmente” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 698).

Esse distanciamento também foi identificado no livro L-EM, que também desconsidera a possibilidade de haver co-dominância em um indivíduo heterozigoto (ver ANEXO L).

4.2.3.4 Definição de alelos e fenótipos dominante e recessivo

Os adjetivos “dominante” e “recessivo” são utilizados pelos livros didáticos e pela bibliografia de referência para qualificar tanto alelos como fenótipos.

Quanto ao primeiro caso de utilização mencionado, a referência consultada (GRIFFITHS et al., 2006) considera o alelo dominante como “Um alelo que expressa seu efeito fenótipo mesmo quando em heterozigose com um alelo recessivo (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 695), e o alelo recessivo como “Um alelo cujo efeito fenotípico não é expresso em um heterozigoto” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 695).

Já com relação à utilização do termo para qualificar fenótipo, a referência diz que dominante “refere-se ao fenótipo expresso pelo alelo dominante” (ALBERTS et al., 2004, p. G-11), e que recessivo “refere-se ao fenótipo de um indivíduo que possui apenas o alelo recessivo” (ALBERTS et al., 2004, p. G-30).

Os livros didáticos possuem afirmações que se distanciam de tais conhecimentos. Enquanto um fenótipo (ou um caráter) recessivo é considerado pela referência como aquele que possui apenas o alelo recessivo, o exemplar da 7.^a série da coleção D-EF diz que um

híbrido (o qual, segundo a referência, teria tanto o alelo dominante como o recessivo) pode possuir o fenótipo (caráter) recessivo.

Recessivo/ Diz-se do caráter que apesar de presente no híbrido, não se manifesta, oculto pelo caráter dominante, de sorte que o híbrido parece herdar apenas os caracteres de um dos genitores” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189).

Aparentemente, nesse distanciamento horizontal há uma confusão entre a definição de fenótipo recessivo e alelo recessivo.

Outro distanciamento horizontal foi identificado no mesmo livro, que, diferentemente da referência (que define “caráter dominante” como aquele expresso pelo alelo dominante), define-o como o caráter mais geral, mais difundido: “**Dominante/** Que é mais geral, mais difundido; predominante” (livro D-EF, 7.^a série, p. 189).

Por sua vez, a referência deixa claro que o caráter dominante nem sempre é o mais comum em uma população: “(...) Pode parecer paradoxal que um distúrbio raro seja dominante, mas lembre que a dominância e a recessividade são simples propriedades de como os alelos atuam e não são definidos em termos do quanto são mais comuns na população”.

Já o livro G-EM define caráter dominante e caráter recessivo afirmando que

“Caráter dominante

É aquele que se manifesta quando o gene está em dose simples ou dupla, por possuir maior força que seu alelo. (...)

Caráter recessivo

É aquele que se manifesta quando o seu gene determinante estiver em dose dupla” (livro G-EM, p. 259).

Tais afirmações primeiramente se aproximam da referência, por definirem caráter dominante como aquele que se manifesta mesmo quando seu alelo determinante (dominante) estiver sozinho (em heterozigose), e recessivo como aquele que se manifesta somente quando há os dois alelos são recessivos (em homozigose).

Entretanto, posteriormente, já há um distanciamento horizontal, devido ao fato de o livro didático justificar a dominância de um caráter pela força de um gene, enquanto a referência afirma que “O tipo de dominância é determinado pelas funções moleculares dos alelos de um gene (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 188).

A referência explica como a presença de um alelo faz aparecer um fenótipo utilizando como exemplo a cor das pétalas de ervilhas. Sendo o alelo selvagem responsável pela cor púrpura das pétalas, mutações em algum dos genes responsáveis pela produção de enzimas

que controlam a produção do pigmento responsável por essa cor impedem a produção deste pigmento. Dessa forma, o mutante apresentaria falta do pigmento e, portanto, suas pétalas não absorvem nenhum comprimento de onda, parecendo brancas:

“(...) as ervilhas tipo selvagem têm pétalas púrpura; assim o alelo que dá pétalas púrpura é o alelo tipo selvagem.

(...) A cor púrpura das ervilhas selvagens é causada por um pigmento chamado *antocianina*, uma substância feita nas células das pétalas como produto final de uma série de conversões químicas consecutivas, como uma linha de montagem química. Tipicamente, cada uma das conversões é controlada por uma enzima específica (um catalisador biológico), e a estrutura de cada uma dessas enzimas (essencialmente, sua sequência de aminoácidos) é determinada pela sequência de nucleotídeos de um gene específico. Se a sequência de nucleotídeos de *qualquer* um dos genes na via muda como o resultado de um raro ‘acidente’ químico, é criado um novo alelo. Tais mudanças são chamadas de *mutações*: elas podem ocorrer em qualquer parte ao longo da sequência de nucleotídeo de um gene. Um resultado comum de uma mutação é que um ou mais aminoácidos na enzima relevante podem ser alterados. Se a mudança estiver em um sítio crucial, o resultado é a perda do funcionamento da enzima. Se tal alelo mutante é homozigoto, um ponto na via química de montagem torna-se bloqueado, e não é produzido o pigmento púrpura. A falta de pigmentos significa que nenhum comprimento de onda da luz é absorvido pela pétala, e que ela irá refletir a luz solar e parecerá branca. Se a planta é heterozigota, a única cópia funcional geralmente fornece funcionamento enzimático suficiente para permitir a síntese de pigmento suficiente para fazer a pétala púrpura. Assim, o alelo para púrpura é dominante, como Mendel observou (...)” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 34-35).

No caso acima, o alelo recessivo (neste caso mutante) não se expressa em heterozigose, pois a expressão do alelo dominante (neste caso selvagem) é suficiente para que seu fenótipo se expresse. Portanto, o alelo mutante é recessivo, pois apenas se expressa em heterozigose. Entretanto, a referência menciona a possibilidade de haver a dominância de um alelo mutante:

“Como podemos explicar as mutações dominantes? Existem vários mecanismos moleculares para a dominância, mas um comum é que o alelo tipo selvagem de um gene é **haploinsuficiente**. Isso significa que uma dose do tipo selvagem *não* é suficiente para se obter os níveis normais de funcionamento. Suponha que 16 unidades de um produto gênico sejam necessárias para a química normal e que cada alelo tipo selvagem possa fazer 10 unidades. Dois alelos tipo selvagem irão produzir 20 unidades do produto, bem acima do mínimo. Uma mutação nula em combinação com o único alelo tipo selvagem produziria $10 + 0 = 10$ unidades, bem abaixo do mínimo. Assim, o heterozigoto (tipo selvagem/nulo) é mutante, e a mutação é por definição dominante” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 185 -187).

Diante de tais informações, pode-se afirmar que as definições apresentadas pelo livro K-EM também se distanciam horizontalmente da referência:

“Gene dominante: alelo que mesmo em dose simples, determina o caráter. Em termos bioquímicos, é o gene funcional, ou seja, o que orienta a síntese de uma enzima ativa capaz de determinar um caráter.

Gene recessivo: alelo que só determina o caráter quando ocorre em dose dupla. Em termos bioquímicos, é o alelo mutante inativo que não produz enzima. Há recessivo que produz enzima, mas é pouco eficiente em relação ao gene dominante ou, ainda pode ser um alelo mutante que produz uma enzima defeituosa” (livro K-EM, p. 394).

Como verificado no caso de haploinsuficiência citado pela referência, é possível que um alelo dominante oriente a síntese de uma enzima inativa, incapaz de determinar o caráter, e que um alelo recessivo produza a enzima ativa, capaz de determinar o caráter. O livro didático desconsidera tais possibilidades nas definições apresentadas. Também se evidencia mais um distanciamento horizontal decorrente do fato de o livro dizer que “gene recessivo” é o alelo mutante inativo, enquanto a referência menciona no exemplo acima a possibilidade de o gene recessivo ser o alelo selvagem.

Em alguns livros analisados, as definições de alelo dominante e alelo recessivo encontradas se aproximavam daquelas apresentadas pela referência. Esse é o caso do livro H-EM, o qual diz que “um gene é **dominante** quando, mesmo em dose simples no genótipo – ou seja, havendo apenas um –, ele ainda assim **determina** o fenótipo. O gene **recessivo** é aquele que estando junto do dominante, no heterozigoto comporta-se como inativo, não determinando o fenótipo” (livro H-EM, p. 440).

Portanto, a afirmação apresentada se aproxima daquela apresentada pela referência, pois define dominante como aquele gene (alelo) capaz de se expressar mesmo em quando está em dose simples no genótipo (em heteriozigose), e recessivo como aquele alelo que não se expressa em heterozigose.

Aproximações similares também foram evidenciadas nos livros I-EM e J-EM. O livro I-EM, por exemplo, diz que “A característica que se manifesta nas gerações que não formam linhagens puras é chamada **dominante**, ao passo que a característica que não se manifesta é a **recessiva**” (livro I-EM, p. 597). Já o livro J-EM apresenta a seguinte definição para alelos dominantes e recessivos: “**Alelo dominante:** gene, do par de alelos, que consegue se expressar sozinho, inibindo a manifestação de seu par. (...)/ **Alelo recessivo:** gene do par de alelos, que só se manifesta na ausência do dominante. (...)” (livro J-EM, p. 304).

4.2.3.5 Definição de fenótipo e genótipo

Em seu glossário, a bibliografia de referência consultada apresenta duas definições para fenótipo; a primeira descreve-o como “A forma adotada por alguma característica (ou grupo de características) em um indivíduo específico” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 703) e a segunda como “As manifestações externas de um genótipo específico” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 703).

Já genótipo é considerado como “A composição alélica específica de uma célula, seja de toda a célula ou, mais comumente de um certo gene ou grupo de genes” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 704).

Como já citado anteriormente, os autores também comentam a importância do ambiente para a determinação do fenótipo: “(...) não há meio de um gene fazer tudo sozinho (...). Para que um gene tenha alguma influência em um fenótipo, ele deve agir em conjunto com muitos outros genes e com o ambiente externo e interno” (GRIFFITHS et al., 2006, p. 180).

Quanto a tais definições, não foram evidenciados distanciamentos nos livros didáticos, os quais se aproximam da referência por considerarem genótipo como o conjunto de genes (alelos) de um indivíduo, e por considerarem fenótipo como as características que se manifestam em um indivíduo e que também são dependentes do ambiente. O exemplar da 7.^a série da coleção D-EF, por exemplo, ao tratar de fenótipo e genótipo, afirma que “(...). O conjunto de genes que um indivíduo apresenta é chamado **genótipo**, sua constituição genética (...) / As características que se manifestam e dependem também da ação do ambiente são chamadas **fenótipo**. (...)” (livro D-EF – 6.^a série, p. 189).

Tais aproximações também foram evidenciadas no exemplar da 8.^a série da coleção E-EF e nos livros G-EM, H-EM, I-EM, J-EM, K-EM e L-EM (ver ANEXO M).

4.3 SÍNTESE DOS DISTANCIAMENTOS HORIZONTAIS IDENTIFICADOS ENTRE A REFERÊNCIA E OS LIVROS DIDÁTICOS

Para facilitar a visualização dos distanciamentos horizontais descritos anteriormente, os mesmos serão apresentados nas tabelas 1 a 6.

A frequência total de todos os distanciamentos horizontais identificados encontra-se na tabela 7, por meio da qual é possível verificar que a frequência de distanciamentos encontrados nos livros didáticos de ensino fundamental corresponde a 0,27 e nos livros didáticos de ensino médio a 0,17.

Tabela 1 – Distanciamentos horizontais referentes à área de Botânica encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de Referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
A fecundação é tratada como um processo indireto. Para que se concretize, é necessário que, após ser depositado no estigma, o grão de pólen germine, originando o tubo polínico, o qual levará as duas células espermáticas ao gametófito feminino. Nesse local, a dupla fecundação ocorre com a união de uma das células espermáticas com a oosfera e da outra com dois núcleos polares	Menciona que a fecundação ocorre quando os grãos de pólen chegam à outra flor	1	6	0,17	A-EF	0	6	0,00	-
	A fecundação é tratada como um fenômeno que ocorre durante a polinização	1	6	0,17	B-EF	0	6	0,00	-
Flores consideradas como característica especial das angiospermas	Refere-se à presença de flores nas gimnospermas	3	4	0,75	C-EF D-EF E-EF	3	6	0,50	J-EM K-EM H-EM
Flores consideradas como característica especial das angiospermas	Estróbilos das gimnospermas considerados como flor ou como elementos reprodutores reunidos em inflorescência	1	4	0,25	F-EF	2	6	0,33	G-EM L- EM
Total		6	20	0,30		5	24	0,21	

Tabela 2 – Distanciamentos horizontais referentes aos conteúdos relacionados à área de Microbiologia e Zoologia encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Bactérias caracterizadas como organismos que podem viver isolados ou em agrupamentos	Bactérias caracterizadas como organismos que vivem sempre agrupados	1	3	0,33	A-EF	0	3	0,00	-
Menciona que algumas amebas são parasitas	Amebas caracterizadas apenas como patogênicas	5	5	1,00	A-EF B-EF C-EF D-EF F-EF	0	5	0,00	-
Utilização do termo “exoesqueleto” ou “quitina” para definir o revestimento do corpo dos artrópodes	Utilização do termo “casca” para definir o revestimento do corpo dos artrópodes	2	4	0,50	C-EF D-EF	0	6	0,00	-
	Utilização do termo “casca” para definir o revestimento do corpo dos artrópodes	1	4	0,25	C-EF	0	6	0,00	-
	Utilização do termo “carapaça” para definir o revestimento do corpo dos artrópodes	1	4	0,25	E-EF	1	6	0,17	K-EM
Total		10	20	0,50		1	26	0,03	

Tabela 3 – Distanciamentos horizontais referentes aos conteúdos relacionados à área de Histologia encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N _{dt}	T _c	F _{dt}	C	N _{dt}	T _c	F _{dt}	L
Tecido muscular estriado esquelético descrito com células cilíndricas	Tecido muscular estriado esquelético descrito com células fusiformes	0	3	0,00	-	1	6	0,17	I-EM
Tecido muscular estriado cardíaco descrito com células com presença de um ou dois núcleos	Tecido muscular estriado cardíaco descrito apenas com células uninucleadas	1	3	0,33	D-EF	3	4	0,75	G-EM J-EM K-EM
Tecido muscular liso descrito e ilustrado com células com um ou dois núcleos	Tecido muscular liso descrito com células uninucleadas	2	3	0,67	D-EF E-EF	4	6	0,67	G-EM J-EM K-EM L-EM
Discos intercalares como exclusivos do músculo estriado cardíaco	Menciona sobre a presença de discos no tecido muscular estriado esquelético e no músculo liso e ausência de discos no tecido muscular estriado cardíaco	0	4	0,00	-	1	6	0,17	K-EM
Total		3	13	0,23		9	22	0,41	

Tabela 4 – Distanciamentos horizontais referentes aos conteúdos relacionados ao tema fotossíntese encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Fotossíntese definida como a conversão da energia luminosa em energia química, usando dióxido de carbono e água para produzir carboidratos. Nesse processo ocorre a liberação de oxigênio	Fotossíntese definida como a produção de nutrientes	2	6	0,33	B-EF D-EF	0	6	0,00	-
As folhas não são unicamente mencionadas como local de ocorrência da fotossíntese	Ocorrência de fotossíntese mencionada apenas nas folhas	2	6	0,33	B-EF E-EF	2	6	0,33	I-EM J-EM
Menciona a existência de tecidos fotossintetizantes em raízes	Menciona exclusivamente que a raiz é uma estrutura aclorofilada	0	6	0,00	-	1	6	0,17	K-EM
Clorofila considerada como um pigmento	Clorofila considerada como um corante	1	5	0,20	A-EF	0	6	0,00	-
	Clorofila considerada como uma proteína	1	5	0,20	C-EF	0	6	0,00	-
A cor verde característica das plantas, é justificada pelo fato de a clorofila refletir a luz verde.	A cor verde da clorofila, e como consequência a das plantas, é justificada pelo fenômeno de absorção dos raios luminosos	1	1	1,00	C-EF	0	3	0,00	-

Conclusão. Tabela 4 – Distanciamentos horizontais referentes aos conteúdos relacionados ao tema fotossíntese encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
A cor verde característica das plantas, é justificada pelo fato de a clorofila refletir a luz verde.	A reflexão da luz verde é justificada pela cor verde da clorofila.	0	1	0,00	-	1	3	0,33	H-EM
Total		7	30	0,23		4	36	0,11	

Tabela 5 – Distanciamentos horizontais referentes aos conteúdos relacionados ao tema respiração celular encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Menciona as vias anaeróbias de obtenção de energia utilizada pelos organismos	Considera que na ausência de oxigênio não é possível organismos obterem energia	1	6	0,17	B-EF	0	6	0,00	-
Menciona que o catabolismo da glicose até piruvato ocorre no citosol	Para definir o processo de respiração diz que este processo ocorre com a entrada da glicose nas mitocôndrias	1	6	0,17	C-EF	0	6	0,00	-
Menciona a respiração anaeróbia e a fermentação como vias diferenciadas de oxidação anaeróbia	Menciona a fermentação como um tipo de respiração anaeróbia	0	6	0,00	-	2	6	0,33	J-EM L-EM
Total		2	18	0,11		2	18	0,11	

Tabela 6 – Distanciamentos horizontais referentes aos conceitos básicos de genética encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Utilização do termo “gene” para denominar a unidade física fundamental da hereditariedade	Utilização do termo “gen” para denominar a unidade física fundamental da hereditariedade	0	4	0,00	-	1	6	0,17	J-EM
Define cromossomos homólogos como aqueles que pareiam uns com os outros apenas durante a meiose	Define cromossomos homólogos como aqueles que costumam ficar juntos após a fecundação	1	2	0,50	D-EF	0	4	0,00	-
Define cromossomos homólogos como muito semelhantes, mas não idênticos	Diz que cromossomos homólogos são aqueles que possuem o mesmo tamanho e formato	1	2	0,50	D-EF	0	4	0,00	-
	Diz que cromossomos homólogos são idênticos na forma e função	0	2	0,00	-	1	4	0,25	H-EM
Menciona a existência de 22 pares de cromossomos homólogos em células humanas	Menciona a existência de 23 pares de cromossomos homólogos em células humanas	0	2	0,00	-	1	4	0,25	J-EM
Define alelos como formas diferentes de um gene que podem existir em um locus. Um par de alelos só pareia durante a meiose	Define alelos como genes que ficam lado a lado	1	2	0,50	D-EF	0	6	0,00	-

Continua. Tabela 6 – Distanciamentos horizontais referentes aos conceitos básicos de genética encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Cita casos de co-dominância nos quais, em heterozigose, ambos os alelos podem se expressar igualmente	Define heterozigose como um fenômeno no qual ambos os alelos se expressam diferentemente	0	1	0,00	-	2	6	0,33	J-EM L-EM
Menciona que “recessivo” refere-se ao fenótipo de um indivíduo que possui apenas o alelo recessivo	Diz que “recessivo” é um caráter que está presente no híbrido	1	1	1,00	D-EF	0	5	0,00	-
A dominância e a recessividade são tratadas como simples propriedades de como os alelos atuam, não sendo definidos em termos do quanto são mais comuns na população	Define dominante como o mais geral e difundido	1	1	1,00	D-EF	0	5	0,00	-
Diz que o tipo de dominância é determinado pelas funções moleculares dos alelos de um gene	Diz que o caráter dominante é determinado pela força do gene	0	1	0,00	-	1	5	0,20	G-EM
Menciona a possibilidade de um alelo dominante orientar a síntese de uma enzima inativa (incapaz de determinar o caráter) e de um alelo recessivo produzir uma enzima ativa (capaz de determinar o caráter)	Define “gene dominante” como aquele que orienta a síntese de uma enzima ativa capaz de determinar um caráter e “recessivo” como aquele que não produz enzima, ou produz enzimas pouco eficientes ou defeituosas	0	1	0,00	-	1	5	0,20	K-EM

Conclusão. Tabela 6 – Distanciamentos horizontais referentes aos conceitos básicos de genética encontrados entre os livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados e a referência (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo; C= Coleções onde os distanciamentos estão presentes; L= livros onde os distanciamentos estão presentes).

Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
		N_{dt}	T_c	F_{dt}	C	N_{dt}	T_c	F_{dt}	L
Menciona a possibilidade de mutações dominantes e, conseqüentemente, a existência de alelo selvagem recessivo	Diz que o gene recessivo é o alelo mutante inativo	0	1	0,00	-	1	5	0,20	K-EM
Total		5	20	0,25		8	59	0,13	

Tabela 7 – Comparação entre a somatória dos distanciamentos horizontais dos conhecimentos apresentados nos livros de ensino fundamental com relação à referência e os distanciamentos horizontais dos conhecimentos apresentados nos livros de ensino médio com relação à referência. (N_{dt} = número de distanciamentos encontrados; T_c = número total de ocorrência do conteúdo; F_{dt} = frequência de ocorrência do distanciamento em relação ao número total de ocorrência do conteúdo).

Conteúdos ou áreas dos conteúdos analisados	Ensino fundamental			Ensino médio		
	N_{dt}	T_c	F_{dt}	N_{dt}	T_c	F_{dt}
Botânica	6	20	0,30	5	5	0,21
Histologia	3	20	0,50	9	26	0,03
Microbiologia e Zoologia	10	13	0,23	1	22	0,41
Fotossíntese	7	30	0,23	4	36	0,11
Respiração	2	18	0,11	2	18	0,11
Genética	5	20	0,25	8	59	0,13
Total	33	121	0,27	29	166	0,17

4.4 DIFERENÇAS ENCONTRADAS ENTRE AS ILUSTRAÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS E O CONHECIMENTO DE REFERÊNCIA

4.4.1 Botânica: Ciclos reprodutivos de briófitas, pteridófitas e gimnospermas

Uma diferença entre os livros didáticos e a referência comumente encontrada na maioria das ilustrações analisadas para representar os ciclos de vida de briófitas, pteridófitas e gimnospermas está relacionado à ausência de legendas que expliquem o processo.

A referência apresenta claramente, no centro das ilustrações, uma legenda explicando cada etapa, de modo que o leitor não necessita recorrer ao texto para compreender o processo (figuras 11, 12 e 13). Apenas na figura do ciclo de vida de um pinheiro a legenda omite algumas etapas finais do ciclo representado: a germinação da semente, o desenvolvimento do esporófito, a formação da tétrade de micrósporos e a formação dos megásporos.

Figura 11. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pela referência (RAVEN, 2001, p. 402-403).

Figura 12. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pela referência (RAVEN, 2001, p. 442-443).

Figura 13. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pela referência (RAVEN, 2001, p. 460-461).

As legendas apresentadas pelos livros de ensino fundamental e ensino médio abordam apenas algumas partes do processo representado, ou, como ocorre na coleção C-EF (figuras 14, 15 e 16), estão ausentes.

Ao comparar os esquemas da coleção C-EF com aqueles apresentados pela referência, é possível verificar que, além de as legendas apresentadas pela coleção de ensino fundamental não explicarem cada etapa dos ciclos de vida, também não nomeiam as estruturas representadas. O leitor teria que interpretar o ciclo consultando o texto e fazendo suposições a respeito do que está sendo ilustrado.

Figura 14. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção C-EF (p. 130).

Figura 15. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção C-EF (p. 131).

Figura 16. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção C-EF (p. 128).

No caso da coleção D-EF, as duas ilustrações para tais ciclos (figuras 17 e 18) apresentam legendas nomeando as estruturas. Uma diferença entre a referência e as denominações apresentadas pela legenda da figura que representa o ciclo de vida do pinheiro está no fato de que a primeira utiliza o termo “semente”, enquanto a segunda utiliza o termo “pinhão”.

Ao descrever o processo, o livro D-EF cita apenas a abertura dos esporângios com a liberação dos esporos e a germinação, na figura do ciclo de vida de uma samambaia, e a germinação do pinhão, na figura do ciclo de vida do pinheiro.

Figura 17. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção D-EF (p. 191).

Figura 18. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção D-EF (p. 197).

No exemplar da 6.^a série da coleção E-EF, no esquema representativo do ciclo de vida de um musgo (figura 19), o autor apresenta a imagem do que seria supostamente um protonema, mas, diferentemente da referência, não nomeia essa estrutura.

Figura 19. Esquema representando o ciclo reprodutivo dos musgos apresentado pelo exemplar da 6.^a série da coleção E-EF (p. 12).

A única etapa do processo mencionada pela legenda seria a fecundação. O mesmo foi identificado no esquema apresentado para representar o ciclo reprodutivo das samambaias (figura 20).

Figura 20. Esquema representando o ciclo reprodutivo da samambaia apresentado pelo exemplar da 6.^a série da coleção E-EF (p. 13).

No esquema utilizado para representar o ciclo reprodutivo de um pinheiro, apresentado no mesmo exemplar desta coleção (figura 21), algumas etapas do processo não são representadas nem pelas ilustrações, nem pelas legendas, como a fecundação e a formação do embrião. A ilustração também não deixa claro o que é o embrião, podendo o leitor confundir este com toda a semente.

Figura 21. Esquema representando o ciclo reprodutivo do pinheiro apresentado pelo exemplar da 6.^a série da coleção E-EF (p. 15).

Na coleção F-EF, as legendas das figuras apresentadas para representar o ciclo de vida de um musgo (figura 22) e de um pinheiro (figura 23) possuem uma única explicação a respeito das etapas que envolvem os ciclos ilustrados. Esta refere-se à fecundação, a qual está mencionada na legenda da figura que representa o ciclo de vida de um musgo.

Tais legendas, entretanto, na primeira figura, nomeiam parte das estruturas representadas, diferindo-se da referência, que nomeia todas as estruturas encontradas. Isso pode ser notado na legenda utilizada para identificar o esporófito e o gametófito. Enquanto a referência, ao apresentar os esporófitos, identifica onde estão os gametófitos do musgo, na ilustração apresentada pela coleção F-EF apenas o esporófito se encontra identificado pela legenda.

Outra diferença evidenciada na comparação entre a referência e o livro didático é referente à representação do protonema. Ao representar o ciclo de vida do musgo, enquanto a

referência representa o protonema como uma estrutura ramificada e filamentosa, a coleção F-EF apresenta uma representação de protonema similar ao gametófito folhoso representado pela referência.

Figura 22. Representação do ciclo reprodutivo de um musgo apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção F-EF (p. 81).

Há também o uso de termos diferenciados, especificamente na ilustração do ciclo de vida do pinheiro. Enquanto a referência utiliza o termo “estróbilo”, o livro didático utiliza o termo “cone” para nomear a mesma estrutura.

Figura 23. Representação da reprodução de gimnosperma apresentada pelo exemplar da 6.^a série da coleção F-EF (p. 81).

Já no livro G-EM, na representação do ciclo de vida do musgo (figura 24), assim como ocorre na coleção F-EF, ao apresentar os esporófitos a legenda não identifica onde estão os gametófitos do musgo, diferentemente do que ocorre na referência.

Nessa figura a legenda também explica parcialmente as etapas do ciclo, mencionando a meiose, as mitoses e a germinação do esporo. No caso da meiose, enquanto na referência a legenda diz que essa etapa ocorre dentro da cápsula, resultando na formação dos esporos haplóides, a legenda apresentada pelo livro G-EM aponta para a ocorrência de meiose após a liberação dos esporos da cápsula.

Figura 24. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo livro G-EM (p. 129).

Na representação do ciclo de vida das samambaias (figura 25), diferentemente do que ocorre nos livros didáticos anteriormente citados, as legendas apresentadas pelo livro G-EM, além de nomearem todas as estruturas representadas, explicam a maior parte das etapas do ciclo. A única etapa não mencionada pela legenda seria o desenvolvimento do esporófito.

Figura 25. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo livro G-EM (p. 130).

Nesse livro, não foi encontrado um esquema representativo do ciclo de vida de um pinheiro.

Já no livro H-EM, a legenda da figura que representa o ciclo de vida de um musgo (figura 26) também se apresenta parcial em relação ao detalhamento das etapas do ciclo, mencionando somente a meiose.

Nessa ilustração, as estruturas estão parcialmente nomeadas, já que a legenda não explica o que significam as letras G e E, que estariam supostamente referindo-se respectivamente ao gametófito e esporófito.

Diferentemente do que ocorre na referência, é possível visualizar o esporo ainda no suposto gametófito adulto.

Figura 26. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo livro H-EM (p. 367).

As legendas das figuras apresentadas pelo livro H-EM para representar o ciclo reprodutor de uma samambaia (figura 27) e o ciclo de vida de um pinheiro (figura 28) nomeiam todas as estruturas apresentadas. Entretanto, na primeira figura a única menção explicativa sobre as etapas do ciclo refere-se à meiose; na segunda, a maioria das etapas são descritas, assim como ocorre na referência.

Figura 27. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo livro H- EM (p. 368).

Figura 28. Representação do ciclo reprodutor em pinus apresentada pelo livro H- EM (p. 371).

No caso do livro I-EM, as legendas das figuras apresentadas para representar tais ciclos de vida (figuras 29, 30 e 31), assim como a referência, também nomeiam as estruturas representadas. Entretanto, todas as legendas descrevem parcialmente o processo.

Para explicar o ciclo de vida do musgo, a legenda apenas refere-se à fecundação e à meiose.

Esquema do ciclo de vida de uma briófita, o musgo. Os elementos da figura estão representados fora de proporção.

Figura 29. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo livro I-EM (p. 291).

Já a legenda da figura apresentada para representar o ciclo de vida de uma pteridófita menciona apenas a meiose, a germinação do esporo e a fecundação.

» **Recorde-se:**

- As briófitas e as pteridófitas dependem da água para que ocorra o encontro de seus gametas. Sua distribuição geográfica está limitada a ambientes úmidos.
- Nas briófitas, o esporófito é a geração temporária e o gametófito é a geração duradoura e fotossintetizante.
- Nas pteridófitas, o esporófito é a geração duradoura e o gametófito (prótalos) é a fase temporária. Ambos são fotossintetizantes.

Esquema do ciclo de vida de uma pteridófita, a samambaia. Elementos fora de proporção.

Figura 30. Representação do ciclo de vida de uma pteridófita apresentada pelo livro I-EM (p.294).

Entretanto, a legenda apresentada na representação do ciclo de vida de uma gimnosperma, assim como ocorreu no livro H-EM, explica a maioria das etapas.

Figura 31. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pelo livro I-EM. (p. 298)

No caso das legendas presentes no livro J-EM, em duas das ilustrações as estruturas representadas encontram-se parcialmente nomeadas.

No esquema apresentado para representar a reprodução de um musgo (figura 32), a legenda também identifica apenas os esporófitos, sem identificar onde estão localizados os gametófitos do musgo.

Nessa mesma ilustração, novamente se menciona apenas parte das etapas do ciclo citadas pela referência, como a meiose, a mitose e a fecundação.

Figura 32. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo livro J-EM (p. 255).

Na ilustração que representa a alternância de gerações de uma samambaia (figura 33), não há legenda para nomear as estruturas que aparecem após a meiose e após a representação do embrião. Apenas a meiose e a fecundação são mencionadas pela legenda para explicar as etapas do ciclo.

Figura 33. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo livro J-EM (p. 257).

Já na legenda do esquema da alternância de gerações de um pinheiro apresentada por este livro (figura 34), as estruturas estão nomeadas. Entretanto, aqui novamente é utilizado o termo “pinhão” para a estrutura denominada pela referência como “semente”.

As etapas do ciclo encontram-se parcialmente descritas. Dentre as etapas representadas e que apresentaram legendas explicativas na referência e não no livro didático está a formação da semente.

Figura 34. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pelo livro J-EM (p. 259).

No caso dos livros K-EM e L-EM, todas as estruturas apresentadas pelas figuras que representam tais ciclos de vida estão nomeadas. Entretanto, como ocorre nos livros didáticos anteriormente citados, o processo apresenta-se apenas parcialmente descrito.

No caso da legenda da figura apresentada pelo livro K-EM para representar a metagênese das briófitas (figura 35), a única menção sobre as etapas do processo refere-se à meiose.

Figura 35. Representação do ciclo de vida de um musgo apresentada pelo livro K-EM (p. 351).

A fecundação, juntamente com a meiose, também são as únicas etapas citadas pela legenda da ilustração da metagênese das pteridófitas apresentada por esse livro (figura 36)

Figura 36. Representação do ciclo de vida de uma samambaia apresentada pelo livro K-EM (p. 351).

Já no caso da figura que ilustra a metagênese em gimnospermas (figura 37), além da meiose e da germinação, a legenda chega a mencionar a germinação da semente, não explicando todos os processos representados em sua própria ilustração, que são abordados pela referência.

Figura 37. Representação do ciclo de vida de um pinheiro apresentada pelo livro K-EM (p. 352).

Também na legenda da figura apresentada pelo livro L-EM para esquematizar o ciclo reprodutivo de uma briófito (figura 38) as únicas menções sobre as etapas do processo referem-se à fecundação e a divisão (supostamente a mitose).

Figura 38. Representação do ciclo reprodutivo de uma briófitas apresentada pelo livro L-EM (p. 314).

Em outra ilustração apresentada por esse livro para representar o esquema do ciclo reprodutivo de uma samambaia (figura 39), a legenda também menciona apenas a fecundação e a meiose.

Figura 39. Representação do ciclo reprodutivo de uma samambaia apresentada pelo livro L-EM (p. 316).

Já na figura apresentada para esquematizar o ciclo reprodutivo de uma conífera (figura 40), a legenda apresenta mais informações sobre as etapas, ao tratar da meiose, da polinização, da fecundação, do desenvolvimento do embrião e da germinação, assim como a referência, que também explica a maioria dos processos desse ciclo.

Entretanto, nesse caso, há uma diferença relacionada com a nomenclatura utilizada para identificar as estruturas representadas. A legenda do livro L-EM indica a presença de célula-mãe de micrósporo no megatróbilo, enquanto a referência aponta a presença de célula-mãe de megásporo nessa estrutura.

Além disso, nesta mesma figura há novamente o uso do termo “pinhão” para a estrutura denominada como “semente” pela referência.

Figura 40. Representação do ciclo reprodutivo de uma conífera apresentada pelo livro L-EM (p. 318).

4.4.2 Histologia: Caracterização de tecidos musculares

As ilustrações apresentadas pelos livros didáticos para representar os diferentes tipos de tecidos musculares foram comparadas com aquelas apresentadas pela referência (figura 6, apresentada no tópico 4.1.3 deste texto).

O exemplar da 4.^a série da coleção B-EF apresenta um esquema para representar algumas células do corpo humano, no qual se encontram representadas células do tecido muscular (figura 41).

Figura 41 - Esquema apresentado pelo exemplar da 4.^a série da coleção B-EF (p. 8) para representar algumas células do corpo humano, no qual se encontram representadas células do tecido muscular.

Essas células deveriam representar o tecido muscular estriado esquelético, já que a ilustração refere-se aos músculos do braço. Entretanto, a representação realizada possui características similares ao músculo liso, com células fusiformes e núcleos centralizados. A ilustração também não apresenta elementos que caracterizem tais células como multinucleadas.

Algumas páginas depois, o mesmo livro apresenta uma imagem do tecido muscular estriado, na qual o núcleo das células também não está representado em posição periférica (figura 42).

Figura 42 - Representação do tecido muscular estriado apresentada pelo exemplar da 4.^a série da coleção B-EF (p. 12)

Em outra ilustração apresentada posteriormente a mesma diferença foi identificada (figura 43).

Figura 43 - Representações dos músculos estriados e músculos lisos apresentadas pelo exemplar da 4.^a série da coleção B-EF (p. 31)

A ocorrência de ilustrações do músculo estriado esquelético com os núcleos não dispostos periféricamente também foi verificada no livro J-EM (figura 44).

Figura 44. Representação do músculo e da fibra muscular apresentada pelo livro J-EM (p. 99)

O exemplar da 6.^a série da coleção C-EF apresenta um esquema para explicar as semelhanças estruturais dos seres vivos (figura 45). Entretanto, ao observar as representações apresentadas sobre o tecido muscular estriado cardíaco, verifica-se que o mesmo está representado com células fusiformes multinucleadas. Para a referência, a presença de células multinucleadas é uma característica do tecido muscular estriado esquelético, enquanto a presença de células fusiformes é uma característica do tecido muscular liso.

Observe, no esquema abaixo, a complexidade estrutural dos componentes dos ambientes de nosso planeta – biosfera.

Figura 45 – Esquema apresentado pela coleção C-EF (5.^a série, p. 86) para explicar as semelhanças estruturais dos seres vivos, onde está representado o tecido muscular estriado cardíaco e uma célula muscular desse mesmo tecido.

Quanto ao formato de células, o livro I-EM também apresenta um distanciamento horizontal. Como já foi mencionado e observado na figura 7, esse livro representa as células do tecido muscular estriado esquelético como fusiformes, enquanto a referência as ilustra como alongadas e cilíndricas.

Já a coleção D-EF apresenta numa mesma página três figuras, onde supostamente estariam representados os tecidos musculares (figura 46). Entretanto, foi possível verificar que, enquanto a referência apresenta legenda nas figuras descrevendo as características de cada tecido, as ilustrações da coleção D-EF não apresentam legendas, sendo que para interpretar as figuras o aluno terá que recorrer às informações do texto e imaginar onde possam estar as características que este apresenta.

Figura 46. Ilustrações apresentadas pela coleção D-EF ao descrever os diferentes tipos de tecido muscular. (A) Imagem da página onde é possível visualizar a localização das ilustrações. (B) Imagem apresentada ao lado do texto sobre tecido muscular estriado cardíaco. (C) Imagem apresentada ao lado do texto sobre tecido muscular estriado esquelético. (D) Imagem apresentada ao lado do texto sobre tecido muscular liso.

No livro G-EM, os discos intercalares são mencionados na legenda da figura que ilustra o tecido muscular estriado cardíaco (figura 47). Por sua vez, a representação se assemelha aos filamentos de miosina, que, apesar de não estarem mencionados na legenda, compõem as faixas escuras que foram representadas nas estrias transversais presentes na ilustração do tecido muscular estriado esquelético, diferenciando-se, portanto, da

representação de discos intercalares encontrada na referência. Mesmo que tais representações sejam dos filamentos responsáveis pela formação das estrias transversais, é possível verificar que há uma considerável diferença de proporção com relação à ilustração apresentada pela referência.

Figura 47. Ilustração apresentada pelo livro G- EM para representar o esquema da musculatura estriada cardíaca (p.101).

4.4.3 Zoologia – Classificação de peixes

Conforme é possível verificar na figura 48, os peixes são tratados pela referência como animais vertebrados.

Figura 1-1 Diversidade dos vertebrados. As áreas no diagrama correspondem ao número aproximado de espécies atuais em cada grupo. Nomes comuns aparecem no interior do círculo interno e os nomes formais dos grupos estão nas partes externas do diagrama.

Figura 48. Esquema apresentado por Pough, Heiser e McFarland (1999, p. 6) para apresentar a diversidade de vertebrados.

Quanto aos livros didáticos analisados, o livro C-EF, em um primeiro momento, apresenta um esquema com os filos do reino animal e as classes do subfilo dos vertebrados (figura 50). Dentro dessas classes estão os peixes.

Figura 50. Esquema apresentado pelo livro C-EF (6.^a série, p. 139), onde os peixes aparecem como subgrupo do subfilo dos vertebrados.

Entretanto, esse mesmo o livro representa os peixes como animais pertencentes ao grupo dos invertebrados, ocasionando um distanciamento horizontal em relação à referência. Logo após o título do capítulo sobre vertebrados, o autor apresenta uma figura, a qual supostamente deveria estar relacionada a este e, portanto representando animais invertebrados (figura 51). Entretanto, dentre esses animais observam-se os peixes, que estariam ali também como parte do grupo dos invertebrados.

Unidade 6

Invertebrados... são muitos os animais que não têm vértebras

Atenção! Os tamanhos, as proporções e as cores das ilustrações não são representações exatas da realidade.

Figura 51. Página de abertura da unidade sobre animais invertebrados apresentada pelo livro C-EF (6.^a série, p. 201). Supõe-se que a figura, a qual não possui legenda, deve estar relacionada ao título, portanto, representando animais invertebrados.

Entretanto, todos os demais livros, ao tratar dos invertebrados, não fazem menção aos peixes como animais do grupo. Esses livros apresentam tais organismos dentre os vertebrados, assim como faz a referência, conforme é possível verificar no ANEXO N.

4.5 SÍNTESE DAS DIFERENÇAS IDENTIFICADAS ENTRE AS ILUSTRAÇÕES DOS LIVROS DIDÁTICOS E O CONHECIMENTO DE REFERÊNCIA

Para facilitar a consulta, os resultados relativos às diferenças identificadas nas ilustrações também foram sintetizados e somados na tabela 8, onde é possível verificar que a frequência de diferenças encontradas nos livros didáticos de ensino fundamental corresponde a 0,34, e nos livros didáticos de ensino médio, a 0,17.

Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Representações do ciclo de vida das briófitas	Presença de legenda para nomear as estruturas representadas e para explicar as etapas do ciclo	Ausência de legendas para explicar as etapas do ciclo	1	3	0,33	C-EF	0	6	0,00	-
		Ausência de legendas para nomear as estruturas representadas	1	3	0,33	C-EF	0	6	0,00	-
		Presença parcial de legenda para explicar as etapas do ciclo	2	3	0,67	E-EF F-EF	5	6	0,83	G-EM H-EM I-EM K-EM L-EM
		Presença parcial de legenda para nomear as estruturas representadas	1	3	0,33	E-EF	2	6	0,33	H-EM J-EM
	Representação do protonema como uma estrutura ramificada e filamentosa	Representação do protonema similar ao gametófito folhoso representado pela referência	1	3	0,33	F-EF	0	6	0,00	-
		Legenda identificando tanto os esporófitos como o gametófito	1	3	0,33	F-EF	2	6	0,33	G-EM J-EM

Continua. Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Representações do ciclo de vida das briófitas	Esporo não representado no gametófito maduro	Esporo representado no gametófito maduro	0	0	0,00	-	1	6	0,17	H-EM
	Legenda indicando a ocorrência da meiose dentro da cápsula, resultando na formação dos esporos haplóides	Legenda indicando a ocorrência da meiose após a saída dos esporos da cápsula	0	0	0,00	-	1	6	0,17	G-EM
Representações do ciclo de vida das pteridófitas	Presença de legenda para nomear as estruturas representadas e para explicar as etapas do ciclo	Ausência de legendas para explicar as etapas do ciclo	1	3	0,33	C-EF	0	6	0,00	-
		Ausência de legendas para nomear as estruturas representadas	1	3	0,33	C-EF	0	6	0,00	-
		Presença parcial de legenda para explicar as etapas do ciclo	2	3	0,67	D-EF E-EF	5	6	0,83	H-EM I-EM J-EM K-EM L-EM

Continuação. Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Representações do ciclo de vida das pteridófitas	Presença de legenda para nomear as estruturas representadas e para explicar as etapas do ciclo	Presença parcial de legenda para explicar a maioria das etapas do ciclo	0	0	0,00	-	1	4	0,25	G-EM
		Presença parcial de legenda para nomear as estruturas representadas	0	0	0,00	-	1	4	0,25	J-EM
Representações do ciclo de vida das gimnospermas	Presença de legenda para nomear as estruturas representadas e para explicar a maioria das etapas do ciclo	Ausência de legendas para explicar as etapas do ciclo	2	4	0,50	C-EF F-EF	1	4	0,25	K-EM
		Ausência de legendas para nomear as estruturas representadas	1	4	0,25	C-EF	0	4	0,00	-
		Presença de legenda para explicar algumas etapas do ciclo	2	4	0,50	D-EF E-EF	1	4	0,25	J-EM
		Presença parcial de legenda para nomear as estruturas representadas	1	4	0,25	E-EF	0	4	0,00	-
	Utilização do termo “semente”	Utilização do termo “pinhão”	1	4	0,25	D-EF	1	4	0,25	J-EM

Continuação. Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Representações do ciclo de vida das gimnospermas	Utilização do termo “estróbilo” para denominar a estrutura reprodutora das gimnospermas	Utilização do termo “cone” para denominar a estrutura reprodutora das gimnospermas	1	3	0,33	E-EF	0	6	0,00	-
	Indicação da presença de célula-mãe de megásporo no megarófito	Indicação da presença de célula-mãe de micrósporo no megastrobilo	0	3	0,00	-	1	6	0,17	L-EM
Diferenciação de tecidos musculares	Tecido muscular estriado esquelético descrito e ilustrado com células cilíndricas, multinucleadas, com núcleos periféricos e estrias	Tecido muscular estriado esquelético ilustrado com células fusiformes	1	3	0,33	B-EF	1	6	0,17	I-EM
		Tecido muscular estriado esquelético ilustrado com células com núcleos não situados periféricamente	2	3	0,67	B-EF	2	6	0,33	K-EM I-EM
		A ilustração do tecido muscular estriado esquelético não representa a presença de células multinucleadas	2	3	0,67	B-EF D-EF	0	6	0,00	-

Continuação. Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Diferenciação de tecidos musculares	Tecido muscular estriado cardíaco descrito e ilustrado com células alongadas e ramificadas que se unem por intermédio dos discos intercalares; presença de um ou dois núcleos localizados no centro da célula	Tecido muscular estriado cardíaco ilustrado com células fusiformes	1	3	0,33	C-EF	0	4	0,00	-
		Tecido muscular estriado cardíaco ilustrado com células multinucleadas	1	3	0,33	C-EF	0	4	0,00	-
		Tecido muscular estriado cardíaco ilustrado com células sem a presença de estrias	1	3	0,33	D-EF	2	6	0,33	G-EM K-EM
		Discos intercalares representados similarmente aos filamentos de miosiosina apresentados pela referência, apesar de estarem em outra proporção	0	3	0,00	-	1	6	0,17	G-EM
	Presença de legendas nas figuras apresentadas para diferenciar os diferentes tipos de tecidos musculares	Ausência de legendas nas figuras apresentadas para diferenciar os diferentes tipos de tecidos musculares	1	4	0,25	D-EF	0	6	0,00	-

Conclusão. Tabela 8 – Diferenças encontradas nas ilustrações de livros didáticos de ensino fundamental e ensino médio analisados (N_{df} = número de diferenças encontradas; T_c = número total de ocorrências do conteúdo; F_{df} = frequência de ocorrência da diferença em relação ao número total de ocorrências do conteúdo; C= Coleções onde as diferenças estão presentes; L= livros onde as diferenças estão presentes).

Conteúdo	Distanciamento		Ocorrência nos livros de cada nível de ensino							
	Conhecimento de referência	Livros didáticos de Ciências e Biologia	Ensino fundamental				Ensino médio			
			N_{df}	T_c	F_{df}	C	N_{df}	T_c	F_{df}	L
Classificação de Peixes	Peixes classificados como vertebrados	Peixes classificados como invertebrados	1	6	0,17	C-EF	0	6	0,00	-
Total			29		84	0,34	28	160	0,17	

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A presente pesquisa demonstra que os distanciamentos entre os conhecimentos ensinados pelos livros de ensino fundamental e ensino médio e o conhecimento de referência decorrentes da transposição didática podem ser considerados de naturezas distintas. Seria possível tratá-los, portanto, como distanciamentos verticais e horizontais.

Os distanciamentos verticais são aqueles necessários para permitir o aprendizado do aluno e que seriam decorrentes da necessidade de adequar o conhecimento à capacidade de compreensão correspondente à sua faixa etária.

Dentre os distanciamentos verticais identificados nos livros didáticos analisados, verificou-se, por exemplo, que há autores que afirmam que a polinização nas angiospermas seria o transporte de grãos de pólen de uma flor para outra, enquanto a referência considera que esse fenômeno consiste na transferência do pólen de uma antera para um estigma. A referência, portanto, deixa claro que a polinização ocorre com o transporte do grão de pólen entre partes específicas da flor. Entretanto, esse distanciamento é necessário nas séries iniciais do ensino fundamental, já que uma maior aproximação com relação à referência exigiria que alunos desse nível de ensino tivessem claros os conceitos de antera e estigma.

Já os distanciamentos horizontais não são necessários para a faixa etária para a qual estão destinados; entretanto, não se referem necessariamente a erros conceituais ou a fatores que dificultam a aprendizagem do aluno.

Há livros analisados, por exemplo, que utilizam os termos “carapaça”, “casca” ou “armadura” para se referirem ao exoesqueleto dos artrópodes. Esses termos utilizados pela linguagem cotidiana não precisariam ser necessariamente utilizados para que os alunos de determinados níveis de ensino compreendam quais são as características próprias desses animais. Os autores poderiam optar por utilizar o termo “esqueleto externo”, o qual, apesar de não ter sido identificado na referência, está mais próximo do termo “exoesqueleto” e inclusive facilita a compreensão de seu significado.

Entretanto, o fato de tais autores optarem por utilizar os termos “casca”, “armadura” e “carapaça” pode ser decorrente da preocupação de aproximar o conhecimento a ser ensinado do conhecimento cotidiano. Nesse caso, ele não teria a intenção de aproximar o conhecimento à capacidade de compreensão própria de uma determinada faixa etária, mas sim de aproximá-lo do que já é conhecido pelo aluno.

Apesar de a utilização de tais termos caracterizar um distanciamento horizontal, ela não acrescenta obstáculos epistemológicos à aprendizagem dos alunos, principalmente no ensino fundamental, onde há necessidade maior de adaptar os conteúdos escolares ao nível cognitivo e cultural dos alunos. Sua utilização não impede que os alunos posteriormente compreendam o que é o exoesqueleto.

Entretanto, muitos distanciamentos horizontais encontrados podem dificultar a aprendizagem do aluno. Há livros que, ao apresentar um conhecimento, promovem generalizações excessivas. Foram, por exemplo, encontradas em livros de ensino fundamental afirmações que diziam que as amebas são exemplos de protozoários que causam danos à saúde. Não fica claro, portanto, que nem todas as amebas são patogênicas; ao contrário, o aluno poderá interpretar que todas as amebas são causadoras de doença. Portanto, posteriormente, ficará mais difícil de o aluno compreender que existem amebas inócuas, se inicialmente aprender exatamente o contrário.

Para citar apenas mais um exemplo dentre os muitos identificados entre os resultados, poder-se-ia mencionar o distanciamento horizontal encontrado sobre respiração anaeróbia e fermentação. Enquanto a referência considera tais vias como diferentes, certos livros didáticos que as consideram como o mesmo processo. A referência deixa claro, inclusive que o processo de respiração anaeróbia é realizado por bactérias específicas e que o aceptor de elétrons dessa via é diferente dos utilizados nas vias fermentativas. O tratamento de tais processos como iguais gera um grave obstáculo epistemológico para a compreensão de suas diferenças.

Como anteriormente foi mencionado, verifica-se na literatura que estudos anteriores estimam um maior índice de problemas nos livros de ensino fundamental do que nos livros de ensino médio, ao analisar especificamente os conteúdos sobre serpentes nesses materiais (SANDRIN et al., 2005).

Diante desses dados, a hipótese da presente pesquisa era que seria encontrada uma maior frequência de distanciamentos horizontais em livros didáticos de ensino fundamental do que em livros didáticos de ensino médio. Essa hipótese foi comprovada pelos resultados.

Ao comparar os conhecimentos apresentados pelas ilustrações encontradas nos livros didáticos com aqueles apresentados pela referência, também se verificou que a frequência de diferenças entre ambos os conhecimentos é maior nos livros de ensino fundamental do que nos livros de ensino médio.

Outra hipótese que levou essa pesquisa a esperar tais resultados seria que os livros de ensino médio apresentariam uma menor frequência de distanciamentos horizontais, por seus

autores utilizarem como referência os conhecimentos avaliados nos exames vestibulares. A preocupação dos livros de ensino médio com os exames vestibulares foi evidenciada pelo grande número de questões que todos os exemplares apresentam retiradas desses exames, situação que não ocorre nos livros de ensino fundamental.

Diante da importância dos livros didáticos na determinação do conteúdo a ser ensinado nas salas de aula brasileiras, cabe questionar se os professores estariam preparados para identificar os distanciamentos horizontais, uma vez que existe a possibilidade de determinados distanciamentos dificultarem a aprendizagem dos alunos.

Garcia et al. (2006) estudaram os percursos formativos dos professores que estão atuando no ensino de ciências de escolas públicas. Esse estudo foi realizado em duas cidades brasileiras de privilegiados indicadores sociais e econômicos: São Caetano do Sul, pólo industrial do Estado de São Paulo, e Cascavel, na área rural do Estado do Paraná. Em comparação com outras cidades brasileiras, nessas os professores possuem renda melhor, bem como melhores condições de trabalho. Esse estudo mostra que a grande maioria dos professores de ciências são formados em instituições particulares. Revela ainda que 67% dos professores entrevistados em São Caetano do Sul e 77% dos professores entrevistados em Cascavel formaram-se inicialmente em cursos de licenciatura curta e posteriormente, em sua maioria, complementaram sua formação para lecionar no ensino médio com cursos modulares rápidos, nem sempre na disciplina na qual efetivamente trabalham como professores.

Malacarne (2007) chega a chamar os professores que trabalham nas disciplinas científicas do ensino médio de “leigos ocultos”, pois os registros oficiais os apontam como licenciados, de graduação plena, muitos dos quais com pós-graduação. No entanto, ao entrevistá-los, pôde perceber a distância entre os registros e a realidade. Além de trabalharem em diferentes disciplinas, muitas vezes sem qualquer relação com sua formação, os professores reclamam de sua formação, em nível de graduação e mesmo de pós-graduação, dizendo-se pouco preparados para seus encargos docentes.

Diante da grave situação encontrada atualmente em nosso país, haja vista o desempenho de estudantes em provas como o SAEB e PISA, pode-se inferir que boa parcela dos professores atuantes não teve em sua formação contato com a literatura de referência utilizada nessa pesquisa. Desse modo, não seria possível que esses profissionais identificassem os distanciamentos horizontais presentes nos livros didáticos que poderiam dificultar a aprendizagem de seus alunos. Além disso, espera-se que esses professores sejam capazes de criar estratégias para trabalhar com esse material e oferecer conhecimentos mais

próximos daqueles cientificamente conhecidos. Na presente pesquisa foram colhidos dados que nos colocam alguma dúvida sobre a factibilidade de tais expectativas.

Percebe-se ainda que justamente no nível de ensino onde a formação de professores é mais precária, ou seja, o ensino fundamental, é que os livros didáticos apresentam uma maior frequência de distanciamentos horizontais.

Este quadro mostra a necessidade de se continuar os programas de avaliação dos livros didáticos tanto no ensino médio quanto no ensino fundamental, assim como as políticas voltadas para a melhoria da qualidade da formação inicial e continuada de professores.

Acredita-se que professores mais bem qualificados para saber o que estão ensinando e materiais didáticos de melhor qualidade sejam aliados na tarefa de colaborar com a transposição didática e seu propósito de facilitar e não dificultar a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AKEINHEAD, G. S. Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. In: EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION (ESERA) 2003 CONFERENCE, 2003, Noordwijkerhout, 2003, 19-23. Disponível em <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2006.
- BALL, D. L.; FEIMAN-NEMSER, S. Using Textbooks and Teachers' Guides: A Dilemma for Beginning Teachers and Teacher Educators. **Curriculum Inquiry**. v. 18, p. 401-423. 1988.
- BIZZO, N. V. M.; DEL CARLO, S.; FRANZOLIN, F.; NARCISO JR., J. Brazilian science textbooks and canonical science. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (IOSTE), 2007, Tunísia. **Proceddings of the International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbook**, Tunísia, International Organization For Science and Technology Education, 2007.
- BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Editora Ática, 1998. 144 p
- _____. Falhas no ensino de Ciências: Erros em livros didáticos ainda persistem em escolas de Minas e São Paulo. **Ciência Hoje**. v. 27, n. 159, p. 26-31. 2000.
- _____. Formação de professores de ciências no Brasil: Uma cronologia de improvisos. IN **CIÊNCIA E CIDADANIA: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIA DE QUALIDADE PARA TODOS**. 2004, Brasília. **Ciência e cidadania: Seminário Internacional de Ciência de Qualidade para Todos**, Brasília, UNESCO, 2005.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Programa nacional do Livro Didático 2004. **Guia de Livros Didáticos 1ª. a 4ª. série**. v. 2. Brasília: MEC, 2003. 275p.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, SARI. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto : Porto Editora, 1994. 336p.
- CARVALHO, G. S.; SILVA, R.; CLÉMENT, P. Historical analysis of Portuguese primary school textbooks (1920-2005) on the topic of digestion. **Proceddings of the International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference**, Inglaterra, International History, Philosophy, Sociology & Science Teaching Conference, 2005, 21p. Disponível em <http://www.ihpst2005.leeds.ac.uk/papers/Carvalho_Silva_Clement.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2006.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del saber sabio al saber enseñado**. 1ª. Edição. Buenos Aires: Aique, 1991. 196 p.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: Reflexões sobre um campo de pesquisa. **Teoria ; Educação**, Porto Alegre, n. 2, p. 177-229, 1990.

ELGAR, A. G. Science textbooks for lower secondary schools in Brunei: issues of gender equity. **International Journal of Science Education**. v. 25, n. 7, p. 875-894. 2004.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do Ensino médio: Uma análise crítica. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 6, n. 1, 12 p. 2004. Disponível em < http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v6_n1/volumeVInI.htm>. Acesso em: 26 ago. 2006.

FORQUIN, J. C. Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. **Teoria e Educação**, Porto Alegre, n. 5, p. 28-49, 1992.

GARCIA, P.; MALACARNE, V.; TOLENTINO-NETO, L.; BIZZO, N. Two case studies about science teachers' initial preparation in Brazil. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION (IOSTE), 12., 2006, Penang. **Proceddings of the XII symposium of the International Organization For Science And Technology Education**, Penang, International Organization For Science And Technology Education, 2006, p. 31 – 36.

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. **Introdução à genética**. 8a. edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 743 p.

GOODSON, I. F. **Currículo: Teoria e História**. 4^a. Edição. Rio de Janeiro: Vozes, 2001. 140 p.

_____. Tornando-se uma materia acadêmica: padrões de explicação e evolução. **Teoria & Educação**, Porto Alegre, n.2, p. 230-254, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN Y CALIDAD DEL SISTEMA EDUCATIVO. **Estilo docente del profesor**. In INSTITUTO DE EVALUACIÓN. Disponível em < www.institutodeevaluacion.mec.es/contenidos/pdfs/p6_2.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2007.

KAWASAKI, C. S.; BIZZO N. M. V. Um tema para o Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.12, p. 24-29, 2000.

KAWASAKI, C. S.; EL-HANI, C. H. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de Biologia do Ensino médio. In Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia, 8, 2002, São Paulo. **Biologia e cidadania: contextos de ensino e produção científica**, São Paulo, Faculdade de Educação de Universidade de São Paulo/EDUSP, 2002. v.1. p.1 – 6.

LEE, O.; EICHINGER, D. C.; ANDERSON, C.W.; BERKHEIMER, G. D., BLAKESLEE, T. D. Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 30, n. 3, p. 249-270, 1993.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999. 236 p.

MARTÍNEZ-GRACIA, M. V.; GIL-QUÍLEZ, M. J.; OSADA, J. Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. **International Journal of Science Education**. v. 25, n. 9, p. 1147-1168. 2005.

LÜDKE, M.; André, M.E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

MALACARNE, V. **Os professores de Química, Física e Biologia da região oeste do Paraná: formação e atuação**. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007.

MOHR, A. Análise do Conteúdo de 'Saúde' em Livros Didáticos. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 89-106, 2000.

ROTH, W.; BOWEN, G. M.; MCGINN, M. K. Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 36, n. 9, p. 977-1019, 1999.

SANDRIN, M. F. N.; Puerto, G.; Nardi, R. Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 3, p. 89-106, 2005.

STERN: I. ROSEMAN, J. E. Can Middle-School Science Textbooks Help Students Learn Important Ideas? Findings from Project 2091's Curriculum Evaluation Study: Life Science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 41, n. 6, p. 538-568, 2004.

ZIMAN, J. **Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad**. México: Fondo de Cultura Económica, 1985. 243 p.

_____. **O conhecimento confiável: Uma exploração dos fundamentos para a crença na ciência**. Campinas: Papirus, 1996. 252 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Lista da Bibliografia de Referência consultada

ALBERTS, B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. 4ª. edição. Porto Alegre: Artmed, 2004. 1463 p.

BARBOSA, R. B.; BAYARDO, B. T. **Microbiologia Básica**. 1ª. edição. São Paulo: Atheneu, 1999. 196 p.

BARNES, R. D. **Zoologia dos Vertebrados**. 7ª. edição. São Paulo: Livraria Roca, 2005. 1145 p.

COOPER, G. M. **A Célula: Uma abordagem molecular**. 2ª. edição. Porto Alegre: Artmed, 2001, 712 p.

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M. **Introdução à genética**. 8a. edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 743 p.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. Ed. Guanabara Koogan. 10ª. edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 488 p.

LEHNINGER, A. L.; Nelson, D. L.; Cox, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2ª. edição. São Paulo: Sarvier, 1995. 839 p.

PELCZAR JR., M. J; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia : conceitos e aplicações**. 2ª. edição. São Paulo : Makron Books, 1997. 517 p.

POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; MCFARLAND W. N. **A vida dos vertebrados**, 2ª. edição. São Paulo: Atheneu, 1999. 798 p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6a. edição. Rio de Janeiro: Ganabara Koogan, 2001. 906 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisilogia Vegetal**. 3ª. edição. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719 p.

APÊNDICE B – Chave de identificação dos livros analisados

Código	Nome do(a) livro/coleção	Autor(es)	Editora (edição/ano)	Nível
Livro A- EF	Ciências para a Nova Geração	Lucinéia Machado de Oliveira	Editora Nova Geração	Fundamental I
Livro B- EF	Rosa-dos-ventos Ciências Naturais	Emmanuel Cavalcanti de Oliveira; Maria da Penha Gonçalves Paveltchuk	Editora Moderna	Fundamental I
Livro C- EF	Ciências	Margarida Carvalho de Santana, Ana Maria Dos Santos Pereira Coelho, Mônica de Cássia Vieira Waldhelm	Editora do Brasil S/A	Fundamental II
Livro D- EF	Ciências	Jane T. Santos Gonçalves, Marilice Trentini de Oliveira	Modulo Editora e Desenvolvimento Educacional LTDA	Fundamental II
Livro E- EF	Ciências – Novo Pensar	Eduardo Martins, Demétrio Gowdak	Editora FTD S/A	Fundamental II
Livro F- EF	Vivendo Ciências Nova Edição	Maria de La Luz, Magaly Terezinha dos Santos, Sonia Salém, Carlos, Alberto Mattoso Ciscato	Editora FTD S/A	Fundamental II
Livro G-EM	Biologia-Coleção Vitória –Régia	Augusto Adolfo, Marcos Crozeta Samuel Lago	Editora IBEP (2ª. ed., 2005)	Ensino médio
Livro H-EM	Biologia	César da Silva Júnior, Sezar Sasson	Editora Saraiva (3ª. ed., 2003)	Ensino médio
Livro I-EM	Biologia	J. Laurence	Editora Nova Geração (1ª. ed. 2006)	Ensino médio
Livro J-EM	Biologia Integrada (2003)	Luiz Eduardo Cheida	Editora FTD (2003)	Ensino médio
Livro K-EM	Biologia	Sídio Machado	Editora Scipione	Ensino médio
Livro L- EM	Biologia em Foco	Wanderley Carvalho	FTD	Ensino médio

ANEXOS

ANEXO A – Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados por livros de ensino fundamental e ensino médio

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro C-EF

“A fecundação torna-se possível quando:

- os grãos de pólen, produzidos nas **anteras**, amadurecem, desprende-se, “caem” no **estigma** e se fixam no néctar viscoso do órgão reprodutor feminino da flor;
- o grão de pólen forma o tubo **polínico** que contém dois gametas masculinos
- o tubo polínico cresce pelo estilete até penetrar no ovário onde estão os óvulos. O óvulo é formado por muitas células; e entre elas, o gameta feminino;
- é pelo tubo polínico que o gameta masculino fecunda o feminino no ovário, surgindo o zigoto. Do **zigoto** se origina o embrião que ficará protegido pela semente;
- cada óvulo fecundado irá se transformar numa semente (livro C-EF, 6ª. série, p. 116).

“Polinização é o transporte dos grãos de pólen (células) do aparelho reprodutor masculino da planta para o aparelho reprodutor feminino” (livro C-EF, 6ª. série, p. 116)

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro D-EF

“(…) A fecundação ocorre quando há o encontro da célula masculina com a célula feminina. Como isso ocorre? Por exemplo, quando uma abelha pousa em uma flor em busca de néctar, muitos grãos de pólen colocam-se em seu corpo. Ao pousar em outra flor, o inseto leva os grãos de pólen, que caem sobre o estigma dessa flor e ficam colados nele. Sobre o estigma, o pólen produz um fino tubo que alcança o ovário da flor. É o **tubo polínico**.

As células masculinas que se formam no interior do pólen, descem pelo tubo polínico em direção ao óvulo contido no ovário. Quando o tubo polínico penetra no óvulo, a célula sexual masculina alcança a célula sexual feminina e acontece a fecundação, que dá origem ao embrião. (...)” (livro D-EF, 6ª. série, p. 217).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro E-EF

“Chamamos de polinização o transporte dos grãos de pólen da antera até o estigma. (...)” (livro E-EF, 6ª. série, p. 46).

“Ao cair no estigma da flor, os grãos de pólen germinam, isto é, começam a crescer. Formam um tubo, o **tubo polínico**, para dentro do estilete. Esse tubo

avança até o ovário. Cada tubo polínico possui dois núcleos reprodutores, e um deles se junta à oosfera (célula feminina) depois de penetrar pela micrópila do óvulo. Desse processo de fecundação resulta a formação de um zigoto, a primeira célula da nova planta a ser formada” (livro E-EF, 6ª. série, p. 47)

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro F-EF

Definição de polinização: “É a transferência do pólen da antera de uma flor para o estigma de outra flor da mesma espécie” (livro F-EF, 6ª. série, p. 102), e posteriormente diz que

Outros conhecimentos:

“Quando os grãos de pólen atingem o estigma, formam o tubo polínico, por onde a célula sexual masculina penetra e pode fecundar a oosfera, no ovário. No caso das angiospermas, a fecundação origina o embrião e o material nutritivo (endosperma), que alimentará o embrião durante seu desenvolvimento” (livro F-EF, 6ª. série, p. 217).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro G-EM

Sobre reprodução em angiospermas: “(...) Esse processo reprodutivo envolve três etapas: **polinização, formação do tubo polínico e fecundação.**” (livro G – EM, p. 145).

Sobre polinização: “È o processo em que os grãos produzidos na antera são transportados ao estigma. (...)” (livro G – EM, p. 145).

Sobre a formação do tubo polínico:

“Quando o grão de pólen chega ao estigma, ocorre a germinação desse pólen e, conseqüentemente, a formação do tubo polínico, que corresponde ao gametófito masculino maduro. Durante o desenvolvimento desse tubo, os dois núcleos gaméticos formados serão encaminhados ao interior do saco embrionário (gametófito feminino), onde ocorrerá a fecundação” (livro G – EM, p. 146).

Sobre a fecundação:

“O crescimento do tubo polínico até o saco embrionário permite que os núcleos gaméticos penetrem no óvulo. Chegando lá, cada um deles seguirá para:

- um dos núcleos gaméticos que irá fecundar a oosfera (gameta feminino), originando o zigoto (2n) e conseqüentemente, o embrião;

- o outro núcleo gamético se funde com dois núcleos polares (n), localizados no centro do saco embrionário, formando a célula mãe do endosperma, que é triplóide (3n)” (livro G – EM, p. 147).

“Podemos verificar que ocorreu uma dupla fecundação. O zigoto forma o embrião da semente e a célula mãe do endosperma ou albúmen forma o material nutritivo da semente. (...)” (livro G – EM, p. 147).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro G-EM

“a polinização é o transporte dos grãos de pólen das anteras para o estigma das flores, possibilitando a fecundação. (...)” (livro H – EM, p 374).

“(...) Com a germinação do pólen sobre o estigma, cresce pelo interior do estilete um longo **tubo polínico**, que tem na ponta um núcleo vegetativo e dois **núcleos masculinos (núcleos espermáticos)**, resultantes da divisão do núcleo gerador. (...)”

Os dois núcleos masculinos, uma vez liberados no interior do saco embrionário, fecundam simultaneamente a oosfera (originando um zigoto diplóide) e os dois núcleos polares (originando um núcleo triplóide), o que constitui a chamada **dupla fecundação**.

Enquanto o zigoto forma o embrião e um ou dois cotilédones (folhas modificadas contidas na semente), o núcleo triplóide produz um tecido de reserva, o **endosperma secundário**. (...)” (livro H – EM, p373).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro I-EM

Sobre polinização:

“(...) O processo de transporte do pólen até a estrutura reprodutora feminina é chamado **polinização**. (...)” (livro I – EM p.297).

“Realizada a polinização, o grão de pólen fixa-se ao estigma da flor. (...). Quando o grão de pólen é umedecido pelo estigma começa a “germinar”, forma-se o tubo polínico que penetra no estilete, descendo em direção ao ovário, onde está o óvulo. (...)”

Quando o tubo polínico atinge o óvulo, um dos núcleos espermáticos une-se à oosfera, dando origem ao zigoto diplóide e o outro funde-se com os dois núcleos polares, dando origem a um núcleo triplóide (3n).

Ocorre dessa forma uma **dupla fecundação**, uma característica exclusiva das angiospermas.

O zigoto (2n) dá origem ao **embrião**, que dará origem a um organismo diplóide (esporófito).

O núcleo triplóide dá origem ao **endosperma** ou **albúmen**, que é o material nutritivo a ser utilizado pelo embrião. (...)” (livro I– EM, p.303).

Sobre a diferença entre a polinização das angiospermas e a polinização das gimnospermas, diz:

“Outra diferença em relação à polinização refere-se ao fato de que nas gimnospermas os grãos de pólen chegam diretamente até os óvulos uma vez que nessas plantas não há estruturas que envolvem o óvulo como ocorre nas angiospermas. Nestas, os grãos de pólen chegam até o estigma da flor. (...)” (livro I – EM, p.303)

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro J-EM

“A polinização pode ser **direta** (ou autopolinização), quando o grão de pólen de uma flor entra em contato com o estigma dela mesma, ou **indireta** (ou cruzada), quando o grão de pólen de uma flor entra em contato com o estigma de outra flor de sua espécie, estando ela na mesma planta ou não” (livro J-EM, p. 262).

“Ao atingir o estigma de uma flor de sua espécie, o pólen absorve água, a exina rompe-se e a intima alonga formando o tubo polínico. Penetrando o estilete, o tubo polínico cresce em direção à micrópila de um dos óvulos da flor. Aí chegando, as duas células espermáticas (n) penetram o óvulo. Uma delas fecunda a oosfera e origina o zigoto (2n) e, daí, o embrião. A outra se funde nos dois núcleos polares e forma uma célula triplóide (3n), que se divide inúmeras vezes por mitose origina o endosperma. Como as células espermáticas fundem-se, uma com a oosfera e a outra com os dois núcleos polares, as angiospermas apresentam **dupla fecundação** (...)” (livro J-EM, p. 262).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro K-EM

Conhecimentos apresentados no texto intitulado “Agentes da polinização”:

“O grão de pólen é levado até o estigma, onde germina e forma o tubo polínico (gametófito masculino), no interior do qual estão os gametas masculinos. Esse tubo cresce em direção ao saco embrionário (gametófito feminino)” (livro K-EM, p. 354).

Conhecimentos apresentados no texto intitulado “Fecundação em angiospermas:

“Quando o grão de pólen atinge o estigma, absorve água e germina, criando as condições necessárias para que a *célula formadora do tubo* desenvolva o tubo polínico (gametófito masculino maduro), que avança pelo interior do estilete e atinge o saco embrionário (gametófito feminino). A *célula geradora* divide-se para formar os dois núcleos espermáticos (ou núcleos gaméticos). O primeiro núcleo

espermático fecunda a oosfera e forma o zigoto, enquanto o segundo fecunda os dois núcleos polares para formar a célula-mãe do albúmen. Essa célula triplóide sofre mitoses sucessivas e origina o albúmen ou endosperma, um tecido triplóide que nutre o embrião (...)” (livro K-EM, p. 355).

Conhecimentos sobre polinização e fecundação apresentados pelo livro L-EM

“A polinização ocorre quando os grãos de pólen saem das anteras e chegam ao estigma.

Para que possa ocorrer a fecundação é necessário que os grãos de pólen deixem as anteras e cheguem ao estigma, processo que recebe o nome de **polinização**.

(...)

Assim que atingem o gineceu, os grãos de pólen aderem à superfície rugosa do estigma, que apresenta uma secreção viscosa e açucarada. Rapidamente, inicia-se, em cada um deles, a formação de um prolongamento tubular chamado **tubo polínico**. No interior desse tubo, são encontrados o **núcleo vegetativo** e dois **núcleos espermáticos** (...)

Ao atingir o ovário, o tubo polínico penetra no óvulo pela micrópila. Em seguida, rompe-se para descarregar seus núcleos. No citoplasma do óvulo, um dos núcleos espermáticos une-se à oosfera (o gameta feminino), resultando em uma célula diplóide. Essa divide-se em duas outras: uma dará origem ao **embrião** da semente, e da outra surgirá uma estrutura chamada **suspensor**, que liga o embrião ao saco embrionário.

O outro núcleo espermático une-se ao núcleo polar, que é diplóide produzindo uma célula triplóide. A partir dela se formará o **endosperma**, um tecido nutritivo que pode ser encontrado na semente” (livro L-EM, p. 256).

ANEXO B –Definições de ecossistema apresentadas por livros de ensino fundamental e ensino médio

Definição apresentada pela coleção E-EF

“(...). No conjunto, comunidade mais os fatores abióticos constituem o que se denomina **ecossistema**” (livro E-EF, 5ª. série , p. 236).

Sobre comunidade: “As diferentes populações de organismos que se inter-relacionam num determinado ambiente constituem uma **comunidade** (livro E-EF, 5ª. série , p. 235) “O conjunto de organismos ou indivíduos de uma mesma espécie, que ocupam determinada área ou espaço, constitui uma **população**” (livro E-EF, 5ª. série , p. 234).

Definição apresentada pela coleção F-EF

“Ecossistema

É o conjunto de seres vivos e não-vivos relacionados entre si e em determinado ambiente” (livro F-EF- 6ª. série, p. 23).

Definição apresentada pelo livro G-EM

“É o conjunto de interações, formado pelo ambiente físico (**fatores abióticos**) e a comunidade (**fatores bióticos**). Os fatores abióticos correspondem aos componentes físico-químicos do ambiente, como o solo, a água, o ar a temperatura, a salinidade, a pressão. Já os fatores bióticos são constituídos pelos seres. Entre esses dois componentes do ecossistema existe uma intensa troca de matéria e energia. O ecossistema é uma estrutura auto-sustentável que deve apresentar 3 níveis básicos de seres vivos: os produtores, os consumidores e os decompositores” (livro G-EM, p. 15).

Definição apresentada pelo livro H-EM

“O ecossistema é a unidade de estudo em ecologia. Ele tem uma parte **biótica**, viva, representada pela comunidade, e uma parte **abiótica**, não viva, que inclui todos os fatores físicos e químicos do ambiente.

Os ecossistemas podem ser pequenos, como uma lagoa, ou muito grandes, como a Floresta Amazônica. Independentemente de seu tamanho, em todos eles ocorre um intercâmbio de **matéria** e de **energia**.” (livro H-EM, p. 566).

Definição apresentada pelo livro I-EM

“(...) os ecossistemas correspondem ao conjunto de comunidades que interagem entre si e com os fatores abióticos do meio, em determinado local e em um mesmo intervalo de tempo” (livro I – EM p. 62).

O autor diz também que comunidade biológica se constitui pelo conjunto de todas as populações de espécies distintas, e que população se constitui no conjunto de todos os indivíduos de uma mesma espécie em uma determinada área geográfica (livro I – EM p. 33).

Demais conhecimentos sobre ecossistema:

“Estudando os diversos lugares onde estão os seres vivos, podemos delimitar diversos conjuntos da biosfera: uma floresta, uma lagoa, um rio, um mar, etc.

Cada um desses conjuntos pode ser considerado um ecossistema e em todos eles podemos identificar:

- **fatores abióticos** – que podem ser físicos, químicos ou geológicos: água, ar, solo, luz, calor, substâncias químicas, entre outros;
- **fatores bióticos** – o conjunto dos seres vivos.

Os ecossistemas são conjuntos dinâmicos, pois seus diversos componentes interagem permanentemente”. (livro I – EM p. 33)

Definição apresentada pelo livro J-EM

“Ecossistema é um local que apresenta fatores bióticos e abióticos que trocam matéria e energia entre si.

(...)

O ecossistema deve conter os fatores bióticos e abióticos, necessários e suficientes, para prover a vida ali existente” (livro J-EM, p. 409).

ANEXO C – Conhecimentos referentes à caracterização dos diferentes tipos de tecidos musculares apresentados por alguns livros de ensino fundamental e ensino médio

Conhecimentos apresentados pela coleção B-EF

Sobre músculos lisos: “Os músculos lisos são chamados involuntários, porque trabalham independentemente da nossa vontade” (livro B-EF, 4ª. série, p. 31).

Sobre músculos estriados esqueléticos “Esses músculos são controlados pela nossa vontade, sendo por isso chamados músculos voluntários” (livro B-EF, 4ª. série, p. 31).

Conhecimentos apresentados pela coleção C-EF

No texto sobre digestão, a respeito dos movimentos peristálticos: “Esses movimentos, chamados peristálticos, são **involuntários**. Isso se deve à ação de fibras, **células musculares** que nessa região são do tipo **lisas**” (livro C-EF, 7ª. série, p.30).

Conhecimentos apresentados pela coleção E-EF

“O **músculo estriado esquelético** é formado por feixes de células cilíndricas muito longas e com vários núcleos e estrias transversais. Tem contração rápida e sujeita ao controle voluntário. (...).

O **músculo liso** é formado por aglomerados de células fusiformes, uninucleadas e sem estrias transversais. Tem contração lenta e não está sujeito ao controle voluntário. (...)

O **músculo estriado cardíaco**, localizado nas paredes do coração, é formado por células alongadas, também com estrias transversais, ramificadas e unidas umas às outras. Tem contração involuntária e rítmica” (livro E-EF, 7ª. série, p. 49-50).

Conhecimentos apresentados pelo livro G-EM

“Tecido muscular liso

As células do músculo liso são de aspecto fusiforme, isto é, são volumosas na região central e afiladas nas extremidades. Apresentam apenas um núcleo central (...). (...)

Apresentam **contração involuntária** (independente da vontade) **lenta e fraca**. **Não se observam nessas fibras estriações transversais**.

Tecido muscular estriado esquelético

Este tecido apresenta células de aspecto cilíndrico (...). Os músculos estriados, tanto esquelético como o cardíaco, apresentam faixas transversais claras e escuras ao longo de suas células, o que lhes dá o aspecto estriado. As fibras musculares estriadas esqueléticas são plurinucleadas com vários núcleos periféricos (...).

(...) Essa musculatura, diferente do músculo liso, apresenta uma **contração rápida, forte e voluntária**, isto é depende da vontade do organismo.

Tecido muscular estriado cardíaco

As fibras musculares do tipo estriadas cardíacas são encontradas exclusivamente no músculo do coração, o **miocárdio**. São **microscópicas**, de aspecto cilíndrico e possuem geralmente um núcleo central. Suas fibras são estriadas como a musculatura esquelética e apresentam-se ramificadas, como se existisse interconexões entre as células, os chamados **discos intercalares**.

Essa musculatura (...) apresenta um tipo de **contração** parecida com a da musculatura estirada esquelética: **rápida e forte**, só que nesse caso **involuntária**". (Livro G-EM. p. 100 -101).

CARACTERÍSTICAS	LISO	ESTRIADO ESQUELÉTICO	CARDÍACO
Fibras (células)
Forma	fusiforme	filamentar	filamentar ramificada (anastomosada)
Tamanho (comprimento)	100 µm	centímetros	100 µm
Estrias transversais	não há	há	há
Núcleo	1 central	muitos, periféricos (sincício)	1 central
Discos intercalares	não há	não há	há
Contração	involuntária, lenta e fraca	voluntária, rápida e forte	involuntária, rápida e forte
Localização	parede dos sistemas digestório, geniturinário, respiratório e dos vasos sanguíneos	músculos esqueléticos	formam as paredes do coração (miocárdio)
Mitose	há	não há	não há

Fonte: Autores / 2004

Figura 53. Quadro comparativo das variedades de tecido muscular apresentado pelo livro G-EM (p.101).

Conhecimentos apresentados pelo livro H-EM

“Há três tipos de fibras musculares nos vertebrados: **lisas**, **estriadas** e **estriadas cardíacas**. As lisas são células simples, sem estrias e dotadas de núcleo. As estriadas são **sincícios**, isto é, apresentam vários núcleos em massa citoplasmática comum a todos sem separação por membranas. As estriadas cardíacas mostram os **braços escalariformes** (discos intercalares), que são finas membranas transversais limitando células vizinhas. Ao contrário das outras, tais fibras são ramificadas” (Livro H-EM. p. 162).

A tabela abaixo mostra as diferenças entre esses três tipos de fibras.

Característica	Lisa	Estriada	Cardíaca

Forma	Fusiforme	Filamentar	Filamentar ramificada (anastomosada)
Tamanho (comprimento)	100 µm	Centímetro	100 µm
Estrias transversais	Não	Sim	Sim
Núcleo	1 central	Muitos periféricos (sincício)	1 central
Discos intercalares	Não	Não	Sim
Contração	Lenta, involuntária	Rápida, voluntária	Rápida, involuntária
Apresentação	Formam camadas envolvendo órgãos (tubo digestório, bexiga urinária, útero, vasos sanguíneos)	Formam pacotes bem definidos, os músculos esqueléticos	Formam as paredes do coração (miocárdio)

Figura 54. Quadro comparativo das variedades de tecido muscular apresentado pelo livro H-EM (p.163).

Conhecimentos apresentados pelo livro J-EM

“A fibra muscular estriada é longa, cilíndrica, polinucleada, com núcleos dispostos perifericamente. O arranjo das miofibrilas dá ao músculo esquelético aparência de ser feito de faixas claras e escuras, transversais, semelhantes a estrias” (livro J-EM, p. 99).

“(...) o **tecido muscular estriado cardíaco**, contraí-se independentemente de nossa vontade. Suas fibras são estriadas e, quase sempre, possuem um só núcleo, em

posição central. São ramificadas e conectadas a outras por junções chamadas **discos intercalares** (...)” (livro J-EM, p. 99).

“A célula do **tecido muscular liso** tem um só núcleo central e não possui estrias (...). Da mesma forma que o músculo cardíaco, o músculo liso tem contração involuntária, porém lenta” (livro J-EM, p. 99).

Conhecimentos apresentados pelo livro L-EM

Sobre o tecido muscular estriado esquelético: “(...) As contrações executadas por suas fibras são rápidas, descontínuas, fortes e voluntárias. “As fibras musculares estriadas esqueléticas são células cilíndricas dotadas de vários núcleos periféricos. (...)” (livro L-EM, p. 147).

Sobre o tecido muscular estriado cardíaco:

“(...) Distingue-se do estriado esquelético por apresentar células alongadas com um ou dois núcleos centrais, revestidas por uma fina bainha de tecido conjuntivo. (...)”

Realizando contrações fortes, rápidas, constantes e involuntárias, o tecido muscular estriado cardíaco requer grande união entre suas células de modo que, em função do trabalho desenvolvido, elas não venham a se separar. Essa união é garantida por meio de três tipos de especializações da membrana plasmática: a junção aderente, o desmossomo e as junções comunicantes.

Ao microscópio óptico, essas especializações apresentam-se como linhas transversais intensamente coradas que aparecem a intervalos irregulares. Elas são chamadas **discos intercalares**.” (livro L-EM, p. 149).

Sobre o tecido muscular liso: “(...) De contração lenta, involuntária e geralmente fraca, o **tecido muscular liso** resulta da associação de células fusiformes, longas e uninucleadas que não apresentam estrias transversais. (...)” (livro L-EM, p. 149).

ANEXO D - Conhecimentos sobre a presença de amebas patogênicas apresentadas por alguns livros de ensino médio

Conhecimentos apresentados pelo livro G-EM

“Entre os parasitas, destaca-se a *entamoeba histolytica*, causador da **disenteria amebiana** ou **amebíase**. (...)” (livro G – EM, p. 119).

Conhecimentos apresentados pelo livro J-EM

“A *Entamoeba histolytica* é um tipo de ameba parasita e causa a amebíase ou a disenteria amebiana” (livro J-EM, p. 124).

Conhecimentos apresentados pelo livro K-EM

“Existem amebas parasitas que causam disenterias (*Entamoeba histolytica*) e amebas comensais (*Entamoeba coli* e *Entamoeba gengivalis*), que vivem, respectivamente, no intestino e na boca do homem sem causar danos. Dentre as amebas livres, destaca-se a *Amoeba proteus*, que vive na água doce” (livro K-EM, p. 212).

Conhecimentos apresentados pelo livro L-EM

“Muitas espécies de amebas são encontradas vivendo harmonicamente no interior de outros seres vivos. Representantes do gênero *Entamoeba* são encontradas no intestino de cupins e baratas. Algumas espécies desse gênero também podem ser encontradas no interior de animais, principalmente dos vertebrados. No ser humano, a *Entamoeba gengivalis* é encontrada na boca e a *Entamoeba coli*, no intestino. Ambas fazem parte da flora normal desses órgãos não causando danos. No intestino também pode ser encontrada a *Entamoeba histolytica*, uma espécie patogênica que causa a **amebíase** ou **disenteria amebiana**” (livro L-EM, p. 288).

ANEXO E – Denominações para definir a parede do corpo dos artrópodes apresentadas por livros de ensino fundamental e ensino médio

Denominações apresentadas pela coleção C-EF

“(…) outra característica importante dos artrópodes é a sua ‘casca’ protetora.

Esta casca, exoesqueleto ou esqueleto externo, resistente e impermeável, é constituída de quitina, um tipo de ‘açúcar’, e sais.

(…)

Se essa armadura fica ‘curta’, pode ser trocada, pois o exoesqueleto não cresce com o corpo. (...)” (livro C-EF, 6ª. série, p. 211).

Denominações apresentadas pela coleção D-EF

“Ao contrário da maioria dos invertebrados, os artrópodes têm o corpo rígido, o que se deve a um **esqueleto externo** ou **exoesqueleto** (exos=fora). Comumente chamado de ‘casca’ no camarão, no caranguejo, no sirí, etc., essa estrutura limita o crescimento do animal. Para solucionar esse problema, o animal muda de casca, trocando-a por uma mais folgada, o animal muda de casca, trocando-a por uma mais folgada que lhe permite continuar crescendo. (...)” (livro D-EF, 6ª. série, p. 134).

Denominações apresentadas pela coleção E-EF

“Os artrópodes sustentam-se com uma carapaça dura e externa. A principal substância dessa carapaça é a **quitina**, que é, ao mesmo tempo, leve e resistente. O esqueleto externo dos artrópodes é denominado exoesqueleto quitinoso. A presença de um esqueleto externo duro dificulta o crescimento do artrópode. Para resolver esse problema, acontece periodicamente o fenômeno da **muda**, que consiste na troca da carapaça. Enquanto o novo esqueleto ao endurece, o artrópode pode crescer” (livro E-EF, 5ª. série, p. 175).

Denominações apresentadas pela coleção F-EF

“Os artrópodes têm o corpo revestido por um **exoesqueleto** ou esqueleto externo” (livro F-EF- 6ª. série, p.124).

Denominações apresentadas pelo livro G-EM

“Um dos principais motivos do sucesso adaptativo dos artrópodes é o fato de possuírem um **exoesqueleto** (esqueleto externo) que reveste o seu corpo. (...)” (livro G-EM, p. 210).

“(...) esse esqueleto externo apresenta certas desvantagens, pois não acompanha o crescimento do animal” (livro G-EM, p. 210).

“(...) o exoesqueleto velho denomina-se **exúvia**” (livro G-EM, p. 210).

Denominações apresentadas pelo livro H-EM

Sobre os artrópodes: “(...) que duas grandes novidades surgem no filo: as **extremidades articuladas** e um **exoesqueleto** resistente de quitina” (livro H-EM, p. 239).

Denominações apresentadas pelo livro I-EM

“Os artrópodes possuem um revestimento resistente no corpo, constituindo o exoesqueleto” (livro I-EM, p. 405).

Denominações apresentadas pelo livro J-EM

Sobre os artrópodes: “São animais de pernas articuladas, corpo metamerizado e exoesqueleto de quitina” (livro J-EM, p. 165).

Denominações apresentadas pelo livro K-EM

“A cigarra, como os demais artrópodos, possui um esqueleto externo formado por quitina. (...)” (livro K-EM, p. 247).

“(...) Quando a taxa de ecdisona atinge valores elevados, promove a *apólise*, isto é, a separação da epiderme e da carapaça. (...)” (livro K-EM, p. 247).

“O exoesqueleto antigo se rompe, o que permite ao animal livrar-se da velha carapaça (exúvia). Em seu lugar, surge o novo exoesqueleto formado pela epiderme” (livro K-EM, p. 247).

Denominações apresentadas pelo livro L-EM

“Classificam-se como artrópodes os animais de corpo segmentado, revestido por um exoesqueleto quitinoso, e portadores de pernas ou apêndices articulados” (livro L-EM, p. 369).

ANEXO F - Definições de fotossíntese apresentadas por livros de ensino médio

Definições apresentadas pela coleção B-EF

“Os vegetais são capazes de produzir o próprio alimento de que precisam. Essa produção é chamada **fotossíntese**.

Essa produção de alimentos é feita a partir da água e do gás carbônico com a ajuda da luz do Sol. (...).

Também é pela fotossíntese que as plantas liberam oxigênio no ar, (...)” (livro B-EF, 1ª. série, p. 41).

“A fotossíntese é a fabricação de alimento pelo vegetal. (...)” (livro B-EF, 3ª. série, p. 70).

Definições apresentadas pela coleção D-EF

Após perguntar sobre como ocorre a obtenção de nutrientes nos vegetais, diz que “(...) Eles utilizam a luz do Sol, a água e o gás carbônico para obtê-los, por meio de um processo chamado **fotossíntese**. (...). (livro D-EF, 6ª. série, p. 38).

Sobre Fotossíntese: “**Fotossíntese**/ Processo por meio do qual os vegetais produzem as substâncias orgânicas que lhe servem de alimento” (livro D-EF, 6ª. série, p. 209).

Definições apresentadas pela coleção E-EF

“As plantas são capazes de produzir o próprio alimento. Para tanto, além da clorofila, elas necessitam de luz, de água e sais minerais, que retiram do solo, e de gás carbônico, que retiram do ar. Por meio da fotossíntese, as folhas produzem glicose. (...)” (livro E-EF, 6ª. série, p. 33).

“Pela fotossíntese, a matéria inorgânica – água e dióxido de carbono – é transformada em matéria orgânica – um tipo de açúcar - sem a qual a vida não seria possível (...)” (livro E-EF, 6ª. série, p. 231).

Definições apresentadas pela coleção F-EF

“Entre outras razões, o gás carbônico é importante para a vida na Terra porque é um dos componentes usados pelas plantas para produzir o açúcar (glicose) que é o principal alimento delas

O gás carbônico está sempre circulando do ar para alguns seres vivos (plantas fazendo fotossíntese) e dos seres vivos (respiração e decomposição) e das queimadas para o ar” (livro F-EF- 5ª. série, p. 118).

“Pelo processo de fotossíntese (foto = luz; síntese = produção), as plantas produzem alimento na presença de luz.

Na fotossíntese, o gás carbônico é absorvido do ar principalmente pelas folhas, através dos **estômatos**.

A água é absorvida pelas raízes e chega as folhas por meio de um delicado sistema de canais internos.

Além do alimento (açúcar), a **fotossíntese** produz gás oxigênio (...)” (livro F-EF- 5ª. série, p. 120).

“As plantas e alguns outros seres vivos são capazes de produzir o próprio alimento por meio de um processo chamado **fotossíntese**” (livro F-EF- 6ª. série, p. 14).

“**Fotossíntese**/ Processo pelo qual, a partir da água e do gás carbônico combinados na presença da luz solar, as plantas e alguns seres vivos produzem um composto básico chamado glicose” (livro F-EF- 6ª. série, p. 14).

“A clorofila absorve a luz e a transforma em energia química, que será usada em uma das etapas do processo de fotossíntese. Ao longo desse processo, a água e o gás carbônico se combinam se combinam.

Os produtos finais da reação de fotossíntese são o gás oxigênio e o açúcar, que é o alimento básico das plantas” (livro F-EF- 6ª. série, p. 96).

Definições apresentadas pelo livro G-EM

Sobre Fotossíntese:

“(...) um processo de transformação da energia luminosa em energia química realizada pelas regiões clorofiladas das plantas. Esse processo ocorre a partir de substâncias simples retiradas do ambiente (água e gás carbônico) e da energia fornecida pelo Sol. Assim ocorre a liberação do oxigênio, a partir de moléculas de água e a síntese de glicose (nutriente orgânico) e de novas moléculas de água” (Livro G-EM, p. 160).

Definições apresentadas pelo livro H-EM

Sobre autótrofos “(...) organismos capazes de fabricar açúcar, quase sempre por meio do processo de **fotossíntese**. (...) Para que o processo ocorra, é necessária a presença de luz e

de duas matérias-primas muito comuns na natureza: água e gás carbônico. (...)” (livro H-EM, p. 103).

Sobre fotossíntese:

“(...). Pela fotossíntese são produzidas substâncias orgânicas e oxigênio, que são utilizados pelas próprias plantas e pelos animais na respiração. (...)” (livro H-EM, p. 103).

”Consiste basicamente na produção de substâncias orgânicas (carboidratos) a partir de CO_2 e H_2O e energia luminosa (...)” (livro H-EM, p. 609).

Definições apresentadas pelo livro I-EM

Sobre fotossíntese: “(...) formação de matéria orgânica, a partir de água e do gás carbônico, havendo a necessidade de pigmento que capte a energia da luz solar: o pigmento clorofila.” (livro I-EM, p. 140).

Definições apresentadas pelo livro J-EM

Sobre carboidratos: “(...) São formados na fotossíntese dos vegetais e de algumas algas e até mesmo por algumas bactérias” (livro J-EM, p. 15).

Sobre fotossíntese:

“A **fotossíntese** é um processo energético de vegetais, algas e algumas bactérias que têm a capacidade de utilizar CO_2 e água, em presença de luz transformando-os em açúcar e oxigênio. Em outras palavras, fotossíntese é a produção de energia química (glicose) a partir de energia luminosa (luz)” (Livro J-EM, p. 45).

Definições apresentadas pelo livro K-EM

“A **fotossíntese** é o processo pelo qual os seres clorofilados fabricam substâncias orgânicas a partir da energia luminosa. Pode ser representada por uma equação química simplificada, indicando que, sob a influência da luz e na presença de clorofila, ocorrem interação entre o gás carbônico e a água com formação de glicose e liberação do gás oxigênio para a atmosfera” (Livro K-EM, p. 80).

Definições apresentadas pelo livro L-EM

“Por meio da fotossíntese, os seres autótrofos fixam a energia da radiação luminosa em ligações químicas da glicose” (livro L-EM, p. 83).

“O termo fotossíntese é utilizado para identificar um processo de síntese de compostos orgânicos a partir de inorgânicos, utilizando energia fornecida pela **luz**” (livro L-EM, p. 84).

ANEXO G – Informações sobre os pigmentos envolvidos no processo fotossintético mencionadas por livros de ensino fundamental e ensino médio

Conhecimentos mencionados pela coleção B-EF

“(…) A energia luminosa é absorvida pelas plantas através da clorofila” (livro B-EF, 1ª. série, p. 41).

Conhecimentos mencionados pela coleção C-EF

“A **clorofila** (pigmento verde) absorve a luz solar (energia luminosa), permitindo assim que os seres clorofilados sintetizem **material orgânico** a partir de **água** que absorvem e do gás carbônico retirado do ar atmosférico” (livro C-EF, 5ª. série, p. 67).

Conhecimentos mencionados pela coleção E-EF

Sobre algas: “(…) Possuem clorofila, um pigmento verde (...). Pigmentos são substâncias que dão cor à planta e nela executam diversas funções, como por exemplo, ajudar na absorção de energia luminosa para realização da fotossíntese” (livro E-EF, 6ª. série, p. 9).

Conhecimentos mencionados pela coleção F-EF

Sobre cloroplastos: “Esses são organelas que contêm **clorofila**, o pigmento verde que capta a luz solar e permite às plantas produzirem o próprio alimento” (livro F-EF- 6ª. série, p. 13).

Sobre fotossíntese:

“A energia necessária para esse processo é captada da luz solar por substâncias coloridas chamadas pigmentos fotossintetizantes.

(…)

A clorofila absorve luz e a transforma em energia química que será usada em uma das etapas do processo de fotossíntese” (livro F-EF- 6ª. série, p. 96).

Conhecimentos mencionados pelo livro G-EM

“(…). A absorção de energia luminosa é feita na maioria dos casos através de pigmentos de clorofila” (livro G- EM, p. 160) .

Conhecimentos mencionados pelo livro I-EM

“(…), a fotossíntese somente é realizada pelos seres vivos que possuem células com pigmentos fotossintetizantes, especialmente a clorofila, que é o pigmento verde.

Costumamos dizer *clorofila*, no singular, mas existem alguns tipos de clorofila, principalmente as conhecidas por **a**, **b**, **c** e **d**. (...)” (livro I- EM, p. 140).

(...) Dentre todas as clorofilas, a mais abundante na natureza e que ocorre praticamente em todos os seres fotossintetizantes é a clorofila **a**. Junto com a clorofila **a** encontramos outros tipos de clorofila e outros pigmentos que capturam energia luminosa e a transferem para a clorofila **a**” (livro I – EM, p. 140-141).

Conhecimentos mencionados pelo livro J-EM

Diz que nas membranas os tilacóides, “(...) existem unidades funcionais, chamadas **fotossistemas** (PS, do inglês, *photosystem*), compostas por moléculas de clorofila **a** e clorofila **b** (...)” (livro, J-EM, p. 45).

“Os fotossistemas são de dois tipos, **PS I** e **PS II**, e diferem entre si quanto à capacidade de absorção de luz pelas moléculas de clorofila” (livro, J-EM, p. 45).

Conhecimentos mencionados pelo livro K-EM

“(…) A clorofila é o pigmento fotossintético mais importante na natureza, existindo sob três formas principais: **a**, **b** e **c**.

A **clorofila a** é verde-azul e aparece em todos os seres eucariontes fotossintéticos e nas cianobactérias. A **clorofila b**, encontrada em plantas, algas verdes e euglenas, não está associada diretamente à transdução energética, uma vez que é apenas um pigmento acessório usado para ampliar a faixa de absorção luminosa. A **clorofila c** substitui a **b** em algas pardas (feofíceas) e diatomáceas” (livro K-EM, p. 80-81).

Conhecimentos mencionados pelo livro L-EM

Sobre o fotossistema I: “A luz atinge a clorofila **a**” (livro K-EM, p. 80-81),

Sobre o fotossistema II: “A luz atinge a clorofila **b**” (livro K-EM, p. 80-81). Menciona

“A energia contida na luz é tão intensa que provoca a saída de dois elétrons da molécula de clorofila (...)” (livro L-EM, p. 85).

ANEXO H – Locais de ocorrência da fotossíntese nos vegetais citados por livros de ensino médio

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pela coleção D-EF

“O caule não é apenas um eixo de sustentação. Tem também a função de conduzir a seiva entre raiz e folhas, trocas gasosas e fotossíntese” (livro D-EF, 6ª. série, p. 206).

Sobre as folhas: “São órgãos que desempenham basicamente duas funções fotossíntese e a transpiração” (livro D-EF, 6ª. série, p. 209).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pela coleção E-EF

“(…). Por meio da fotossíntese, as folhas produzem glicose. (...)” (livro E-EF, 6ª. série, p. 33).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pela coleção F-EF

“Quando os caules são verdes, também podem fazer fotossíntese. (...)” (livro F-EF- 6ª. série, p.92)

“A folha é o principal local da planta, onde ocorre a produção de alimento por meio da fotossíntese, a partir da água e do gás carbônico, mas outras partes da planta também podem fazer fotossíntese” (livro F-EF- 6ª. série, p. 95).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pelo livro G-EM

“(…) a raiz absorve a seiva bruta, o caule conduz esses nutrientes inorgânicos e a folha fabrica o açúcar (glicose) que será transportado até as diversas partes do vegetal. Essa produção de substâncias orgânicas ocorre por meio da **fotossíntese**” (livro G – EM, p. 159).

Sobre a capacidade das plantas de produzir seu próprio alimento orgânico: “Essa nutrição orgânica é baseada na fotossíntese que ocorre principalmente nas folhas” (livro G-EM, p. 160).

“Os caules de plantas aquáticas geralmente são clorofilados, realizando, portanto, fotossíntese. (...)” (livro G-EM, p. 216)

Os caules dos cactos são achatados, permanecem verdes por toda a vida da planta e realizam uma importante função, que normalmente é realizada pelas folhas: a fotossíntese. (...)” (livro G-EM, p. 319)

“Entre as duas epidermes encontram-se os parênquimas clorofilianos divididos em paliçádico e lacunoso. As células desses parênquimas possuem cloroplastos, nos quais ocorre a fotossíntese” (livro G – EM, p. 142).

Sobre o caule: “(...) Ele é um órgão vegetativo geralmente aéreo que pode que pode ser clorofilado ou não” (livro G–EM, p 139).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pelo livro H-EM

“A folha é um órgão geralmente laminar, clorofilado e, portanto fotossintetizante, (...)” (livro H–EM, p. 391).

“Os **caules modificados** podem estar adaptados à proteção (**espinhos** da laranjeira), à fixação (**gavinhas** do chuchu e do maracujá), ao armazenamento da água e à fotossíntese (**cladódios** de cactáceas) , substituindo as folhas, neste caso reduzidas a espinhos ou ausentes” (livro H-EM, p. 388).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pelo livro I-EM

“A água absorvida pelas raízes e o gás carbônico que penetra na planta através dos estômatos das folhas chegam até o parênquima assimilador das folhas, onde ocorre a fotossíntese” (livro I – EM, p. 345).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pelo livro J-EM

Sobre as folhas: “Sua principal função é a fotossíntese” (livro J-EM, p. 276).

Localização da ocorrência da fotossíntese em vegetais apresentada pelo livro K-EM

“A folha é um órgão laminar resultante da expansão lateral do caule, tendo como funções básicas a fotossíntese e as trocas gasosas com o ambiente. (...)” (livro K-EM, p. 369).

ANEXO I – Conhecimentos sobre respiração celular mencionados por algumas coleções e livros de ensino fundamental e ensino médio

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pela coleção B-EF

“Os animais e as plantas precisam de ar para viver, pois no ar existe um gás chamado **oxigênio**, que é utilizado na respiração desses seres. Sem o oxigênio a maioria dos seres vivos não pode viver” (livro B-EF, 2ª. série, p. 21).

“È por meio da respiração que ocorre a liberação da energia contida em substâncias obtidas dos alimentos” (livro B-EF, 3ª. série, p. 101).

“(…) Sem oxigênio, as células não conseguiriam obter a energia contida nos alimentos” (livro B-EF, 4ª. série, p. 37).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pela coleção C-EF

“No interior das células o oxigênio e a glicose (açúcar) vão para as *mitocôndrias*. Nelas ocorre o processo de *respiração celular*, isto é, a ‘quebra’ do açúcar, em presença do oxigênio, produzindo gás carbônico, energia e água” (livro C-EF, 7ª. série, p. 119).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pela coleção D-EF

“Quando o oxigênio (proveniente do ar) e a glicose (proveniente dos alimentos) chegam às células, através do sistema circulatório, começa a **respiração celular**. No interior da célula, esses elementos são transformados em gás carbônico e água. No decorrer dessa transformação, é liberada energia, que é armazenada pela célula para uso em suas diversas atividades” (livro D-EF, 6ª. série – p. 156).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pela coleção E-EF

“No interior das células, o alimento (especialmente os açúcares ou carboidratos) reage com o oxigênio, também liberando energia, (...)” (livro E-EF, 5ª. série, p. 40).

“(…) Todas as atividades vitais dependem da energia química dos compostos orgânicos. Essa energia é conseguida por meio da respiração processo em que o composto orgânico, no caso a glicose, combina-se com gás oxigênio para se desdobrar em dióxido de carbono e água” (livro E, EF, 7ª. série, p. 231).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pela coleção E-EF

“A respiração celular transforma a energia química dos alimentos em calor que aquece seu corpo, a energia que você usa para andar, estudar, brincar e em gás carbônico, que é eliminado. (...)” (livro F-EF- 5ª. série, p. 125).

Já no volume da 6ª. série da mesma coleção, afirma-se que:

“Uma parte muito importante do processo de **respiração** que acontece dentro da célula é chamada **respiração celular**.

Durante a transformação do alimento e do gás oxigênio, são obtidos a energia de que o organismo precisa e também o gás carbônico, que é levado pelo sangue até os pulmões para ser expelido quando expiramos (...)” (livro F-EF, 5ª. série, p. 125).

“**Respiração celular**/ É o processo pelo qual quase todos os seres vivos obtêm energia necessária para mover-se, crescer e manter seus órgãos. A energia é obtida dos alimentos” (livro F-EF, 6ª. série, p. 14).

Sobre a respiração celular, dizem que “(...) Esse tipo de respiração produz energia e, para isso, consome glicose e oxigênio das células e dá origem às substâncias gás carbônico e água” (livro F-EF, 7ª. série, p. 61).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pelo livro G-EM

O livro G-EM define respiração celular dizendo que “A respiração celular aeróbica é um processo fornecedor de energia que tem comoceptor final de hidrogênios o oxigênio.” (livro G-EM, p. 62)..

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pelo livro H-EM

“A **respiração celular** ocorre nas células de praticamente todos os seres vivos. (...)

A glicose combina-se com o oxigênio do ar e transforma-se em resíduos com menor quantidade de energia: gás carbônico e água. Repare, no lado direito da

equação, que houve liberação de energia, disponível após a queima. (...)” (livro H-EM, p. 94).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pelo livro I-EM

O livro I-EM define respiração aeróbia como a ”liberação de energia contida na matéria orgânica com utilização de oxigênio livre e formação de gás carbônico e água” (livro I – EM, p. 25).

Conhecimentos sobre respiração celular mencionados pelo livro K-EM

“A respiração celular é a oxidação de compostos orgânicos para a liberação de energia necessária às atividades celulares. Durante o processo, a molécula de glicose é destruída completamente em água e CO_2 produzindo moléculas de ATP (trifosfato de adenosina).” (livro K-EM, p. 85-86).

ANEXO J – Definições sobre material genético, gene, DNA e cromossomo apresentadas por algumas coleções e livros de ensino fundamental e ensino médio

Definições material genético apresentada pelo exemplar da 7ª série da coleção E-EF

“O núcleo funciona como centro de controle da célula; nele encontram-se os **cromossomos**, filamentos de DNA que representam o material genético do indivíduo. (...)” (livro E-EF, 7ª.série, p. 35).

Definição de cromossomo apresentada pelo exemplar da 6ª série da coleção F-EF

“No núcleo encontramos os **cromossomos**, que se agrupam em pares e contêm todas as informações sobre como a célula deve crescer, reproduzir-se e realizar muitos outros processos vitais (livro F-EF- 6ª. série, p. 13).

Definição de gene apresentada pelo livro G-EM

Ao definir gene o livro G – EM diz que este: “É o veículo da hereditariedade ou a unidade de potencial hereditário existente no cromossomo (...)” (livro G – EM, p. 259).

Definições de material genético e cromossomos apresentadas pelo livro H-EM

“(...). Na maioria dos seres vivos, o DNA é o material genético; ele está presente nos cromossomos e transmite, de geração para geração, a informação, que faz com que os filhos se pareçam com os pais” (livro H-EM, p. 39).

Definição de cromossomos apresentada pelo livro I-EM

Sobre filamentos de DNA:

“No decurso da divisão celular esses filamentos condensam-se muito ficando mais curtos e mais espessos, podendo ser visualizados e estudados mais facilmente ao microscópio: são os **cromossomos**.

O estudo dos cromossomos é de grande importância, especialmente porque eles abrigam as unidades responsáveis pela transmissão das características hereditárias: os **genes**.” (livro I – EM, p. 160-161).

Definições de DNA, cromossomos e genes apresentadas pelo livro J-EM

“Por intermédio da hereditariedade, os pais transmitem suas características genéticas para os filhos, que, desse modo, nascem parecidos com seus ancestrais. A semelhança é determinada pelo DNA (ácido desoxirribonucléico), uma molécula linear que contém os genes, as partículas que transmitem esses padrões hereditários” (livro J-EM, p. 15).

“A **cromatina** é formada por inúmeros fios, compostos por **DNA** e **histonas**, uma proteína. Esses fios, (...) quando condensados ou espiralizados (e, portanto, mais grossos), chamam-se **cromossomos**.” (livro J-EM, p. 20)”.

“As porções do DNA que formam um cromossomo são seqüências de nucleotídeos. Essa seqüência é o **gene** ou **gen**. Portanto o cromossomo é formado por uma seqüência de genes, cada um deles responsável pela produção de uma proteína” (livro J-EM, p. 20)”.

Cada trecho desse DNA que possa conter informações genéticas que resultem na síntese de uma dada proteína é chamado de **gen** ou **gene**. Assim cada cromossomo possui inúmeros genes (livro J-EM, p. 50-51)”.

Definições de material genético e genes apresentadas pelo livro K-EM

“A cromatina é constituída por uma longa fita dupla de DNA associada a muitas moléculas de histonas. Quando a células está em divisão, os filamentos de cromatina condensam-se para formar os cromossomos” (livro K-EM, p. 97).

“Os cromossomos são filamentos formados por moléculas compactadas de DNA que contêm os genes” (livro K-EM, p. 110).

“**Gene** – segmento de DNA (ácido desoxirribonucléico) com informações para a síntese de uma proteína. (...)” (livro K-EM, p. 394)”.

“Cada gene é responsável pela síntese de uma proteína” (livro L-EM, p. 429).

ANEXO K - Definições de cromossomos homólogos apresentadas por alguns livros de ensino médio

Definição de cromossomo homólogo apresentadas pelo livro G-EM

Sobre cromossomos homólogos: “São os que possuem regiões correspondentes, devido à presença, nesses locais, de genes alelos, responsáveis por características específicas. (...)” (livro G-EM, p. 259).

Definição de cromossomo homólogo apresentadas pelo livro I-EM

“Os cromossomos que formam um par e que possuem os mesmos locos gênicos são chamados cromossomos homólogos” (livro I-EM, p. 161).

“(...) Os cromossomos homólogos apresentam os mesmos locos gênicos: se um determinado lugar de um cromossomo é ocupado por um gene, no cromossomo homólogo haverá o **alelo** ocupando a mesma posição (livro I – EM, p. 598).

ANEXO L – Definições de genes alelos, homozigoto e heterozigoto apresentadas por algumas coleções de ensino fundamental e livros de ensino médio

Definições apresentadas pela coleção E-EF:

“Cada gene que forma o par é denominado **alelo**. Quando os dois alelos que formam o par são iguais, dizemos que o indivíduo é puro ou **homozigoto**. Quando os alelos que formam o par são diferentes, temos um indivíduo híbrido ou **heterozigoto**” (livro E-EF – 8ª. série, p. 133).

Definições apresentadas pelo livro G-EM:

“Cada caráter é devido à presença de, no mínimo, dois fatores ou genes, que formam um par alelomorfo ou alelo. (...)” (livro G – EM p. 259).

Sobre homozigoto ou puro: “Se, para um determinado *locus* (posição do gene), as células de um indivíduo apresentam o mesmo gene em ambos os cromossomos homólogos, o indivíduo é denominado homozigoto (por exemplo: AA e aa)” (livro G – EM p. 259).

Sobre heterozigoto: “Quando os dois membros de um par de alelos são diferentes ou contrastantes (por exemplo: Aa e Bb)” (livro G – EM p. 259).

Definições apresentadas pelo livro H-EM:

Ao falar que os cromossomos homólogos possuem genes na mesma posição, e controlando os mesmos caracteres, o livro H-EM menciona que estes genes “(...) São chamados de **genes alelos** e diz-se que ocupam o mesmo *locus* gênico. (...) os genes alelos não são necessariamente idênticos (...)” (livro H-EM, p. 79).

“(...) Um indivíduo homozigoto para um caráter tem dois genes iguais para a mesma característica, ou seja, uma dose dupla de um mesmo alelo. (...)” (livro H-EM, p. 440), enquanto “(...)

Heterozigoto é o indivíduo que possui os alelos diferentes para certo caráter. (...)” (livro H-EM, p. 440).

Definições apresentadas pelo livro I-EM:

“(…) os alelos sempre ocupam o mesmo loco em um par de cromossomos homólogos.

Alelos são formas alternativas ou variações de um gene que condiciona um determinado aspecto. (...).

Um indivíduo pode apresentar, em um par de cromossomos homólogos, dois alelos idênticos, sendo então homozigótico para o caráter, ou um alelo diferente do outro, sendo esta a condição heterozigótica” (livro I-EM, p. 606).

Definições apresentadas pelo livro J-EM:

“Genes que ocupam o mesmo loco em cromossomos homólogos são chamados **genes alelos**. São responsáveis pela produção de uma mesma proteína ou por proteínas muito semelhantes” (livro J-EM, p. 52).

Definições apresentadas pelo livro K-EM:

Sobre genes alelos: “formas alternativas de um mesmo gene que ocupam, obrigatoriamente, o mesmo *loco* em cromossomos homólogos” (livro K-EM, p. 394).

Sobre heterozigoto: “indivíduo que possui alelos diferentes num determinado *loco*” (livro K-EM, p. 394).

Sobre homozigoto: “indivíduo que possui dois alelos iguais num determinado *loco*” (livro K-EM, p. 394).

Definições apresentadas pelo livro L-EM:

“Os **genes alelos** são aqueles que ocupam a mesma posição em cromossomos homólogos. Essa posição recebe o nome de *locus* (plural *loci*)” (livro L-EM, p. 430).

“Quando, para determinado caráter, o indivíduo possuir ambos os genes dominantes ou ambos recessivos, ele é dito **puro** ou **homozigoto**. (...)/ O indivíduo **híbrido** ou **heterozigoto** apresenta um gene dominante e outro recessivo” (livro L-EM, p. 430).

ANEXO M – Definições de genótipo e fenótipo apresentadas por algumas coleções de ensino fundamental e livros de ensino médio

Definição apresentada pela coleção E-EF

“Ao conjunto de genes responsáveis por um caráter dá-se o nome de um **genótipo**. A aparência de um indivíduo, ou seja, aquilo que ele manifesta constitui o **fenótipo**. Normalmente, o fenótipo é o resultado do genótipo em interação com o ambiente. (livro E-EF – 8ª. série, p. 134).

Definição apresentada pelo livro G-EM

Sobre genótipo “É o patrimônio hereditário, ou seja, o conjunto de genes que um indivíduo recebeu de seus pais. O genótipo, normalmente, não se altera por influências do meio, excluindo-se o fenômeno das mutações” (livro G – EM p. 259).

Sobre fenótipo: “É a característica presente no indivíduo, decorrente da manifestação do genótipo. O fenótipo se modifica por alterações do meio ambiente. Não tem função na constituição de uma descendência. (...)” (livro G – EM, p. 260).

Definição apresentada pelo livro H-EM

“**Genótipo**: é a constituição gênica dos indivíduos. (...)” (livro H-EM, p. 439).

“**Fenótipo**: é cada **variedade** do caráter que pode aparecer no indivíduo; é portanto, observável de alguma forma, visualmente ou por meio de testes” (livro H-EM, p. 439). Aprofundando mais os autores dizem que “O fenótipo é resultado da interação do genótipo com o meio ambiente. (...). (livro H-EM, p. 440).

Definição apresentada pelo livro I-EM

Sobre genótipo: “pares de alelos de um indivíduo, relacionados na determinação de um caráter ou ao conjunto de características” (livro I-EM, p. 598).

Sobre fenótipo: “características ou aspectos apresentados por um indivíduo, que são determinadas pelo genótipo e moduladas por fatores do meio” (livro I-EM, p. 598).

Definição apresentada pelo livro J-EM

“**Genótipo**: composição genética de um ser. É formado por um ou mais pares de genes, responsáveis pela determinação de uma ou mais características” (livro J-EM, p. 303).

“**Fenótipo**: expressão visível ou detectável da ação do gene, e as modificações que possa sofrer por ação do ambiental (...) O fenótipo pode ser mudado pelo ambiente (...)” (livro J-EM, p. 304).

Definição apresentada pelo livro K-EM

Sobre fenótipo como “aspecto do indivíduo determinado pela expressão das características genéticas. Resulta da interação do genótipo com o ambiente” (livro K-EM, p. 394),

Sobre genótipo como “constituição genética de um indivíduo em um ou mais *locos*” (livro K-EM, p. 394).

Definição apresentada pelo livro L-EM

“O fenótipo de um indivíduo é a expressão de seu genótipo influenciada pelos fatores ambientais.

O **genótipo** corresponde à bagagem genética de um indivíduo de um indivíduo. (...)
(...)

O **fenótipo** é a característica morfológica, fisiológica ou comportamental exibida pelo indivíduo. Ele representa a expressão dos genes influenciada por fatores ambientais” (livro L-EM, p. 430).

ANEXO N – Conhecimentos sobre a classificação de peixes enquanto vertebrados apresentados pelas coleções de ensino fundamental e pelos livros de ensino médio¹

Conhecimentos apresentados pela coleção A-EF

Figura 55. Fotos de organismos apresentados como vertebrados pelo livro A-EF (2.^a série, p. 62), onde se podem localizar os peixes

Figura 56. Fotos de organismos apresentados como invertebrados pelo livro A-EF (2.^a série, p. 73), onde não são encontrados os peixes.

¹ Diferente de alguns livros citados, a coleção D-EF e os livros H-EM, K-EM e L-EM, não abordam todos os invertebrados em um mesmo capítulo e sim apresenta capítulos para filos específicos. Deste modo nestes livros não encontra-se afirmações que falam sobre os invertebrados e os representantes deste grupo.

“Os animais vertebrados estão assim divididos: **mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes**” (livro A-EF, 2ª. série, p. 62).

Conhecimentos apresentados pela coleção B-EF

“Os **peixes** também são animais vertebrados” (livro B-EF, 1ª. série, p. 22).

“Os animais vertebrados são classificados em mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes” (livro B-EF, 2ª. série, p. 64),

Animais vertebrados

Os animais que têm coluna vertebral são chamados **vertebrados**.

Existem diversos tipos de animais vertebrados. Eles podem ser estudados de acordo com algumas características.

peixes

répteis

mamíferos

aves

anfíbios

Chamar a atenção dos alunos para o fato de que o ângulo das fotos dificulta a percepção da proporção real existente entre esses animais.

Figura 57. Fotos apresentadas pelo exemplar da 3.ª série da coleção B-EF, onde se encontra uma foto com peixes, dentre outras apresentadas para citar os diversos tipos de animais vertebrados.

Animais invertebrados

Informar aos alunos que os animais invertebrados que aparecem nas páginas 25 e 26 foram fotografados de perto, por isso, podem parecer maiores do que realmente são.

Os animais **invertebrados** não têm coluna vertebral.

Alguns animais invertebrados vivem na terra, como os que aparecem nas fotos a seguir.

A minhoca escava o solo, facilitando a passagem do ar e da água. Além disso, suas fezes servem de adubo, aumentando a fertilidade do solo.

25

Existem também invertebrados que vivem na água doce dos rios e lagos ou na água salgada dos mares e oceanos.

Se julgar conveniente, explicar que, na época do acasalamento, formigas e cupins criam asas e voam.

Quanto à locomoção, muitos animais invertebrados voam, como as borboletas e as moscas. Alguns invertebrados saltam, como as pulgas. Outros caminham a maior parte do tempo, como as formigas.

Sugestão de leitura
A lagarta que tinha medo de voar. Cleide Vilas. Paulinas.

Embora possam voar, os animais são terrestres, pois se alimentam e se reproduzem na terra.

26

Animais invertebrados

Os animais invertebrados são aqueles que não têm coluna vertebral.

Alguns invertebrados vivem na terra:

Há invertebrados que vivem na água:

Os invertebrados abaixo são insetos.

A borboleta, a abelha e a mosca são insetos que voam. A pulga é um inseto que pula. O besouro-d'água é um inseto que nada.

77

Todo inseto põe ovos, tem seis patas e duas antenas.

Alguns insetos mudam a forma do corpo durante a vida. Essa mudança é chamada de **metamorfose**. Veja a metamorfose que ocorre com a borboleta:

Sugestão de leitura
Os insetos também são perfeitos. Alberto Blanco. Editora Crianças Criativas.

Chame atenção para a importância de vacinar os animais domésticos, como forma de prevenção de doenças nesses animais e também nos seres humanos.

Alguns invertebrados vivem no corpo humano e de outros animais. Eles são chamados de **parasitas**.

Os parasitas transmitem doenças aos seres humanos e aos outros animais. Há parasitas que também atacam vegetais, causando-lhes doenças.

Manter a higiene do nosso corpo e do ambiente onde vivemos evita a presença de parasitas.

78

Figura 58 – Imagens reduzidas das páginas referentes a animais invertebrados apresentadas pelos exemplares da 1.^a série (p. 25-26) e da 2.^a série (p. 77-78). Nota-se, que dentre as fotos dos organismos citados, não se encontram peixes.

Figura 59 – Imagem reduzida da página referente a animais invertebrados apresentada pelo exemplar da 3.^a série (p. 87) da coleção B-EF. Nota-se que dentre as fotos dos organismos citados não se encontram peixes.

Conhecimentos apresentados pela coleção D-EF

O exemplar da 6.^a série da coleção D-EF inicia a unidade denominada “De Peixes a Répteis” com o seguinte subtítulo: “Caracterizando vertebrados I”. Logo em seguida, apresenta a seguinte afirmação: “Peixes, anfíbios, aves e mamíferos, todos são animais que apresentam endoesqueleto, com crânio e coluna vertebral” (livro D-EF, 6.^a série, p. 152).

Conhecimentos apresentados pela coleção E-EF

O exemplar da 5.^a série da coleção E-EF aborda os invertebrados dividindo-os em dois grupos: invertebrados inferiores e invertebrados superiores. Ao tratar inicialmente dos invertebrados inferiores, os autores afirmam: “São invertebrados inferiores: poríferos, cnidários, platelmintos, nematelmintos, moluscos e anelídeos” (livro E-EF, 5.^a série, p. 145).

No capítulo seguinte, sobre invertebrados superiores, o livro trata de dois grupos de animais: os artrópodes e os equinodermos.

Sobre vertebrados:

“Apresentamos esse grande grupo de animais dividido nas seguintes classes:

- peixes cartilaginosos;
- peixes ósseos;
- anfíbios
- répteis
- aves
- mamíferos” (livro E-EF, 6.^a série, p. 61).

Conhecimentos apresentados pela coleção F-EF

O exemplar da 6.^a série da coleção F-EF, no capítulo sobre invertebrados, não menciona os peixes, e cita vários invertebrados que são abordados no exemplar, dizendo: “Os invertebrados que vamos conhecer neste livro são **poríferos** ou **espongiários**, **cnidários**, **platelmintos**, **nematelmintos**, **moluscos**, **anelídeos**, **artrópodes** e **equinodermos** (...)” (livro F-EF, 6.^a série, p. 106).

Sobre vertebrados:

“De forma simplificada, costuma-se dizer que há cinco classes de vertebrados: **peixes**, **anfíbios**, **répteis**, **aves** e **mamíferos**. No entanto, o que chamamos de peixes não é uma classe, mas três classes de animais aquáticos: *ciclóstomos* (lampreias e feiticeiras), *condictes* (peixes cartilaginosos como tubarões e raias) e *osteíctes* (peixes de esqueleto ósseo como sardinha, atum e bacalhau)” (livro F-EF, 6.^a série, p. 138).

Conhecimentos apresentados pelo livro G-EM

“Modernamente o filo Chordata é dividido em 3 subfilos:

- Subfilo Urochordata (Túnica) Exemplo: ascídia.
- Subfilo Cephalocordata. Exemplo: anfioxo.
- Subfilo Vertebrata. Exemplo: lampreias, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos” (livro G-EM, p. 227)

Conhecimentos apresentados pelo livro H-EM

VERTEBRADOS	AGNATOS (SEM MANDÍBULA)		Classes	Características
			Ciclóstomos	Corpo alongado, boca sugadora, com dentes córneos, raspadores; muitos são parasitas de peixes. Ex.: lampreias e feiticeiras. Feiticeira.
	GNATOSTÔMIOS (COM MANDÍBULA)	PEIXES	Condríctios	Esqueleto cartilaginoso, pele com escamas placóides, cinco a sete pares de fendas branquiais. Ex.: tubarões e raias. Condriktio.
			Osteíctios	Esqueleto ósseo; pele com escamas ciclóides e ctenóides; quatro pares de arcos branquiais, recobertos por um opérculo. Ex.: sardinha, bacalhau, pescada e atum. Osteiktio.
		TETRÁPODOS	Anfíbios	Pele mucosa, com finíssima camada córnea. Ex.: sapos, rãs, pererecas e salamandras. Anfibio.
			Répteis	Pele seca, impermeável; camada córnea espessa, com escamas ou placas. Ex.: cobras, lagartos, jacarés e tartarugas. Réptil.
			Aves	Pele seca, recoberta por penas; asas e regulação da temperatura corporal (homeotermia). Ave.
			Mamíferos	Glândulas mamárias, pele recoberta de pêlos; a maioria tem placenta; homeotermia. Mamífero.

Figura 60. Quadro com as sete classes de vertebrados apresentado pelo livro H-EM (p. 263)

Conhecimentos apresentados pelo livro I-EM

O livro I-EM explica que nem todos os vertebrados possuem vértebras, mas uma característica mais universal desse subfilo seria a presença de crânio, o que justificaria a utilização do termo craniata para esse subfilo, ao invés de vertebrados. Posteriormente, o autor afirma que

“Os craniados podem ser distribuídos em sete grupos: **ciclóstomos** ou **agnatos**, **condrictes**, **osteíctes**, **anfíbios**, **répteis**, **aves** e **mamíferos**.

Os ciclóstomos, os condrictes e os osteíctes costumam ser reunidos com o nome geral de **peixe**, termo que não possui significado taxonômico” (livro I-EM, p. 435-436).

Conhecimentos apresentados pelo livro J-EM

CLASSES DE CORDADOS		
Gnathostomata	Agnatha	Cyclostomata
	Pisces	Chondrichthyes
		Osteichthyes
	Tetrapoda	Amphibia
		Reptilia
		Aves
		Mammalia

Figura 61. Quadro com classes de cordados apresentado pelo livro J-EM (p. 176)

O livro, em sua 5.^a unidade, apresenta quatro capítulos sobre animais invertebrados intitulados: “Animais invertebrados: poríferos e cnidários” (livro J-EM, p. 144), “Animais invertebrados: platelmintos e nematódeos” (livro J-EM, p. 151), “Animais invertebrados: moluscos e anelídeos” (livro J-EM, p. 158) e “Animais invertebrados: artrópodos e equinodermos” (livro J-EM, p. 165)

Conhecimentos apresentados pelo livro K-EM

“O subfilo Vertebrado pode ser dividido, de modo mais conservador, em 7 classes: Peixes Ágnatos, Peixes Condrictes, Peixes Osteíctes, Anfíbios, Répteis, Aves e Mamíferos” (livro K-EM, p. 263).

Conhecimentos apresentados pelo livro L-EM

“Os animais que integram o subfilo Vertebrata caracterizam-se por apresentar coluna vertebral compostas por peças separadas chamadas vértebras, mandíbulas móveis, caixa craniana e encéfalo. Entre eles estão os peixes, seres aquáticos considerados os mais inferiores entre todos os vertebrados que hoje habitam o planeta” (livro L-EM, p. 396-397).